

Aportes

en investigación para la **INGENIERIA**



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
AMERICANA[®]
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

 SELLO EDITORIAL UNIVERSITARIO
Americana

APORTES EN INVESTIGACIÓN PARA LA INGENIERÍA

Dirección Editorial
Mg. Jovany Sepúlveda Aguirre
Director Editorial y de Publicaciones – Sede Medellín

Libro resultado de investigación a partir de la actividad colaborativa entre los grupos de investigación de la Corporación Universitaria Americana y diferentes grupos de investigación del ámbito nacional e internacional.



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
AMERICANA[®]
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

 SELLO EDITORIAL UNIVERSITARIO
UAmericana

660.2
C822

Corporación Universitaria Americana. (2020). Aportes en investigación para la ingeniería.
Medellín: Sello Editorial Coruniamericana

243 Páginas: 16X23 cm.
ISBN: 978-958-5512-81-8

1. Ingeniería 2. Investigación 3. Innovación 4. Desarrollo

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA-CO /SPA /RDA
SCDD 21 /CUTTER - SANBORN

Corporación Universitaria Americana©
Sello Editorial Coruniamericana©
ISBN: 978-958-5512-81-8

Corporación Universitaria Americana

Presidente
Jaime Enrique Muñoz

Rectora Nacional
Alba Lucía Corredor Gómez

Rector Sede Medellín
Albert Corredor Gómez

Vicerrector Académico Sede Medellín
Arturo Hernán Arenas Fernández

Vicerrector de Investigación Sede Medellín
Luis Fernando Garcés Giraldo

Director de Publicaciones Sede Medellín
Jovany Sepúlveda Aguirre

Sello Editorial Coruniamericana
selloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

Diagramación y carátula
Luisa Fernanda Rojas Arango

Corrección de estilo: INFOLIO S.A.S

1ª edición: Abril de 2020

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Coruniamericana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana.

Contenido

Presentación

11 **Arquitectura de software ágil para aplicaciones accesibles de realidad virtual inmersiva**

Martha Yaneth Segura Ruiz

26 **Estudio de impacto de tecnologías de apoyo usadas para la movilidad de personas con discapacidad visual**

Florian Augusto Kirby Baldi
Luz Ángela Quintana Sánchez

48 **Evaluación de los parámetros de la postura como indicadores de la asimilación del conocimiento en diadas**

Edwin Mauricio Hincapié Montoya

63 **RCM (*Reliability Centred Maintenance*) como metodología de aprendizaje y desarrollo social en el mantenimiento preventivo de Maquinaria y Equipo Industrial: Caso de estudio en el Sector Textil de la ciudad de Medellín**

Gustavo Andrés Araque González; Elkin Orlando Vélez Sánchez;
Juan David Lacharme Montoya; Gabriel Jaime Rivera León; Martha
Catalina Ospina Hernández

82 **Análisis para estructuración del sistema de costos del proceso de cuentas médicas en una empresa del sector salud: diagnóstico, estudio de tiempos y movimientos y costeo ABC: un caso de estudio**

Gustavo Andrés Araque González; Juan David Lacharme
Montoya; Daniel Rodríguez Vásquez; Efraín José Martínez Meneses

104 **Intervención de la ingeniería del conocimiento en el capital intelectual de las organizaciones**

Diana María Montoya Quintero

124 **Innovación en enseñanza de la ingeniería: aprendizaje basado en proyectos con impacto en pequeñas y medianas empresas**

Fernando A. Crespo

145 **Análisis de la efectividad de la normatividad vigente en el control de fraude académico en programas universitarios virtuales: una revisión**

Gustavo Andrés Araque González; Gabriel Jaime Rivera León; Fernando Ceballos; Martha Catalina Ospina Hernández

177 **Arcillas naturales activadas como alternativa industrial para la retención de colorantes y blanqueamiento del aceite de palma**

Diego Montaña; Oscar Vega Castro

190 **Biopolímeros, definiciones, caracterización y aplicaciones**

Oscar Vega Castro; Diego Fernando Montaña

216 **Desarrollo de una propuesta metodológica basada en la filosofía de manufactura ágil aplicada en el sector salud (*lean health*) en la estructuración de un sistema de costeo directo: caso de estudio**

Gustavo Andrés Araque González; David Alberto García Arango; Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez; Leidy Catalina González Durango

Presentación

La tecnología es la innovación y optimización de principios científicos concatenados con procesos técnicos en función de la producción económica. Son rasgos distintivos de la tecnología:

- Criterios explícitos de optimización. Solución óptima dentro de conjunto de soluciones posibles
- Reconocimiento, teóricamente asegurado, de las alternativas posibles.
- Diseño. Predeterminación rigurosa, detallada y minuciosa de productos y procesos.
- Procesos de trabajo universal y conmensurable con la teoría.

Con este marco de referencia, la investigación tecnológica e ingenieril sería, entonces, el proceso de apropiación, construcción y creación autónoma de conocimiento, que se realiza con el propósito de avanzar en la solución de problemáticas definidas, lo cual genera resultados visibles y transmisibles que son susceptibles de contrastación académica y de validez social.

En la investigación tecnológica e ingenieril actual, el sujeto que investiga no un personaje con genialidad, totalmente aislado para poder desarrollar diferentes herramientas y soluciones, sino que, la investigación en la actualidad se trata de grupos en los cuales se detectan habilidades y potencialidades para que en conjunto se busquen soluciones a problemáticas específico dentro de una visión multi e inter disciplinaria.

De eso se tratan los resultados presentados en este texto titulado “Aportes en investigación para la ingeniería”, donde se muestran los diferentes aportes en generación de conocimiento que se realizan desde diferentes grupos de investigación en el ámbito nacional, como forma de aportar desde la investigación y de la academia hacia un futuro sostenible.

Arquitectura de software ágil para aplicaciones accesibles de realidad virtual inmersiva¹

Martha Yaneth Segura Ruiz²

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar la Arquitectura de Software para una aplicación de Realidad Virtual inmersiva accesible, desarrollada mediante metodologías ágiles, con el fin de estructurar las funcionalidades básicas de la aplicación. Los requisitos del usuario funcionales y no funcionales guían el diseño de la Arquitectura como el diseño de más alto nivel que se integra en la solución. Para este proyecto de investigación, los requisitos contemplan la diversidad humana, con el fin de lograr un software accesible para el mayor número de personas. Las etapas del ciclo de desarrollo de software aplicando una metodología ágil deben garantizar la entrega y aceptación de un producto de calidad por parte de los usuarios, siendo vital el diseño de la Arquitectura de Software en aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva. La Realidad Virtual inmersiva implica crear mundos o entornos virtuales para que el usuario a través de sus sentidos pueda "percibir" que está inmerso en un mundo que se asemeja al real, sin distinción de sus capacidades y habilidades. La metodología utilizada en el proyecto se orientó en el enfoque de la investigación cuantitativa. El alcance de la investigación realizada fue explicativo y experimental. La base teórica manejada para la investigación fue conformada por documentos y publicaciones obtenidas de tesis, artículos y libros relacionados con las Arquitecturas de Software en Metodologías Ágiles. Los principales resultados de la investigación mostraron la Arquitectura de Software Ágil propuesta en un prototipo funcional de Realidad Virtual inmersiva accesible, basada en la diversidad humana, la inclusión y la igualdad. Además, se evidenció que el

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado "Metodología para el desarrollo de software de Realidad y Virtual inmersiva que cumpla los principios del diseño universal" y realizado entre Febrero y Noviembre de 2018.

² Ingeniera de Sistemas. Especialista en Diseño y Construcción de Soluciones Telemáticas. Especialista en Ingeniería de Software. Maestría en Administración y Dirección de Empresas. Lugar de trabajo: Universitaria Agustiniiana. E-mail: martha.segura@uniagustiniana.edu.co.

diseño de la Arquitectura de Software para este tipo de aplicaciones es similar al enfoque usado en el diseño de videojuegos, Arquitectura basada en componentes, en los que se diseñan interfaces y modelos 3D, pero adicionando especificaciones de software que combinan las tres características de la Realidad Virtual: Inmersión, Interacción e Imaginación. Se concluye que se debe realizar más investigación en el área de la Arquitectura de Software integrada en las Metodologías Ágiles, para el diseño de las aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva, debido a que su desarrollo es un proceso iterativo e incremental que permite flexibilidad en los requisitos de un usuario real. Además, se busca minimizar el impacto que genera refinar los requisitos durante el desarrollo y maximizar la reutilización del diseño y la implementación creando un entorno accesible para todos los usuarios. Se valida que un buen diseño de Arquitectura de Software tiene un alto impacto en la calidad del software de aplicación, cuando se enfoca en los requisitos funcionales y no funcionales o atributos de calidad, que en este proyecto se orientaron al diseño universal.

Palabras clave: ingeniería de software, realidad virtual inmersiva, metodología de desarrollo ágil, accesibilidad, diseño universal.

Abstract

The objective of this paper is to present the Software Architecture for an accessible immersive Virtual Reality application, developed through agile methodologies, in order to structure the basic functionalities of the application. The functional and non-functional user requirements guide the design of the Architecture as the highest level design that is integrated in the solution. For this research project, the requirements contemplate human diversity, in order to achieve accessible software for the greatest number of people. The stages of the software development cycle applying an Agile Methodology must guarantee the delivery and acceptance of a quality product by the users, being vital the design of the Software Architecture in applications of immersive Virtual Reality. The immersive Virtual Reality implies creating worlds or virtual environments so that the user through his senses can

“perceive” that he is immersed in a world that resembles the real world, without distinction of his abilities and abilities. The methodology used in the project was guided by the quantitative research approach. The scope of the research carried out was explanatory and experimental. The theoretical basis used for the research was made up of documents and publications obtained from theses, articles and books related to Software Architectures in Agile Methodologies. The main results of the research showed the Agile Software Architecture proposed in a functional immersive accessible Virtual Reality prototype, based on human diversity, inclusion and equality. In addition, it was evidenced that the design of the Software Architecture for this type of applications is similar to the approach used in the design of video games, component-based architecture, in which interfaces and 3D models are designed, but adding software specifications that combine the three characteristics of Virtual Reality: Immersion, Interaction and Imagination. It is concluded that more research should be done in the area of Software Architecture integrated in the Agile Methodologies, for the design of immersive Virtual Reality applications, because its development is an iterative and incremental process that allows flexibility in the requirements of a real user. In addition, it seeks to minimize the impact generated by refining the requirements during development and to maximize the reuse of design and implementation by creating an environment accessible to all users. It is validated that a good Software Architecture design has a high impact on the quality of application software, when it focuses on functional and non-functional requirements or quality attributes, which in this project were oriented to universal design.

Key words: software engineering, immersive virtual reality, agile development methodology, accessibility, universal design.

Introducción

El diseño de aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva hace parte del ciclo de vida del desarrollo de software, interacción de procesos desde la propuesta de solución hasta la representación

del software que se va a construir. La Arquitectura de Software define la estructura, componentes y propiedades del software, y sus interrelaciones. Según la recomendación (“1471-2000 - IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems - IEEE Standard”, 2018) la arquitectura de software es “la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución”. Como lo afirma (Qian, et Al., 2010) “Durante la etapa de diseño de la arquitectura, un diseñador debe especificar los elementos accesibles al usuario y las interconexiones que son visibles para las partes interesadas”. En la Universitaria Agustiniana en Colombia se lidera un proyecto de investigación para desarrollar software de aplicación en Realidad Virtual inmersiva accesible y que cumpla el diseño universal, y generar buenas prácticas para los ingenieros y estudiantes de la Tecnología en Desarrollo de Software.

Una tendencia del software que está en auge, es la Realidad Virtual inmersiva, y en los próximos años se consolidará en diferentes áreas del conocimiento con el desarrollo de software de aplicación o aplicaciones para la educación, el entretenimiento, la rehabilitación de pacientes, el comercio, el turismo, la industria, el marketing, entre otros. Los ingenieros y desarrolladores de software deben conocer cómo construir aplicaciones de calidad que cumplan estándares internacionales, a su vez tener en cuenta la experiencia del usuario, y la accesibilidad.

La Realidad Virtual según Cruz-Neira (1993) se refiere a “un entorno generado por computador, tridimensional, centrado en el espectador, multisensorial, interactivo e inmersivo, y a la combinación de tecnologías para construir dicho entorno”. La accesibilidad es “la cualidad de fácil acceso para que cualquier persona, incluso aquellas que tengan limitaciones en la movilidad, en la comunicación o el entendimiento, pueda llegar a un lugar, objeto o servicio” (“The Center for Universal Design - Universal Design History”, 2018). La construcción de aplicaciones de Realidad Virtual accesible se propone desde la adopción de los principios del diseño universal.

Durante la investigación se realizó una revisión de los principios del diseño universal y cómo adaptarlos al desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva, teniendo en cuenta que este tipo de realidad virtual provoca que la persona que interactúa con ella, se sienta como si fuera el mundo real. Aunque el mundo real le presente restricciones, es en el mundo virtual donde se deben superar dichas barreras, mediante una personalización del software de aplicación. Se propone desarrollar aplicaciones accesibles de Realidad Virtual inmersiva usando metodologías ágiles, pensando que cada persona tiene unas características bien definidas, así como limitaciones. Se plantea entonces que el primer paso para lograrlo es empatizar con el usuario y lograr un diseño acorde a sus propias necesidades. Un diseño que debe incluir los requisitos funcionales y los atributos de calidad, que se definen como Requisitos de Importancia Arquitectónica.

En las etapas previas del proyecto de investigación se aprovechó la Ingeniería de requisitos para definir las especificaciones de software teniendo en cuenta el diseño universal, posteriormente se diseña la Arquitectura de Software. “El diseño de la arquitectura proporciona un modelo y una guía para desarrollar un sistema de software basado en su especificación de análisis de requisitos” (Qian, et Al., 2010).

En el presente capítulo se muestra la Arquitectura de Software que hace parte del diseño e influye en la calidad del software, y como la Arquitectura de Software Ágil tiene un impacto decisivo en el desarrollo de una aplicación de Realidad Virtual inmersiva que sea accesible, a partir de la recomendación IEEE 1471-2000 - Recommended Practice for Architectural Description for Software-Intensive Systems.

Desarrollo

Esta investigación es cualitativa y de tipo investigación-acción. Como lo define Hernández-Sampieri, Fernández & Baptista (2014), la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos,

explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto; los planteamientos cualitativos están enfocados en profundizar en los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes. El propósito de la investigación-acción se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales. Las tres fases esenciales de los diseños de la investigación-acción son: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras), las cuales se dan de manera cíclica, una y otra vez, hasta que el problema es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente (Stringer, 1999).

Para el diseño de la investigación, se utiliza la estrategia metodológica estudio de caso, como lo expone Yin (1989) “el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado”. Además, en el método de estudio de caso los datos pueden ser obtenidos desde una variedad de fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas; esto es, documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalaciones u objetos físicos (Chetty, 1996).

De acuerdo con (Babar, et Al., 2013), se definen dos aspectos a tener en cuenta “(1) la Arquitectura de Software debe ser un valor para el desarrollo de proyectos ágiles, y (2) los profesionales ágiles tienden a evitar la Arquitectura de Software, porque conciben la arquitectura como una tarea complicada”. Y basados en la experiencia de varios ingenieros de software:

Se define una línea de base para lograr un entendimiento mutuo entre la Arquitectura de Software y la Metodología Ágil, basado en los siguientes principios: (1) el diseño de la Arquitectura debe adaptarse al ciclo de vida incremental e iterativo; (2) la Arquitectura de Software debe entregar valor al proceso ágil; (3) el diseño de la Arquitectura debe ser una tarea guiada con el propósito de ser ligera

y fácil para los practicantes ágiles, y (4) el diseño de la Arquitectura del Software debe integrarse con el resto de los procesos ágiles y sus resultados.

Las aplicaciones de Realidad Virtual, usualmente, se encuentran en el mismo dominio de los videojuegos, su programación es orientada por eventos, debido a que el usuario provoca los sucesos que ocurren en el sistema y dirige el flujo de la aplicación, interactuando con el software en cualquier momento de la ejecución, por lo que para su desarrollo se emplean las Metodologías Ágiles. La Realidad Virtual debe generar una experiencia inmersiva en un mundo tridimensional, consumiendo recursos multimedia para que el usuario interactúe a través de sus canales sensoriales en un entorno simulado, generalmente se utilizan dispositivos adicionales a un computador o un Smartphone, por lo que se tipifica como no convencional.

Este tipo de software no convencional, implica un modelado de escenas y objetos en 3D, que componen un entorno virtual, como lo expresa (Cardona Quiroz et Al., 2011) “es un modelo creado por computador para generar experiencias virtuales que simulen las reales”, en el que son esenciales el “modelado geométrico (define la forma y el aspecto de los objetos tridimensionales del entorno virtual), cinemático (estudia la trayectoria del objeto a través del espacio), físico (integra en el objeto 3D sus características físicas), de comportamiento (cambios de los objetos 3D en relación con sus cambios de posición, orientación, color, a sus reacciones) y de la interacción (define con precisión el grado de interacción del usuario con los objetos 3D y las técnicas de entrada y despliegue más adecuadas)”. En la Fig. 1 se muestran los procesos que se ejecutan al desarrollar un entorno virtual.



Figura 1.

Como lo resalta Chady (2009) “prácticamente todos los juegos modernos se crean con una Arquitectura basada en componentes”, por lo que se define que por la afinidad de las aplicaciones de videojuegos con las de Realidad Virtual inmersiva, en cuanto a su diseño y codificación, este tipo de Arquitectura se puede aplicar en la construcción de aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva.

En la Fig. 2 se puede observar una Arquitectura de videojuegos simplificada (Llansó, 2014), en la cual se representa el motor de juego, encargado de cargar los recursos externos, procesar la entrada de usuario y presentarle los resultados, sus componentes se especifican desde las primeras fases del desarrollo. Por otro lado, la vista lógica es el módulo que se encarga de personalizar el juego, determina la interacción con objetos, comportamientos a personajes y orquesta las interacciones, se comunica con el motor del juego, informando las decisiones de qué es lo que se debe hacer en cada instante.

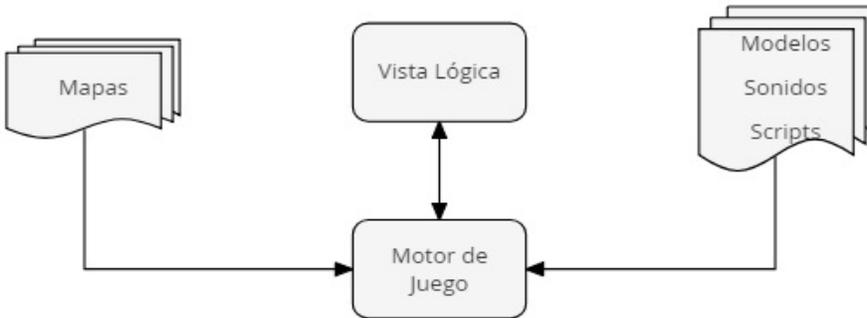


Figura 2.

Una de las mayores críticas que sufren las Metodologías Ágiles se relaciona con la carencia de prácticas vinculadas con el diseño de software o su falta de formalismo en la especificación, lo que, habitualmente, se denomina “hacer todo lo posible por hacer lo menos posible” (Rivadeneira & Vilanova, 2014). Por lo que en el proyecto de investigación se buscó armonizar la Metodología de desarrollo ágil con el diseño de la Arquitectura de Software. La sinergia entre los requisitos y la Arquitectura de Software se ha discutido en algunos artículos previos de varios autores.

Méndez (2013) realizó una aproximación proponiendo una Arquitectura de Software centrada en la Modificabilidad por lo que mencionó “se pretende diseñar una arquitectura que posibilite la sustitución de algunos de sus componentes por otros que proporcionen funcionalidades similares. En presencia de un estándar, debería ser posible intercambiar componentes sin mayores consecuencias”.

Para realizar el diseño de la Arquitectura ágil de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva, se empleó el marco de referencia de la Recomendación IEEE 1471-2000 para la descripción arquitectónica, teniendo en cuenta que el desarrollo es iterativo e incremental. La Fig. 3 presenta el método a seguir para diseñar la Arquitectura de Software Ágil (Babar, et Al., 2013).

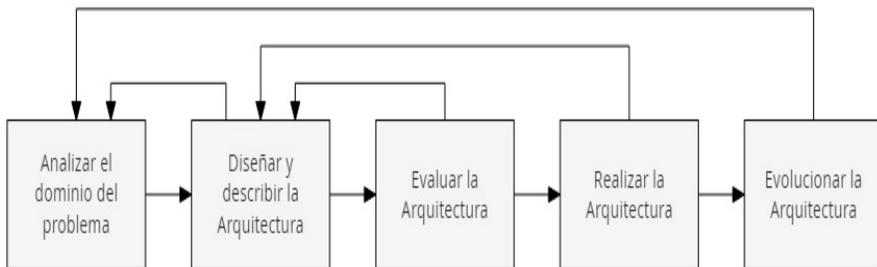


Figura 3.

Con este método a medida que se avanza en el diseño se puede analizar de forma iterativa la arquitectura y descubrir más detalles que la afectan. No se tiene que diseñar la arquitectura en una sola iteración, se pueden realizar o revisar actividades mientras se crean otras actividades. Las entradas al proceso de diseño son: Requisitos funcionales, Requisitos no funcionales o Atributos de calidad, casos de uso y escenarios de uso, requisitos tecnológicos, entorno de despliegue y restricciones. La salida del proceso es el diseño de la Arquitectura Ágil en una primera iteración. La propuesta para el diseño de la Arquitectura de Software Ágil para Realidad Virtual inmersiva se muestra en la Fig. 4.

Aplicación de Realidad Virtual Inmersiva

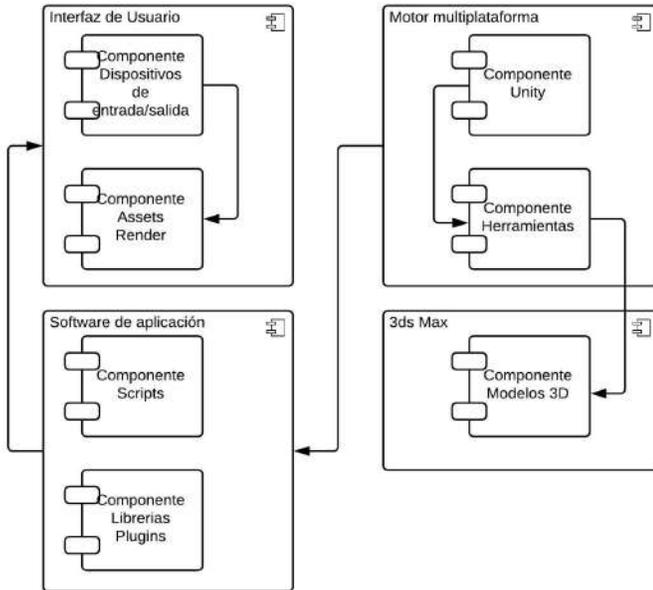


Figura 4.

A partir del proceso de la Ingeniería de requisitos y el diseño de alto nivel, la definición de la Arquitectura de Software Ágil, se procede a la construcción del prototipo en Realidad Virtual inmersiva accesible. Este software previó el cumplimiento de diferentes Requisitos de Importancia Arquitectónica, para presentar un diseño universal y una accesibilidad a personas con diversas capacidades. “Un Requisito de Importancia Arquitectónica es un requisito que tendrá un importante efecto en la arquitectura, y que como se dijo, si están ausentes, la arquitectura resultante será totalmente diferente” (Navarro, 2017).

Se construye el prototipo de la aplicación de Realidad Virtual Inmersiva creando el entorno, realizando scripts, integrando assets y plugins, creando funciones del menú, y generando clases para personalizar el software de acuerdo a las preferencias de usuario. El prototipo de software de Realidad Virtual es un tour por las instalaciones de la institución, consta de un diseño intuitivo y simple para mostrar los edificios, laboratorios, plazoletas, biblioteca, cafetería, zonas deportivas, gimnasio y oficinas administrativas, a los diferentes usuarios que deseen tener una

interacción con la Universitaria sin la necesidad de desplazarse hasta sus instalaciones.

El software de aplicación consta tanto de fotos en 360° como de escenarios en 3D para la visualización de los diferentes lugares de las instalaciones de la universitaria, en estos últimos se implementaron diferentes objetos según corresponda al escenario los cuales muestran una breve descripción de este junto con el objeto escogido, girando este sobre su propio eje para la visualización del mismo.

Dentro de todos los escenarios se implementó un menú que contiene las diferentes configuraciones que puede personalizar el usuario acorde a sus capacidades y habilidades, dentro de las cuales se encuentra:

Desactivar/activar los puntos de tele transporte, los cuales tienen como función trasladarlos a los diferentes escenarios, estos puntos cuentan cada uno con el texto que corresponde al nombre del lugar a donde los lleva, los puntos de tele transporte están presentes en todos los escenarios.

Activar/desactivar sonido, algunos escenarios cuentan con sonidos de ambientación o una breve descripción del lugar donde el usuario se encuentre.

Activar/desactivar closed caption, solo está presente en aquellos escenarios que cuentan con un audio descriptivo del lugar.

Cambio de idioma entre español e inglés, estos afectarán tanto a los textos del closed caption como a los textos de cada punto de tele transporte.

Escalar puntos y textos, la función de estos botones es aumentar o disminuir el tamaño de los puntos de tele transporte y sus textos. Menú, transporta a los usuarios a la escena principal.

La escena principal es un escenario en 3D el cual tiene el menú mencionado anteriormente, un avatar tiene como función dar la

bienvenida, tiene presente las dos sedes de la Universitaria a las cuales sólo desde esta escena se tiene acceso para trasladarse de una a otra sede. Por último, está una puerta que representa la opción de salir de la aplicación.

Realizado el prototipo se generó el plan de pruebas de usabilidad con usuarios reales y con capacidades físicas y mentales diferentes, con el fin de refinar nuevamente el software de aplicación en Realidad Virtual inmersiva accesible, cerrando el ciclo de desarrollo.

El proceso de desarrollo de software, la metodología ágil utilizada, el prototipo creado y el producto final, son los referentes para que estudiantes y docentes del programa de Tecnología en Desarrollo de Software de Uniagustiniana adopten el diseño universal y las buenas prácticas de diseño de software accesible en cualquier tipo de aplicación que construyan.

Conclusiones

Para el desarrollo del artículo se realizó la comparación de forma genérica de las Arquitecturas de Software que podían acoplarse en el proceso de construcción de aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva, una tarea compleja desde la Ingeniería de Software, por la poca flexibilidad que presenta la Arquitectura de Software frente al desarrollo de aplicaciones del tipo no convencional como las de Realidad Virtual que implica que los requisitos se refinan de una forma flexible mientras se construyen, finalmente se seleccionó la Arquitectura de Software basada en componentes.

En los últimos años, se han generado diferentes estilos arquitectónicos para el desarrollo de software, sin embargo, aún no están definidos de forma específica para aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva, por lo que se deben hacer adaptaciones de otro tipo de aplicaciones, de las que más se ajustan son los videojuegos.

El diseño de la Arquitectura de Software para la aplicación de Realidad Virtual inmersiva accesible se fundamentó en una sinergia entre la Arquitectura basada en componentes y las Metodologías Ágiles, que

tienen en cuenta un proceso iterativo e incremental, resultando una Arquitectura Ágil.

Los requisitos funcionales y no funcionales descubiertos partir de los principios del diseño universal fueron denominados Requisitos de Importancia Arquitectónica y generaron la primera iteración de la Arquitectura Ágil, para posteriormente codificarlos y realizar pruebas con usuarios reales.

Todavía hay mucho por hacer para armonizar entre la teoría referente a la Arquitectura de Software integrada en las Metodologías Ágiles, y la práctica para la construcción de software de Realidad Virtual inmersiva. Una óptima solución de Arquitectura de Software Ágil se basa en múltiples estilos para diferentes subsistemas.

Se recomienda continuar con esta línea de investigación para trabajos futuros con el fin de actualizar y consolidar los estilos arquitectónicos, las arquitecturas de software para las aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva accesibles, teniendo en cuenta que en el futuro este tipo de aplicaciones van a permear todas las áreas del conocimiento.

Referencias bibliográficas

471-2000 - IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems - IEEE Standard. (2018). Disponible en: <https://standards.ieee.org/standard/1471-2000.html>

Babar, M. A., Brown, A. W., & Mistrík, I. (2013). *Agile Software Architecture: Aligning Agile Processes and Software Architectures*. (1st ed.). EEUU: Editorial Elsevier.

Cardona Quiroz, J., Joyanes Aguilar, L. & Castán Rodríguez, H. (2011). *Proceso Unificado para el Desarrollo de Entornos Virtuales. Método para el desarrollo de entornos virtuales basado en el proceso unificado y en buenas prácticas para su construcción*. (1st ed.). Cali: Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

Chady, M. (2009). Theory and practice of game object component

architecture. En *Game Developers Conference*. Vancouver, Canadá

Chetty S. (1996). The case study method for research in small- and médium – sized firms. *International small business journal*, vol. 5, Octubre – diciembre.

Cruz-Neira, C. (1993). Virtual reality overview. In SIGGRAPH (Vol. 93, No. 23, pp. 1-1).

Hernández-Sampieri R., Fernández C., & Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D. F., México. Ed. Mac Graw Hill.

Llansó García, D. (2014). *Metodología ontológica para el desarrollo de videojuegos* (Tesis de Doctorado). Universidad Complutense de Madrid.

Méndez Pozo, G. (2008). *Una arquitectura software basada en agentes y recomendaciones metodológicas para el desarrollo de entornos virtuales de entrenamiento con tutoría inteligente* (Tesis de Doctorado, Informática).

Navarro, M. E., Moreno, M. P., Aranda, J., Parra, L., Rueda, J. R., & Pantano, J. C. (2017). Integración de arquitectura de software en el ciclo de vida de las metodologías ágiles. In *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires).

Qian, K., FU, X., TAO, L., XU, C-W., Diaz-Herrera, J. Software. (2010). *Architecture and Design Illuminated*. EEUU: Editorial Jones and Barlett Publishers.

Rivadeneira, S. & Vilanova, G. (2014). *Arquitecturas ágiles. III Encuentro de Investigadores, Becarios y Tesistas de la Patagonia Austral*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309534550_Arquitecturas_agiles.

Stringer E., (1999). *Action Research*. Thousand Oaks, Calif. Sage Publications
The Center for Universal Design - Universal Design History. (2018). Disponible en: http://www.ncsu.edu/www/ncsu/design/sod5/cud/about_ud/udhistory.htm

Yin, R. K. (1984/1989). *Case Study Research: Design and Methods, Applied social research Methods Series*, Newbury Park CA, Sage.

Estudio de impacto de tecnologías de apoyo usadas para la movilidad de personas con discapacidad visual

Florian Augusto Kirby Baldi¹
Luz Ángela Quintana Sánchez²

Resumen

Esta investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo transversal y descriptivo, con el fin de medir el nivel de impacto de los dispositivos electrónicos que faciliten la movilidad de las personas con discapacidad visual en la ciudad de Medellín, analizando las variables de tecnología y discapacidad visual relacionadas con la movilidad. El avance tecnológico ha alcanzado esferas de desarrollo que han influido a la población con discapacidad, sin embargo, su usabilidad y acceso son limitados dados los costos y desconocimiento por parte de la población con discapacidad visual. En esta primera etapa se concluye que la discapacidad visual predomina el uso del bastón con retroalimentación táctil y auditiva, con etiologías de origen materno y ocular.

Palabras clave: discapacidad visual, movilidad, tecnologías de apoyo, tiflotecnología.

Abstract

This research is a transversal and descriptive quantitative approach in order to measure the level of impact of electronic devices that facilitate the mobility of people with visual disabilities in Medellín, analyzing the variables of technology and visual disability related to mobility. The technological development has reached aspects that have influenced the population with disabilities, however their usability and access are limited given the costs and ignorance on the part of the population with visual disabilities. In this first

¹ Grupo de Investigación Grintec de la Fundación Universitaria María Cano. E-mail: florianaugustokirbybaldi@fumc.edu.co.

² Grupo de Investigación Fonotec de la Fundación Universitaria María Cano. E-mail: luzangelaquintanasanchez@fumc.edu.co.

phase it is concluded that visual disability predominates the use of the cane towards tactile and auditory feedback, with etiologies of maternal and ocular diseases.

Key words: visual disabilities, mobility, electronic devices, tiftotechnology.

Introducción

La discapacidad es un tema que ha cobrado importancia y se han realizado investigaciones acerca del uso de dispositivos mecánicos y automáticos, incluyendo robóticos para facilitar la movilidad de la población con algún tipo de discapacidad. Así, la discapacidad es definida oficialmente en Colombia por el Ministerio de Salud y protección Social como, “Un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás”. Convención de la ONU (Ministerio de Salud y Portección Social, 2018). Respecto a la identificación de las personas con discapacidad, la misma entidad la define como, “Son aquellas personas que presentan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con el entorno, encuentran diversas barreras, que pueden impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás ciudadanos”. En el rastreo documental realizado, se encuentra que en España reportan avances asociados a la evolución de los componentes computacionales que apoyan a la movilidad de la persona con discapacidad visual orientados a la visión artificial, pero la percepción en el medio es el bajo uso de estos dispositivos, ya sea por limitantes económicos, ergonómicos, estructurales, estéticos, desconfianza e inseguridad hacia la tecnología, que lleven a la persona con discapacidad visual a no acceder a ellas.

Dentro de la presente investigación se determina si estos dispositivos dan o no respuesta a las necesidades de esta población determinando la sectorización de la población objetivo, realizando el estudio detallado de sus características y movilidad, el análisis

de la información y recomendaciones para satisfacer o suplir las necesidades de movilidad de las personas con discapacidad visual. A nivel comercial, los dispositivos son costosos, por lo tanto, las investigaciones proponen adaptaciones del material y funcionalidad del bastón y dispositivos electrónicos interactivos. A partir del rastreo también se pudo determinar la falta de literatura que muestre el uso de la tecnología de apoyo para mejorar la movilidad de la población objetivo en Medellín-Colombia.

Antecedentes

Acorde a los informes de la OMS, hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual en el mundo, 39 millones de ellas son ciegas y presentan baja visión 246 millones; el 82% de ellas padecen ceguera y tienen 50 años o más. También reporta que un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se localiza en los países con ingreso per cápita es bajo y llama la atención que, a nivel de la patología, las cataratas siguen siendo la principal causa de ceguera a nivel mundial (OMS, 2014). En el mismo reporte se puede evidenciar que no hay una medición del impacto de los dispositivos electrónicos de las personas con discapacidad visual que le permitan mejorar su movilidad y sí se evidencia que hay menos énfasis en el mejoramiento de la calidad de vida que en la prevención de la enfermedad de la persona con la discapacidad visual.

Las empresas comerciales de dispositivos mecánicos y electrónicos para el mejoramiento de la movilidad con discapacidad visual reportan que las personas con esta situación utilizan el bastón tradicional para desplazarse, sin embargo, éste solo puede indicar los obstáculos a dos pasos de distancia y al nivel del piso, no protege de objetos al nivel de la cabeza, y otras utilizan el perro guía que requiere de un gran entrenamiento e inversión económica.

Los dispositivos electrónicos de asistencia (ETA) brindan un alto grado de eficiencia y seguridad, aunque son costosos, no han tenido acogida debido a dos factores: la interfaz entendida como la forma de interacción hombre-máquina, en este caso acústica o vibro-

táctil; y a nivel del diseño que tiene que ver con la arquitectura del equipo. Esto se evidencia en que estos equipos sean pesados, incómodos y costosos. También se reporta la visión artificial como sustituto de la visión humana como herramienta para el desarrollo de dispositivos de apoyo a personas con discapacidad visual, aportando utilidades en la seguridad en la movilidad, la orientación, el reconocimiento de objetos, el acceso a información impresa y la interactividad social (Terven, Salas, & Raducanu., 2013).

Muchas de las investigaciones consultadas muestran que la finalidad del diseño y mejoramiento de los equipos electrónicos para la movilidad le brinden al usuario seguridad, confianza y apoyo para la interacción en el entorno especialmente en su movilidad. Sin embargo, pocos de estos dispositivos adaptados llegan a las manos de la población con discapacidad visual.

Justificación

La investigación ha incrementado en los últimos con respecto al desarrollo de ayudas que faciliten la autonomía de la población con discapacidad visual, predominando las propuestas hacia ayudas tecnológicas dirigidas a las necesidades del usuario y con funciones para actividades cotidianas (Escobar, 2017).

Por otra parte, las personas con limitaciones visuales perciben el mundo con el desarrollo sensorial basado en sus otros sentidos y gracias a las ayudas tecnológicas elaboradas por el mismo hombre, puede experimentar el mundo de una más aguda amplificando los matices de la lectura sensorial que poseen naturalmente (Velasco, 2015). En la actualidad se conocen de ciertos productos que llevan a cabo un abordaje de esta situación de manera que la persona con discapacidad visual porte una cámara que pueda medir la profundidad puedan identificar objetos para controlar mejor su entorno, esta investigación fue llevada a cabo por la Universidad de Nevada (Rivero, 2013). La movilidad, o capacidad para desplazarse con independencia, seguridad y eficacia. Implica el aprendizaje de técnicas de protección (para interiores y exteriores) y de otras técnicas que permiten a la persona con discapacidad visual caminar

en línea recta, seguir referencias, cruzar calles, utilizar el transporte público... Estos dos conceptos de la orientación y la movilidad van siempre unidos; una persona con discapacidad visual pueda caminar correctamente con el bastón, pero, si no sabe hacia dónde ir, no le sirve para su autonomía, y viceversa (Ite Educacion, 2018).

Desde la legislación colombiana, hay regulaciones para los factores que involucran a la población que se encuentra dentro de algún grado de discapacidad, adelantando políticas de promoción, prevención, habilitación, rehabilitación e integración social. A saber, las principales normas que rigen este tema en Colombia son:

- La Constitución Política de 1991, artículos 13, 47, 54 y 68.
- Ley 762 de 2002, se acoge la convención interamericana para la eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad.
- Ley 1346 de 2009, se acoge la convención sobre los derechos de las personas con discapacidad promulgada por las Naciones Unidas.
- Ley Estatutaria 1618 de 2013, cuyo objetivo es garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad mediante la adopción de medidas de inclusión, acción afirmativa y de ajustes razonables y eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad.

Este marco legal garantiza los principios de cobertura, equidad y participación para todos los ciudadanos con o sin discapacidad. Así, esta investigación se enmarca en el concepto de desarrollo humano planteado por Amartya Sen, el cual considera todas las opciones y capacidades individuales de las personas en pro del proyecto de vida. Así, no solo se toman en cuenta los factores internos sino externos al individuo como partícipe activo de la sociedad (Urquijo, 2014).

Esta investigación se articula con el Plan Municipal de Discapacidad de Medellín 2010–2018, que establece los lineamientos y estrategias de intervención de la ciudad en la línea de Accesibilidad, con el fin que las personas con discapacidad puedan vivir de forma

independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida y en la línea de Investigación y Formación, con el fin de impulsar y promover el desarrollo de la investigación básica y aplicada en los diferentes ámbitos que aporten nuevas soluciones para el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas con discapacidad (Alcaldía de Medellín, 2014).

Así en Colombia, los estamentos gubernamentales se están articulando con las tendencias mundiales de inclusión y participación de los ciudadanos con y sin discapacidad en todos los ámbitos sociales. Ejemplo de ello, es el DANE que ha incluido en los últimos 20 veinte años en sus censos la sección de discapacidad, lo cual ha permitido determinar que las limitaciones visuales han sido una de las condiciones de salud que más afecta a la población colombiana. Según el censo de 2005, el 2,49% de la población presenta algún tipo de discapacidad y el 43,2% de ella presenta discapacidad visual. También reporta una situación preocupante: el 80% de las personas invidente o con baja visión vive en condiciones de pobreza lo cual limita el acceso a bienes o servicios, siendo una barrera importante generada por el entorno social o geográfico. (DANE, 2011).

El DANE en el 2011, pasó toda la información estadística al Ministerio de Salud y Protección Social para que se encargara de la actualización continua mediante el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD) y el Observatorio Nacional de Discapacidad. Esta información es recolectada de manera voluntaria en las Secretarías Municipales de todo el país, teniendo así una información confiable y oportuna.

Entonces la presente investigación, pretende determinar las características e intereses de la población con discapacidad visual con miras a brindar una solución tecnológica que brinde confianza y seguridad y sobre todo se adapte a las necesidades de la población con discapacidad visual para así apoyarlo en la movilidad.

La primera etapa de la investigación, se realizó mediante la búsqueda de artículos digitales utilizando las plataformas de Google Académico, Researchgate, Redalyc, Repositorios de Universidades

y Entidades gubernamentales.

Para la segunda etapa, se tomó la información del DANE 2010, la cual registra en Antioquia 7791 casos de discapacidad con principal alteración ojos (visual) y que requieren apoyo para su interacción con el entorno y de estos 1236 casos residen en Medellín. A partir de este dato se calcula la muestra aleatoria de 40 casos correspondiente a un grado de confianza del 90% y un error del 10% dada la variabilidad del registro y el tratamiento de la información recolectada.

La tercera etapa, se realizó ubicando la población según los registros gubernamentales disponibles. La población encuestada pertenece a nueve (9) instituciones, seis (6) de ellas registradas en la base de datos de las entidades de la Secretaría de Inclusión de la ciudad de Medellín y tres (3) entidades no registradas en la Secretaría de Inclusión, pero recomendadas por las mismas entidades registradas y visitadas.

Para la cuarta etapa, se utilizaron entrevistas guiadas como técnica de recolección de información. Dadas las condiciones de esta población, las entrevistas fueron grabadas con el debido consentimiento firmado por el entrevistado o su acudiente. El guión de la entrevista tuvo 17 características, 5 sobre discapacidad y 12 sobre movilidad.

Las últimas etapas, se trabajaron de manera cualitativa mediante la transcripción a Word de las entrevistas para su tabulación en Excel, categorización, jerarquización y análisis.

Discapacidad visual

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la discapacidad visual como la limitación de acciones y de funciones del sistema visual. La distribución mundial de las principales causas de discapacidad visual corresponde al 43% de errores de refracción (miopía, hipermetropía o astigmatismo) no corregidos, 33% de cataratas no operadas y 2% de glaucoma. También determina la

siguiente clasificación de la agudeza visual:

1. Visión entre 20/70 y 20/400 con la corrección mejor, o un campo de visión de 20 grados o menos corresponde a agudeza visual inferior
2. Visión de 20/400 con la corrección mejor, o campo de visión de 10 grados o menos corresponde a ceguera
3. Visión entre 20/70 a 20/400 (inclusivo) corresponde a discapacidad visual moderada o visión inferior.

Para una persona con discapacidad visual movilizarse, necesariamente si se quiere movilizar, necesita de unos aspectos que son, dependiendo de la edad necesita; dependiendo de la edad y de la adquisición de la discapacidad visual, para ser preparado y arrancar entonces necesita de una estimulación sensorial; una sensopercepción táctil y cerebral; necesita tener una buena ubicación en el espacio para poderse mover y orientarse; debe tener también muy afianzado, los conceptos de relaciones espaciales; otro aspecto, tener unos dispositivos básicos muy desarrollados para poder emprender la obra; y ahí cuando se emprende la obra, entonces tiene que pasar por los programas de áreas tiflológicas que son cinco programas; cuando el muchacho recibe esos cinco programas, principalmente dos que son los que corren esas cortinas de la ceguera que son: Orientación y movilidad que es el manejo del bastón... Exactamente, entonces la orientación y movilidad hace referencia al estudio que ustedes quieren hacer o sea que es la movilidad de ellos, entonces si un muchacho de estos no ha pasado por los programas de las áreas tiflológicas y no tiene una motivación, no tiene unos apoyos familiares, téngalo por seguro que ahí no podemos hacer nada.

Para comprender la discapacidad visual, el Instituto nacional de tecnologías educativas y de formación de posgrado de España, plantea que la orientación y la movilidad como factores determinantes dado la importancia de generar autonomía y seguridad en la persona con discapacidad. El concepto de orientación se basa en la percepción auditiva, táctil, visual que lo lleve a la comprensión y la toma de conciencia de su entorno físico, y la movilidad implica el desplazamiento autónomo mediante el

uso de técnicas de protección. El aprendizaje de estos factores, incluyendo los hábitos de la vida diaria garantizan el uso eficaz de cualquier tecnología de apoyo para la movilidad (Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de formación de posgrado MinEdu, 2010).

Los registros epidemiológicos actuales reportan que las causas más frecuentes para la discapacidad visual son: adquirida, no infecciosa o progresiva, considerando además enfermedades crónicas que impactan sobre la salud del paciente. Esto conlleva a que la discapacidad visual y la ceguera lideren las primeras causas de discapacidad en el mundo (Suárez, 2011).

La generación de iniciativas como Visión 2020: el derecho a ver y Misión Milagro garantizan el acceso a estrategias para el mejoramiento de la calidad de vida con miras a eliminar la ceguera como el desenlace de una patología oftalmológica. Este artículo muestra la necesidad de implementar políticas de salud que garanticen la cobertura a los pacientes de bajos recursos; y sobre todo la posibilidad de acceder a ayudas tecnológicas. También muestra la importancia de aumentar las investigaciones acerca de este tema (Tirado & al., 2011).

Apoyos tecnológicos para la movilidad de la persona que presenta discapacidad visual

Es responsabilidad de las ciencias de aplicación a nivel de la tecnología la generación de soluciones a problemas mediante adaptaciones a una técnica, a sus parámetros y a su aplicación en diversos ámbitos. A su vez generar, nuevas técnicas, nuevos algoritmos con el fin de diseñar, simular, construir, probar, rediseñar y finalmente entregar un producto óptimo, que responda a una necesidad determinada.

Para la tecnología ha sido un reto el dar soluciones eficaces, eficientes y efectivas y por ello busca como acondicionar en la cotidianidad los diferentes avances tanto en software como en hardware. Esto se evidencia en la inclusión de nuevos materiales, cambios en el diseño de un prototipo como en el software del mismo.

La tiflotecnología nace como una rama de la tecnología aplicada a

la construcción de apoyos tecnológicos que faciliten la adaptación con el entorno de las personas con discapacidad visual. Este término incluye la generación y adaptación de diversos tipos de dispositivos y tecnologías a nivel mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico y electrónico. La tiflotecnología pretende dar solución a la persona invidente y a la persona con baja visión, en ámbitos como la movilidad, interacción social, aprendizaje, apoyo a la labor cotidiana, entre otras (Meroño, 2005).

En la actualidad ya hay dispositivos diseñados, probados y hasta avalados, dado que varias investigaciones generaron productos a nivel experimental y otros a nivel comercial, en diferentes tipos de tecnologías y gamas. Estos productos van orientados hacia la adaptación de la persona o hacia suplir una necesidad funcional. Aunque la tiflotecnología ha dado respuestas a algunas necesidades, lo real es que generalmente el dispositivo no se adapta a las condiciones físicas por lo tanto son dispositivos experimentales. Ejemplo de esto es el casco, la diadema o el chaleco los cuales cambian la estética y apariencia personal (Romero, 2013). Otra situación a considerar es que algunos dispositivos diseñados, aunque usan tecnología de alta gama, brindan a la persona información auditiva-táctil que conlleva a la desconcentración para la movilidad pretendiendo reemplazar los sentidos naturales de la persona invidente obstaculizando la interpretación de los diferentes ruidos y sonidos del entorno (Dunai, 2015).

Toda esta información fue la base para dar sentido a esta investigación, donde enés de generar un diseño desde el punto de vista del vidente, se detecten las necesidades reales de la persona con discapacidad visual. Así, se pretende hacer un dispositivo que sirva de apoyo para la movilidad y no se quede en lo meramente experimental.

Resultados

Datos Estadísticos tomando la base de datos del DANE, Ministerio de Salud y Protección Social y la Secretaria de Inclusión de la Alcaldía de Medellín.

Como se aprecia en la Figura 1, en los resultados del censo del

DANE (2005), se registra un 6.3% de población con discapacidad del total de la población colombiana. En 2010, la misma entidad, teniendo en cuenta los criterios dados por la Convención de la ONU (2006) y la Clasificación dada por la OMS (2006), reajusta los resultados obtenidos y muestra que la población de discapacidad real a ese momento es del 1,87% de la población total. Esto refleja una discrepancia significativa que afecta su comparación.

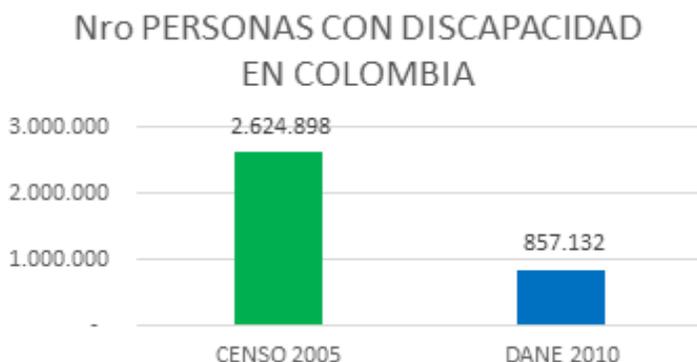


Figura 1. Discapacidad en Colombia en dos periodos 2005-2010.

Fuente: www.dane.gov.co

El ajuste dado en 2010, hace referencia a la discapacidad desde el aspecto funcional corporal, desde el órgano y desde la actividad cotidiana. Para el caso de la presente investigación, es importante mostrar la alteración de funciones corporales simultáneas, la discapacidad de ojos y la restricción en la actividad cotidiana para percibir objetos a pesar de usar lentes o gafas en Colombia, la cual se encuentra en la figura 2.

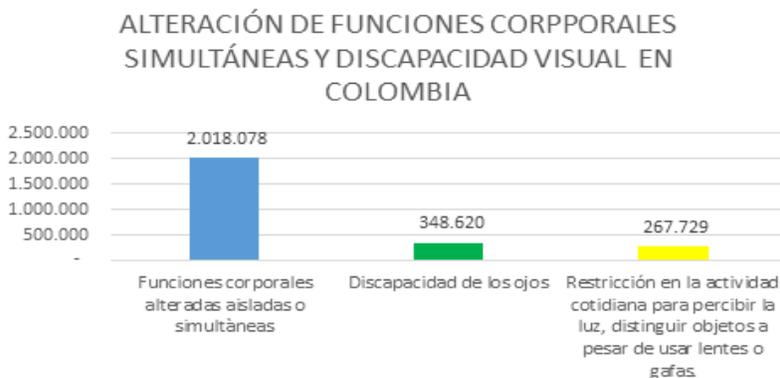


Figura 2. Alteración de funciones corporales y discapacidad visual – Colombia.

Fuente: www.dane.gov.co.

Así mismo, en la figura 3 se muestran los resultados en Antioquia junto con los casos donde la principal alteración se encuentra en los ojos y requieren ayuda o apoyo para su interacción con el entorno.

Finalmente, en la figura 4 muestra los resultados obtenidos en Medellín. Usando el resultado de la característica del DANE “la principal alteración se encuentra en los ojos y requieren ayuda o apoyo para su interacción con el entorno” de 1236 casos como la población fijado para así elegir la muestra estudio.

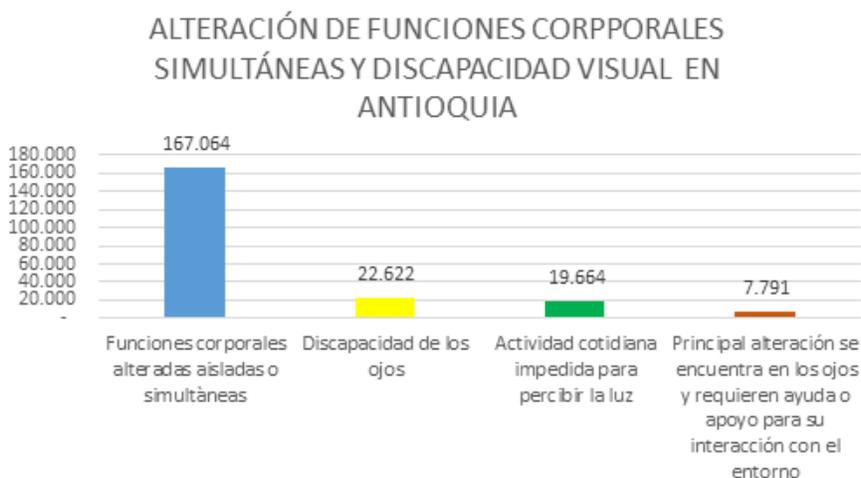


Figura 3. Alteración de funciones corporales y discapacidad visual Antioquia.
Fuente: www.dane.gov.co

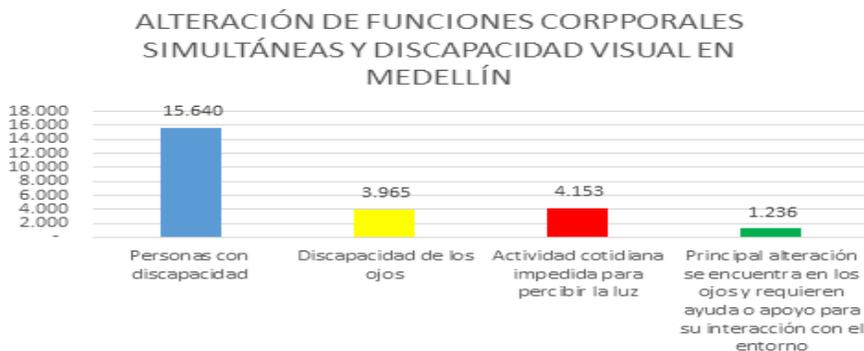


Figura 4. Alteración de funciones corporales y discapacidad visual – Medellín.
Fuente: www.dane.gov.co

También, este registro muestra una relación entre la discapacidad y el estrato socioeconómico, reflejando que el 98.03% se encuentra en los estratos 1, 2 y 3, siendo el estrato dos el de mayor población con el 52.28%. donde llama la atención el alto número de casos de personas con discapacidad en los estratos bajos, siendo éste un punto de interés para la accesibilidad para la población entrevistada. En el 2010 el DANE transfirió la información referente a la población con discapacidad al Ministerio de Salud y Protección Social, creándose así las Unidades de Generación de Datos (UGD), facilitando el registro voluntario por parte de esta población en las Secretarías municipales. De allí surge el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD) y del Observatorio Nacional de Discapacidad, siendo un instrumento de información basada en casos reales.

El Observatorio Nacional de Discapacidad a través del documento “Sala Situacional de la Discapacidad”, muestra en su último registro semestral (30 junio 2018), el total de personas con discapacidad general en Colombia, los casos registrados en Antioquia y en Medellín con dificultad permanente para percibir la luz, lo cual se puede observar en la figura 5.

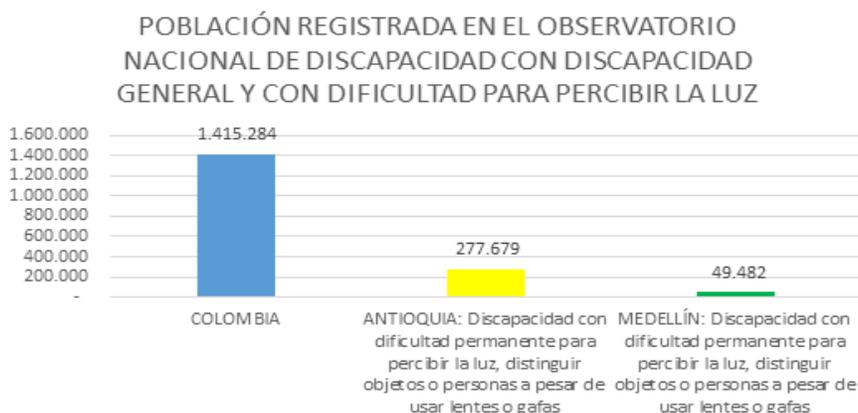


Figura 5. Discapacidad General y dificultad para percibir luz-Colombia-Antioquia-Medellín.

Fuente: www.dane.gov.co - Observatorio Nacional de Discapacidad

Desde el punto de vista del género, el Observatorio Nacional de Discapacidad informa que, en Medellín, no hay diferencia significativa en este aspecto, donde la diferencia es del 1%. Por tanto, la discapacidad no tiene nada que ver con el género. Con respecto a la edad, el 50,4% corresponde a la discapacidad en la población adulto mayor, seguida por el 18,10% de adultos y 17,1% en la juventud y la infancia. Esto refleja una relación directa entre la edad y la discapacidad visual, teniendo un impacto significativo sobre la vida cotidiana y la movilidad como actividades propias del ser humano.

Según el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD, 2018) de la Secretaría de Inclusión de Medellín, registra que las tres principales causas de discapacidad visual incluyen la enfermedad general, seguida por los accidentes y la alteración genética. Hay un porcentaje significativo de población que No Sabe o No responde, lo cual se puede atribuir a desconocimiento de la patología. Las causas relacionadas a la discapacidad se ven reflejadas en la figura 6.

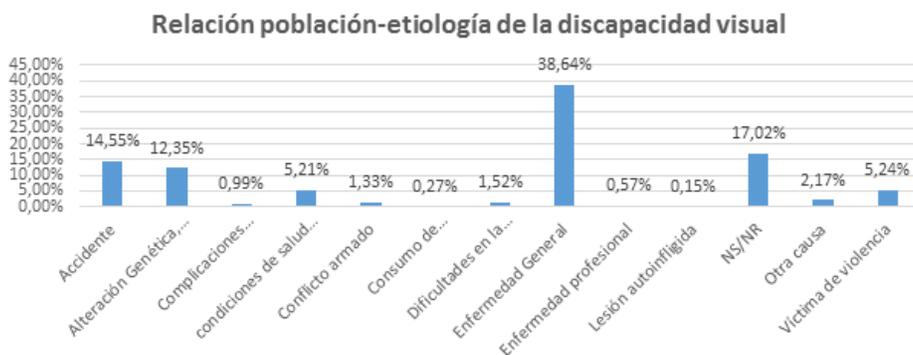


Figura 6. Relación población-etología de la discapacidad visual - Medellín
Fuente: RLCPD – Secretaría de Inclusión – Medellín

En esta investigación llamo la atención que en Colombia se tiene 3 fuentes de información de la misma temática, que son el DANE, el Ministerio de Salud y Protección Social y la Secretaría de Inclusión de la ciudad de Medellín, cuyos datos no coinciden, haciendo difícil su comparación y validez. Esto tiene explicación dado que la información del DANE es por Censo y la del Ministerio y Secretarías Municipales es por registro voluntario.

Sectorización y análisis de datos del punto de vista de discapacidad

Al realizar el análisis de la información obtenida a partir de las entrevistas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Rango de edad: la edad permite determinar los intereses, gustos, necesidades y aproximación al conocimiento y uso de la tecnología. Los entrevistados corresponden a tres categorías: Niños (9-17 años), adultos (24-55 años) y adultos mayores (mayores de 55 años).

Causa de la discapacidad visual: las causas reportadas por los entrevistados coinciden con los registros gubernamentales, siendo las causas predominantes las enfermedades maternas (toxoplasmosis, sífilis, entre otras) y las enfermedades oculares (glaucoma, cataratas, entre otras).

Diagnóstico actual: dentro del grupo de entrevistados, predomina la pérdida visual total bilateral (amaurosis) de nacimiento con un 80%, seguida por la pérdida visual progresiva. Estos resultados también coinciden con la estadística nacional.

Factor familiar: los entrevistados no reportan relaciones relevantes entre la naturaleza congénita o hereditaria de su discapacidad visual. Esto implica que los entrevistados no tienen más familiares con su misma patología o con discapacidad visual.

Autoconcepto: toda la población entrevistada ha interiorizado la discapacidad visual, aceptándola y asumiéndola como parte de su vida, con naturalidad, de esta forma su experiencia y percepción facilita el acercamiento a los dispositivos tecnológicos, en este caso, para la movilidad.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la edad es determinante para el interés y el uso de la tecnología de apoyo pues la población adulta refiere poco interés al respecto. El desarrollo de habilidades de orientación y movilidad, son fundamentales para el manejo de dispositivos para la movilidad, estos aprendizajes se

desarrollan desde la infancia y requieren el acompañamiento de la familia para generar confianza, seguridad y autonomía en el desplazamiento de la persona con discapacidad visual.

Desde la sectorización y análisis de datos del punto de vista movilidad

Una vez realizada la sectorización, tabulación y transversalización de la información, se obtuvo los siguientes resultados de mayor significancia:

A nivel de la movilidad: Se encontró que el instrumento principal para su movilidad es el bastón guía, si conocen el espacio no hacen uso del mismo, sino que su movilidad es sin ningún apoyo, es totalmente independiente.

Sí su movilidad es en desplazamientos de alta conglomeración o distancias largas, además del bastón, se apoyan en los sistemas y/o instrumentos que la propia ciudad a dispuesto para este fin como son las aceras guías, semáforos de tránsito con señales auditivas y servicios especiales de transporte no público. Adicionalmente e independientemente de estas ayudas, para este tipo de desplazamientos se apoyan en las personas guías, que normalmente es un familiar confiable.

A nivel de la dificultad que se presenta en la movilidad: la mayor dificultad que se presenta en la movilidad, es en cuanto la detección de obstáculos cuyas alturas son superiores a su cintura, donde con frecuencia se golpean fuertemente con estos.

Otra dificultad, es a nivel de la interacción con transeúntes y conductores imprudentes que de manera intencional o no o con o sin responsabilidad, la actitud e intención no es el de darles prioridad a la movilidad de las personas con discapacidad visual, ocasionando en algunas circunstancias accidentes físicos e inclusive y de mayor frecuencia el rompimiento del bastón.

A nivel de la importancia de utilizar apoyo: los entrevistados

manifiestan que el apoyo tecnológico es de gran importancia para su movilidad y solicitan que este instrumento vaya acorde a los criterios de orientación y movilidad fundamentados en el proceso cognitivo, adaptativo y educacional, que es una tarea que inicia desde los primeros momentos de detectar que la persona tiene discapacidad visual.

También solicitan que el apoyo tecnológico no altere su presentación física, fisonomía, sensibilidad auditiva y nivel de concentración e interacción con el entorno. Llama la atención que a nivel de los adolescentes no es relevante que el obtener información extra auditivamente, les dificulte en la orientación, movilidad y por ende, concentración para este proceso.

A nivel de los apoyos para movilidad: los apoyos que las personas con discapacidad visual tienen conocimiento ya sea porque lo han usado, les han comentado o han buscado en su entorno o en la web son: el bastón guía, perro y persona guía, bastón guía con vibración, aplicaciones tipo y GPS para usarlo a través del celular o reloj con posibilidades conectivas tipo GPS, las aceras guía y se han enterado de dispositivos como: las gafas, diadema, chaleco o la bota con vibración ante presencia de obstáculos, pero manifiestan que no han tenido la posibilidad y otros casos la oportunidad de conocerlos y usarlos.

A nivel de la facilidad del entorno para su movilidad: manifiestan que la ciudad, aunque cada vez hay un cambio o una mejoría que facilite a la movilidad, consideran, que tanto la cultura como la idiosincrasia de la misma población opaca el desarrollo logrado, son conscientes que es un factor educacional y que a la ciudad misma le ha dificultado en el trabajar en la inclusividad, todavía son muchas situaciones que faltan para lograr una transformación.

Lo anterior, se ve reflejado por ejemplo la alcaldía hace aceras guías, pero los vendedores ambulantes ponen sus carretillas o cubículos, hay carros o motos parqueadas sobre estas guías, cabinas telefónicas donde estas están sobre la misma acera y por último manifiestan que algunas aceras presentan muchos obstáculos (huecos, escaleras, accesos vehiculares) que dificultan su movilidad y orientación, dado que no hay algo que les avise que están en un andén con presencia de obstáculos.

Conclusiones y sugerencias

El proceso realizado con las entrevistas, fue un espacio valioso para que los entrevistados manifestaran sus percepciones, experiencias y propuestas de forma libre y espontánea.

La mayor tendencia en cuanto a la movilidad, es el uso del bastón guía, el cual hace parte de su identidad y reconocimiento social y por esta razón no están dispuestos a dejarlo o reemplazarlo por otro tipo de dispositivo.

Los entrevistados sugieren una adaptación al bastón guía, mejorando dos elementos fundamentales: vibraciones diferenciales y generación de mensajes auditivos cortos que no distraigan a la persona invidente o con baja visión en su movilidad, como por ejemplo “obstáculo a la derecha 2 metros”. Respecto a las vibraciones, sugieren que sean máximo cuatro donde se diferencie la ubicación del obstáculo (a la izquierda, a la derecha, al frente, más alto que su cintura). También sugieren que les dé una alerta sobre todo cuando la persona no toma alguna acción correctiva en su movilidad ante la detección o el anuncio del obstáculo.

Finalmente, una propuesta interesante fue generada por un adolescente quien sugiere utilizar una manilla reemplazando el bastón, siendo una alternativa factible y amigable para los adolescentes y niños y no para adultos.

Agradecimientos

Los autores de esta investigación expresan su agradecimiento al apoyo de las instituciones que participaron en el proceso de sectorización y ubicación de las personas con discapacidad visual. Estas instituciones son:

- Asociación Risas y Sonrisas
- CRAC – Fundación Hospital San Vicente de Paul
- Fundación Multis
- Fundación Waima

- IE Francisco Luís Hernández
- Programa Préstame tus ojos de la Universidad de Antioquia
- Rueda Flotante
- Unión Nacional de Limitados
- De manera muy especial a la Secretaría de Inclusión – Alcaldía de Medellín.
- Además, se extiende el agradecimiento a un grupo de personas por el apoyo en el diseño y caracterización de la entrevista, en el cómo tabular las entrevistas y en la transcripción de las mismas. Estas personas son:
 - Ingeniero Ricardo León Sánchez
 - Psicóloga Juliana Andrea Montoya
 - Fonoaudióloga Angélica López Henao
 - Estudiante Cindy Melisa Torres Torres

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Medellín (2014) Plan Municipal de Discapacidad 2010-2018. Julio 14, 2017, Sitio web: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_0/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2015/Plan%20Municipal%20Version%20Final%202014.pdf

Alcaldía mayor de Bogotá. (16 de 04 de 2018). Bogotá. Obtenido de http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/default/files/Personas_en_discapacidad.pdf.

Arregui, B. & Romero, E. (2004). Deficiencia visual. Octubre 2, 2017, de O.N.C.E. Sitio web: <http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo09.htm>.

DANE. (10 de 07 de 2011). *Realidad y contexto situacional de la población con limitación visual en Colombia*. Obtenido de www.dane.gov.

Dunai, L. e. (2015). Diseño y desarrollo de un dispositivo acústico detector de obstáculos para personas con discapacidad visual. *Interciencia*, 24-36.

Escobar, H. &. (2017). Ayudas externas para mejorar la independencia en personas con discapacidad visual. *Infomed*, 40-53.

Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de formación de posgrado_MinEdu. (4 de septiembre de 2010). *Educación Inclusiva: Personas con discapacidad visual. Modulo 6 Autonomia Personal*. Obtenido de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_6/mo6_introduccion.htm.

Ite Educacion. (20 de 07 de 2018). *Educación inclusiva*. Obtenido de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_6/mo6_introduccion.htm

Meroño, C. (2005). Ayudas Técnicas para Personas Ciegas y Deficientes Visuales. *Revista Universidad de Murcia*, 46-57.

Ministerio de Salud y Portección Social. (23 de 03 de 2018). *Convención de la ONU*. Obtenido de www.minsalud.gov.co

OMS. (2011). Informe mundial sobre la discapacidad. Malta: OMS.

OMS. (2014). Nota descriptiva No. 282. Madrid: OMS.

Romero, E. (2013). Software para entrenar el oído de las personas con discapacidad visual. *UNOCERO*, 115-123.

Suarez, J. (2011). Discapacidad visual y ceguera en el adulto: revisión de tema. *Medicina UPB*, 170-180.

Terven, J., Salas, J., & Raducanu., & B. (2013). Estado del Arte en Sistemas de Vision Artificial para Personas Invidentes.

Tirado, O., & al., e. (2011). La ceguera desde la perspectiva de los estudios de Ciencia-TecnologíaSociedad. *Humanidades Médicas*, 413-432.

Urquijo, M. (2014). La teoría de las capacidades de Amartya Sen.

EDETANIA, 63-80.

Velasco, D. (1 de Agosto de 2015). *Desarrollo de un sistema de asistencia para mejorar la seguridad en la movilidad de las personas con discapacidad visual*. Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/5809/1/79645553.pdf>

Evaluación de los parámetros de la postura como indicadores de la asimilación del conocimiento en diadas

Edwin Mauricio Hincapié Montoya¹

Resumen

Actualmente, evaluar y mejorar el rendimiento académico de los estudiantes ha sido una prioridad, sin embargo hay varios factores internos y externos que pueden afectar la práctica pedagógica en el aula de clase o en entornos de aprendizaje on-line, y actualmente, sus efectos no se comprenden completamente. Algunos proyectos de investigación han asociado la postura con el estado afectivo y cognitivo, pero por lo que sabemos, ninguno ha propuesto un enfoque para identificar un proceso de aprendizaje exitoso utilizando la postura. Por estas razones, en este artículo se propone un enfoque que utiliza un conjunto de métricas de la postura del alumno y el docente para sugerir si la relación entre el docente y el alumno fue exitosa. Para este fin, un sistema de inferencia que desde la postura del cuerpo del estudiante es capaz de determinar los estados cognitivos y afectivos asociados con diferentes experiencias de aprendizaje es desarrollado y probado.

Palabras clave: postura corporal, aula de clase inteligente, rastreo del esqueleto, práctica pedagógica.

Abstract

Nowadays the improvement and evaluation of the academic performance of students has been a priority, but there are several internal and external factors that can affect the pedagogical practice in the classroom or e-learning environments, and currently, their effects are not completely understood. Some research projects have associated posture with affective and cognitive state, but as far as we

¹ Ingeniero en Instrumentación y Control, Magíster en Matemática Aplicada, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Lugar de trabajo: Corporación Universitaria Americana. E-mail: emhincapie@americana.edu.co.

know none have proposed an approach to detect learning successful using posture. For these reasons, in this article an approach that uses a set of performance metrics of the student and teacher, in order to suggest whether the teacher-student-knowledge relationship was successful is proposed. To this end, the development of an inference system, that from the student body posture is able to determine the cognitive and affective states associated with different learning experiences is developed and tested.

Key words: smart classroom, body posture, pedagogical practice, skeletal Tracking.

Introducción

En los últimos años, ha habido varias preocupaciones sobre la calidad de las prácticas de enseñanza, en el caso de Colombia, debido a los bajos niveles de rendimiento que los estudiantes han obtenido en exámenes nacionales e internacionales como PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes). En esta prueba, Colombia se ha ubicado en las últimas posiciones entre 2006 y 2015 (Redacción vivir, 2013; Altablero, 2008). De manera similar, en otras pruebas internacionales como PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study), los resultados bajaron el promedio (Pruebas PIRLS, 2012) y TIMSS (Trend in International Mathematics and Science Study) donde Colombia participó por segunda vez, quedando clasificado en la posición 36 de 40 (Pruebas TIMSS, 2012). En general, la mayor parte de los países latinoamericanos han obtenido puntajes muy bajos en estas pruebas internacionales, algunos casos son México, El Salvador, Chile, Perú, Brasil, entre otros.

Hay muchos factores, tanto internos como externos, que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes. Los factores internos son factores directamente relacionados con los procesos pedagógicos, como las deficiencias de los docentes, el currículo inadecuado, entre otros (Salcedo, 2010). Por el contrario, los factores externos son aquellos que no están directamente relacionados con el proceso pedagógico, como la condición socioeconómica y el

nivel de educación de los padres de los estudiantes, las condiciones ambientales en el aula, entre otros (Gaviria y Barrientos, 2001b).

Por lo tanto, es importante cuestionar la calidad como parte de los procesos de aprendizaje de los docentes y su enseñanza, porque la capacidad del docente es un factor importante relacionado con estos bajos niveles de rendimiento estudiantil. Además, el maestro solo usa su percepción para determinar si está teniendo éxito en la enseñanza de un tema en particular. La capacidad de los docentes para percibir correctamente estas situaciones dentro del aula depende en gran medida de la experiencia como docente y de sus conocimientos relacionados con las prácticas pedagógicas. Además, muchas de las dificultades enumeradas anteriormente están relacionadas con la calidad y la relevancia de las prácticas pedagógicas en el aula.

Además, los maestros no siempre tienen las herramientas y los métodos correctos para interpretar las razones, los orígenes y las circunstancias involucradas en el estado de los procesos académicos de los estudiantes, o su capacitación docente es insuficiente para darse cuenta de los factores que surgen del problema (Diaz, 2006; Prendes, 2010). Por esta razón, vale la pena mencionar que los procesos pedagógicos que tienen lugar en la universidad, como en la escuela, se centran en las relaciones entre el profesor y el estudiante.

En los últimos años, se han propuesto varios enfoques basados en la medición automática de los estados afectivos y cognitivos relacionados con el aprendizaje para proporcionar una práctica pedagógica que se ajuste mejor a las necesidades del estudiante (Kapoor, Picard, e Ivanov, 2004; Craig et al. 2004; Stevenson, Bailenson y Stathatos, 2014). La mayoría de estos enfoques intentan determinar qué tipo de correlación existe entre el lenguaje postural no verbal con los estados afectivos y cognitivos asociados con el aprendizaje. Conocer el estado afectivo del estudiante durante el proceso de aprendizaje ayuda a abordar las estrategias de instrucción de una manera más apropiada en cualquier contexto educativo, es decir, aprendizaje a distancia, en la sala de clase, durante una tutoría personalizada, entre otros (Mota, 2002).

Este proceso de medición puede realizarse automáticamente para adaptarse, por ejemplo, a una plataforma de aprendizaje electrónico o para sugerir una recomendación a los profesores en el aula. El último tipo de aplicación es el enfoque de este capítulo de libro, en el que se explora, propone y evalúa un método automático para determinar los diversos estados afectivos o cognitivos asociados con el proceso de aprendizaje que ocurre dentro del aula. La mayoría del trabajo realizado hasta ahora se ha centrado en medir estos estados a través de la postura del cuerpo en plataformas de aprendizaje electrónico o escenarios diferentes a los que se pueden encontrar en un aula.

La mayoría de los estudios han evaluado la postura corporal a través de clasificadores inteligentes u observadores expertos, algunos manualmente y otros a través de sistemas de reconocimiento automático de estados afectivos posturales. Un enfoque para detectar el nivel de aprendizaje en grupos de dos personas o diadas se informó en Stevenson, Bailenson y Stathatos (2014).

En este texto, los autores propusieron medir la sincronización de los participantes durante una tarea creativa de colaboración en la que cada miembro completa una tarea de aprendizaje que involucra memorizar y recordar quince principios ambientales. Los resultados mostraron que la sincronía entre individuos es un factor importante relacionado con el nivel de comprensión o aprendizaje.

Algunos autores aplicaron diferentes métodos de inteligencia artificial para detectar automáticamente estados afectivos y cognitivos. En 1991, F.H. Kobayashi y Hara, exploraron cómo reconocer expresiones faciales básicas mediante el uso de redes neuronales (Kobayashi y Hara, 1991). Selene Mota y Rosalind Picard desarrollaron un sistema para el reconocimiento de estados afectivos para detectar niveles de interés en niños (Mota y Picard, 2003). Como método de detección, los autores utilizaron un método híbrido basado en algoritmos gaussianos mixtos y modelos ocultos de Markov. En 2007, se informó un enfoque multimodal para el reconocimiento de las emociones de las expresiones faciales, los movimientos corporales y el habla, utilizando un clasificador bayesiano e integrándolo con los niveles de decisión (Kessous et al. 2007).

Desarrollo

Métricas para analizar la postura

En el estado de la técnica, se han propuesto varias métricas para detectar estados afectivos o cognitivos relacionados con el aprendizaje, como el nivel de interés, participación o atención (Sanghvi et al. 2011; Kleinsmith y Bianchi-Berthouze, 2007). Estas métricas son formas de medir la correlación entre la postura del cuerpo y los estados afectivos, a fin de definir parámetros para el reconocimiento automático de estos estados. Estas mediciones involucran campos multidisciplinarios como ciencias exactas, social, inteligencia artificial, computación afectiva y robótica, entre otras.

Del conjunto de métricas propuestas en el estado de la técnica, un total de dieciséis métricas, detalladas en la Tabla 1, fueron escogidas (Piana y Stagliano, 2009). Se eligieron estos ángulos articulares porque son los más relevantes en la literatura para detectar el estado afectivo o cognitivo asociado con el aprendizaje (Nixon y Howard, 2013). Además, dado que el dispositivo utilizado para medir la postura del cuerpo es el sensor Microsoft Kinect, las métricas elegidas deben permitir calcularse a través de los puntos registrados por este dispositivo.

Tabla 1

Conjunto de métricas analizadas en el estado del arte

Cabeza - Torso	Ángulo 1	Cabeza, punto central entre los hombros, columna
	Ángulo 2	Punto central entre los hombros, columna, punto central entre las caderas
	Ángulo 3	Hombro derecho, punto central entre los hombros, columna
	Ángulo 4	Hombro Izquierdo, punto central entre los hombros, columna
	Ángulo 5	Cadera Derecha, punto central entre las caderas, columna
	Ángulo 6	Cadera izquierda, punto central entre las caderas, columna

Miembros superiores	Ángulo 7	Hombro derecho, codo derecho, muñeca derecha
	Ángulo 8	Hombro izquierdo, codo izquierdo, muñeca izquierda
	Ángulo 9	Codo derecho, muñeca derecha, mano derecha
	Ángulo 10	Codo izquierdo, muñeca izquierda, mano izquierda
Miembros inferiores	Ángulo 11	Punto central entre las caderas, cadera derecha, rodilla derecha
	Ángulo 12	Punto central entre caderas, cadera izquierda, rodilla izquierda
	Ángulo 13	Cadera derecha, rodilla derecha, tobillo derecho
	Ángulo 14	Cadera izquierda, rodilla izquierda, tobillo izquierdo
	Ángulo 15	Rodilla derecha, tobillos derecho, pie derecho
	Ángulo 16	Rodilla izquierda, tobillo izquierdo, pie izquierdo

El conjunto completo de puntos registrados por el Kinect utilizado para el cálculo de cada una de las métricas descritas se observa en la figura 1. Los puntos registrados son PH (cabeza), PSC (punto central entre los hombros), PHC (punto central entre las caderas) , PHR (mano derecha), PHL (mano izquierda), PER (codo derecho), PEL (codo izquierdo), PSR (hombro derecho), PSL (hombro izquierdo), PHIR (cadera derecha), PHIL (cadera izquierda), PKR (Rodilla derecha), PKL (rodilla izquierda), PAR (tobillo derecho), PAL (tobillo izquierdo), PFR (pie derecho), PFL (pie izquierdo), PS (columna vertebral), PWR (muñeca derecha) y PWL (muñeca izquierda)).



Figura 1. Puntos registrados y almacenados por la aplicación para el cálculo de las métricas.

Software desarrollado

Desde su lanzamiento en 2010, el Microsoft Kinect ha sido uno de los dispositivos de bajo costo más utilizados en diversos estudios de investigación, ya que proporciona herramientas para registrar la postura del cuerpo humano (Clark et al. 2015; Diego-Mas y Alocaide-Marzal, 2014). Su SDK (Software Development Kit) facilita herramientas para registrar diferentes tipos de flujos de datos, como los datos de la cámara a color, la cámara de infrarrojos, el sensor de profundidad y el esqueleto de la postura. Para rastrear el esqueleto de un cuerpo humano, la funcionalidad Skeletal Tracking permite que Kinect reconozca a las personas que se encuentran frente al sensor y represente la postura y el movimiento mediante un grupo de 20 puntos. Estos puntos mapean importantes marcas anatómicas del cuerpo humano.

El primer paso de procesamiento de la aplicación, es inicializar el dispositivo Kinect, después de esto, el programa procede a leer la secuencia de datos compuesta por las uniones que forman parte del esqueleto del usuario. Kinect crea este esqueleto a partir del reconocimiento de la silueta del usuario, si no se reconoce el

esqueleto de un usuario, el programa regresa automáticamente al paso de procesamiento anterior y vuelve a realizar la lectura de los datos. Si el esqueleto fue reconocido, la aplicación almacena los 20 puntos mencionados en la sesión anterior.

Después de almacenar los puntos, la aplicación realiza los cálculos matemáticos necesarios para estimar las métricas de las posturas corporales definidas. Estas métricas se almacenan en una base de datos hasta que se completa el registro de la sección educativa. Por otro lado, el Kinect SDK se utiliza para controlar y leer los datos del dispositivo Kinect, algunos de estos datos son el esqueleto de los usuarios registrados, en nuestro caso, el alumno y el profesor. Este esqueleto define la postura de los usuarios. Por lo tanto, la aplicación desarrollada registra el flujo esquelético de datos compuestos por los puntos conjuntos. Estos puntos se almacenan en una base de datos y se usan para calcular las métricas definidas en las secciones anteriores. Las métricas calculadas se almacenan en una base de datos de métricas.

Diseño experimental

Una vez diseñada y desarrollada la aplicación, se llevó a cabo una prueba experimental, para determinar si las métricas propuestas y relacionadas con el lenguaje corporal no verbal son apropiadas para inferir cuándo se está produciendo una buena o mala relación entre el maestro, el alumno y el conocimiento.

Del experimento hicieron parte dos profesores y un grupo de 50 alumnos. Con respecto a los docentes, uno de ellos era un docente calificado, con varios años de experiencia explicando en un aula el tema considerado para los experimentos. Por otra parte, el otro docente no era un docente calificado y no tenía experiencia enseñando el tema explicado en los experimentos, su única experiencia en el campo era un documento sobre el tema que leía y preparaba para la explicación. Los estudiantes se dividieron en dos grupos de la siguiente manera: el grupo 1 de estudiantes formó parte de los que recibieron la explicación del maestro experto y el grupo 2 de estudiantes fueron parte de los que recibieron la

explicación del maestro inexperto.

Cada sesión se dividió en cuatro partes. En la primera parte, cómo se describiría la sesión, se le describe al estudiante, pero no se le informó sobre qué tipo de profesor tendría durante la explicación o el tema que se trataría. Después de que el maestro explicó el tema al alumno, realizó una prueba previa en la que cada alumno respondió una serie de preguntas relacionadas con el tema explicado. El profesor y el alumno para cada sesión fueron definidos al azar. Durante la sesión, los maestros no pueden usar ningún recurso tecnológico para describir el tema, solo podrían usar un diagrama en una pizarra que el maestro dibujó previamente antes de comenzar el experimento. Se utilizaron dos dispositivos Kinect para registrar la postura y las métricas, uno de ellos frente al profesor y otro frente al estudiante. Después de comenzar la sesión, el profesor se dio cuenta de que el tiempo máximo disponible para hacer la explicación era de 5 minutos. Después de la explicación, el estudiante realizó una prueba posterior para evaluar los conocimientos obtenidos y retenidos por el estudiante y respondió una encuesta basada en la escala de Likert para obtener la percepción tanto del estudiante como del maestro.

Las variables utilizadas en este experimento para determinar si la relación entre el maestro y el estudiante fue adecuada, fueron las encuestas de percepción y los resultados de la prueba realizada por los estudiantes. Además, utilizando los dispositivos Kinect, se registró la postura del profesor y el alumno durante la explicación. La postura se definió utilizando 20 puntos registrados por el Kinect y estos puntos se utilizaron para calcular las métricas.

Resultados

En el grupo 1 del experimento, el docente que realiza la explicación fue un docente con experiencia en los temas tratados y evaluados. Por el contrario, en el grupo 2 se consideró un docente cuya experiencia explicando el tema era nula y la explicación se realizó basándose en la preparación de un conjunto de documentos relacionados con el tema. En este caso, el tema elegido para la sesión de aprendizaje fue la teoría de la comunicación.

Considerando a los estudiantes, un total de 50 estudiantes formaron parte del experimento, 25 de ellos formaron el grupo 1 y los otros 25 del grupo 2. En este grupo de estudiantes, el 38% eran mujeres y el 62% hombres. Alrededor del 90% de los estudiantes que formaron parte del experimento tienen estudios en un campo tecnológico; El 10% restante son estudiantes de pregrado. Ninguno de los alumnos tenía conocimientos previos en el tema evaluado. El rango de edad de los sujetos evaluados fue de 17-34 años.

El conjunto de datos de métricas calculadas durante las pruebas experimentales se utilizó para determinar si es posible desarrollar un método automático, basado en inteligencia artificial, para detectar el uso de la postura cuando la relación entre el maestro y el estudiante es buena o mala. Vale la pena recordar que, en nuestro caso se produce una mala relación cuando un estudiante no comprende el tema y se aburre durante la sesión de aprendizaje. Por esta razón, en la configuración experimental, el tema fue descrito por un maestro experto en un grupo y por un maestro experto en otro grupo, controlando así las condiciones entre una relación de maestro / alumno bueno y pobre.

Dos métodos de inteligencia artificial fueron aplicados como herramientas para desarrollar el clasificador propuesto. Los métodos de inteligencia artificial para la detección automática aplicada son: agrupamiento basado en c-means difusos y ANFIS. El conjunto de datos utilizado para el entrenamiento y validación del sistema se construyeron a partir de la base de datos almacenada por la aplicación durante los cinco minutos que tomó el aprendizaje de la sesión. El conjunto de datos está compuesto por las métricas elegidas para registrar la postura del alumno y el docente. Para leer y procesar el conjunto de datos en Matlab, se cambió de formato de dichos datos. Se utilizó un método de validación cruzada para el entrenamiento y validación de los clasificadores. Los resultados obtenidos para probar los clasificadores de los casos de grupo 1 y 2 se observan en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados obtenidos para probar los métodos de inteligencia artificial como clasificadores

Método	Aciertos	Desaciertos	Rechazos Correctos	Falsos positivos	Precisión (%)
Clustering	17	8	19	6	72 %
ANFIS	18	7	20	5	76 %

Conclusiones

Una revisión en el estado del arte, permitió determinar un conjunto de métricas que utilizan la postura para diferenciar entre una buena y una mala relación entre un docente y un estudiante. El nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes durante la sesión de aprendizaje caracteriza esta relación. Estas métricas elegidas se implementaron en el sistema de medición propuesto basado en el dispositivo Kinect.

Finalmente, se realizó una prueba experimental para reproducir un escenario de relación mala y buena entre docentes y alumnos, utilizando un docente inexperto y un docente experto para explicar el tema. Esta interacción se confirmó aplicando una prueba previa y una encuesta de percepción, los resultados de estos instrumentos se asocian con una relación mala o buena. De manera similar, se propusieron dos métodos de inteligencia artificial como clasificadores de la relación, de esta manera se afirma que el uso de métricas para evaluar la postura humana, y la aproximación de clasificación propuesta permite clasificar entre una buena y mala relación entre el estudiante y el docente.

Las variables de entrada consideradas para los métodos de clasificación, fueron las métricas que se usaron para determinar la relación docente-alumno y la variable de salida fue la predicción de la calificación del alumno. Por lo tanto, se consideró que una buena calificación era el resultado de una buena relación entre el docente y el estudiante. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la mejor predicción la proporciona el método ANFIS, con una precisión del 76%, y un equilibrio adecuado entre aciertos, fallos, rechazo correcto y falso positivo.

Referencias bibliográficas

Altablero.(Enero-Marzo de 2008). *Colombia: Qué y cómo mejorar a partir de las pruebas PISA*. Ministerio de Educación Nacional. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-162392.html>.

Clark, R., Pua, Y.-H., Oliveira, C., Bower, K., Thilarajah, S., McGaw, R., Hasanki, K. and Mentiplay, B. (2015). Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait & Posture*, 42(2), 210-213.

Craig, S. D., D'Mello, S.K., Gholson, B., Witherspoon, A., Sullins, J., & Graesser A.C. (2004). *Emotions during learning: The first steps toward an affect sensitive intelligent tutoring system*. In J. Nall & R.

Díaz, Q. V. (2006). *Formación docente, práctica pedagógica y saber pedagógico*. Laurus, Vol. 12. Universidad Pedagógica Experimental libertador. Caracas, Venezuela.

Diego-Mas, J. and Alocaide-Marzal, J. (2014) Using Kinect sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*, 25(4), 976 - 985.

Gaviria, A. y Barrientos, J. (2001b). "Determinantes de la calidad de la educación en Colombia". En: *Archivos de Economía*, Departamento Nacional de Planeación. No. 159.

Kapoor, A., Picard, R.W. and Ivanov, Y. (2004). "Probabilistic Combination of Multiple Modalities to Detect Interest," Proc. 17th Int'l Conf. Pattern Recognition, vol. 3, pp. 969-972

Kessous, et al. (2007). "Multimodal emotion recognition from expressive faces, body gestures and speech". In *IFIP International Federation for Information Processing, Volume 247, Artificial Intelligence and Innovations 2007: From Theory to Applications*, eds. Boukis, C, Pnevmatikakis, L., Polymenakos, L., (Boston: Springer), p. 375-388.

Kleinsmith, A. y Bianchi-Berthouze, N. (2007). Recognizing Affective Dimensions from Body Posture. En *Proceedings of the 2Nd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, p. 48 - 58.

Kobayashi, H. and Hara, F. (1991). "The Recognition of Basic Facial Expressions by Neural Network". *International Joint Conference on Neural Network*, p. 460-466.

Mota, S. (2002). *Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Affective State*. Master of Science Thesis. School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology.

Mota, S., y Picard, R. (2003). *Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Interest Level*. In *Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*.

Nixon, M. and Howard, A. (2013). "Applying Gaming Principles to Virtual Environments for Upper Extremity Therapy Games". The National Science Foundation under Grant No. 1208287.

Piana, S., Staglianò, A. (2009). *A set of Full-Body Movement Features for Emotion Recognition to Help Children affected by Autism Spectrum Condition*. InfoMus Lab.

Prendes, M. et al. (2010). *Competencias TIC para la docencia en la Universidad pública española: indicadores y propuestas para la definición de buenas prácticas*. Recuperado de http://www.um.es/competenciastic/informe_final_competencias2010.pdf

Pruebas PIRLS. (2012). Recurso recuperado de: http://timssandpirls.bc.edu/pirls2011/downloads/P11_IR_FullBook.pdf.

Pruebas TIMSS. (2012). Recurso recuperado de: <https://aquevedo.wordpress.com/2012/12/13/educacion-en-el-mundo-2012-nuevos-datos-timss-evidencian-nuevamente-precariedades-de-chile-y-a-latina/>.

Redacción vivir. (3 de diciembre de 2013). *Colombia vuelve a rajarse en las pruebas de educación pisa*. El Espectador. Recuperado de <http://www.elspectador.com/noticias/educacion/colombia-vuelve-rajarse-pruebas-de-educacion-pisa-articulo-461894>.

Salcedo, A. (2010). "Deserción Universitaria en Colombia". *Revista Academia y Virtualidad*. INSEDI. 3(1).

Sanghvi, J., Castellano, G., Leite, L., Pereira, A., McOwan, PW. And Paiva, A. (2011). Automatic Analysis of Affective Postures and Body Motion to Detect Engagement with a Game Companion. *IEEE Transactions On Systems*.

Stevenson, A., Bailenson. J., Stathatos. S. (2014). *Automatically Detected Nonverbal Behavior Predicts Creativity in Collaborating Dyads*. *J Nonverbal Behavior*.

RCM (*Reliability Centred Maintenance*) como metodología de aprendizaje y desarrollo social en el mantenimiento preventivo de Maquinaria y Equipo Industrial: caso de estudio en el Sector Textil de la ciudad de Medellín

Gustavo Andrés Araque González¹; Elkin Orlando Vélez Sánchez²; Juan David Lacharme Montoya³; Gabriel Jaime Rivera León⁴; Martha Catalina Ospina Hernández⁵

Resumen

La presente investigación aborda el estudio de la metodología RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (*Reliability Centred Maintenance*), a través de la aplicación de un caso de estudio en una empresa del sector textil de la ciudad de Medellín (Colombia), esta metodología es aplicada y sustentada a través de técnicas cuantitativas que permiten elevar el nivel de confianza asociado al tiempo de funcionamiento de la maquinaria y equipos, así como reducir los costos de reparación. La propuesta de trabajo relaciona los conceptos de la metodología RCM con la estadística inferencial, para el cálculo probabilístico del error de fallas asociado a la maquinaria y equipo con el fin de determinar la confiabilidad de un sistema o equipo. Metodológicamente, se establece un diseño cualitativo de diagnóstico, caracterización e identificación de las causas propias de fallas asociadas al equipamiento de estudio y planteamiento de una propuesta cuantitativa de solución en el mejoramiento de este tipo de fallas. El desarrollo de este modelo le permitirá a las empresas del sector confecciones como resultado cambiar el mantenimiento correctivo, no programado y altamente costoso, por modelos de gestión para el mantenimiento preventivo, que permitirán aumentar la confiabilidad en las operaciones y disminuir costos asociados.

¹ Docente- investigador Corporación Universitaria Americana Medellín- Colombia. E-mail: garaque@americana.edu.co

² Docente Tiempo Completo Universidad Nacional Abierta y a Distancia. E-mail: elkin.velez@unad.edu.co

³ Docente de Extensión Corporación Universitaria Americana. E-mail: jlacharme@americana.edu.co

⁴ Docente Tiempo Completo Universidad Nacional Abierta y a Distancia. E-mail: Jaime.rivera@unad.edu.co

⁵ Docente Tiempo Completo Universidad Nacional Abierta y a Distancia. E-mail: martha.ospina@unad.edu.co

Palabras clave: RCM, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, nivel de confianza, inferencia estadística, fallas, confiabilidad, probabilidad.

Introducción

Mendes (2011) Correa (2016) y Viveros (2013) establecen que la aplicación de la metodología RCM es muy extensa y actualmente existen innumerables fuentes bibliográficas que nos pueden dar información de diferentes experiencias que muestran la implementación de esta metodología la cual es líder a nivel mundial en conceptos de confiabilidad y liderada por empresas de clase mundial. De acuerdo con Acosta-Palmer (2011) y Dewa (2013), pese a que RCM se aplica básicamente hasta el momento a empresas de gran envergadura lo que no significa que empresas de menor tamaño o capacidad productiva como es el caso de la industria de confección textil local no puedan ingresar al conocimiento de esta herramienta, por el contrario, en la actualidad las empresas deben ser más competitivas sin importar el tamaño para lo cual deben generar utilidades cambiando el concepto de buscar más clientes a cualquier costo. En la actualidad, el objetivo es la obtención de lucro con los mismos clientes pero con una disminución en los errores productivos y en incrementos de confiabilidad de las máquinas a un bajo costo, todo esto reunido realizará beneficios en el valor del producto final que se entregará a los clientes (Cordero, 2018; Mahlangu, 2015; Lambert, 2017).

En el ámbito nacional, La precaria situación en la cual se encuentra la industria textil dado su alto índice de vulnerabilidad a flagelos como el contrabando, especialmente de prendas e insumos de contrabando en mayor número proveniente de China y el lavado de maquinaria o equipo, hace que el clúster textil local esté en crisis y requiera de alternativas metodológicas que le permitan incrementar su eficiencia y productividad, se busca con esta investigación interuniversitaria CUA-UNAD, dar inicio a un proceso de formación en RCM con conceptos muy prácticos para que de forma eficiente se generen resultados en el corto y mediano plazo de los tiempos productivos de la producción generando mayor

calidad de vida en las microempresas de confección como al personal técnico al incrementar productividad en la operación por disminución de fallas.

Mantenimiento centrado en confiabilidad-conceptos, metodología y funcionalidad operacional

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance-RCM) se define como: el proceso de control utilizado para gestionar la funcionalidad operacional de la actividad productiva al interior de la organización, considerando los elementos y herramientas necesarias para el correcto procesamiento y la gestión del factor mantenimiento del equipo industrial (Maquinaria), como lo es el presente caso de estudio. Este tipo de mantenimiento utiliza tres criterios específicos en el apoyo del flujo operacional continuo al interior de la organización: confiabilidad, disponibilidad y mantenimiento.

La confiabilidad se define como: la probabilidad que existe para que un objeto pueda dar continuidad a su funcionamiento por un intervalo de tiempo determinado. Este criterio puede ser definido bajo la formulación número 1 (Moubray, 2000):

Donde,

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e: Constante Neperiana (e=2.303)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: Tiempo

De acuerdo con la fórmula 1, se establece un R(t) como el nivel de confianza en porcentaje que un objeto puede garantizar para dar continuidad a los procesos operativos que desempeña en un intervalo de tiempo definido. Para calcular lo anterior, se utiliza una

constante neperiana (e) y la tasa de fallas (λ), la cual representa la cantidad de fallas en un periodo de operación determinado (t).

Un segundo criterio definido para dar continuidad al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es la disponibilidad. Lo anterior es definido como el periodo de tiempo de operación, expresado en términos porcentuales, que garantiza la maquinaria una vez pasa por la etapa de mantenimiento previo. A nivel cuantitativo, la fórmula 2 (Hung, 2009) define el nivel de disponibilidad que puede ofrecer un objeto cuando sufre un proceso de mantenimiento, expresado a seguir:

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (2)$$

Donde,

TMEF: Tiempo Promedio entre fallos

TMPR: Tiempo Promedio para Reparar

De acuerdo con la Formula 2, la disponibilidad del equipamiento industrial puede ser definido en función de dos variables: La primera de ella es el tiempo promedio entre fallos (TMEF), el cual se define como el intervalo de tiempo que transcurre entre fallos presentados por el objeto. La segunda variables es definida como el Tiempo promedio para Reparar (TMPR), el cual es definido como el intervalo de tiempo utilizado para realizar el mantenimiento correctivo del objeto de estudio.

El tercer aspecto utilizado como criterio y es considerado como uno de los elementos del CRM es el factor de mantenimiento. El aspecto anterior es considerado como la probabilidad de que un equipo que presenta ciertas falencias sea reparado en un periodo de tiempo determinado, el cual puede ser expresado con la formula número 3 (Echeverria & Preciado, 2008):

$$M(t) = 1 - e^{(-\mu.t)} \quad (3)$$

Donde,

$M(t)$: Es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo $t=0$ y sea concluida satisfactoriamente en tiempo t

e : constante Neperiana ($e=2.303$)

μ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t : Tiempo previsto de reparación (TMPR)

Otro de los aspectos operacionales fundamentales para el correcto funcionamiento de la metodología CRM es la definición del contexto operacional, conocido como la identificación, tratamiento y administración de los aspectos externos que influyen el desarrollo de la presente metodología (Parra & Crespo, 2012). Entre los criterios que definen el contexto se encuentran *la identificación del proceso* relacionado en la organización, sea proceso en serie, es decir, que conlleva una etapa de *producción secuencial* lógica o *producción en paralelo*, en donde se realiza un proceso de subensambles que finalmente son integrados en una única pieza final; las *redundancias*, conocidas como las actividades que no generan valor para el producto pero que de cierta forma consumen costos y tiempo en los procesos, minimizando la productividad y eficiencia interna: la identificación de estos aspectos permite controlar y realizar el plan de acción en búsqueda del mejoramiento continuo al interior de la empresa; *estándares de calidad*, conocidos también como los parámetros a seguir dentro de la organización para garantizar las condiciones demandadas por los clientes en cuanto a los productos y servicios que son ofrecidos por las empresas para sus clientes; otro aspecto a considerar son los *riesgos para seguridad*, siendo éstos como los factores inductores en la probabilidad de accidentalidad y/o de condiciones que pueden afectar la integralidad de los trabajadores; el *recurso humano* se presenta como un factor de contexto operacional si es analizado que el correcto funcionamiento de un equipamiento industrial influye en gran medida del manejo que pueda suministrarle el usuario al equipo en sus operaciones productivas; el *tiempo de reparación* y los *materiales* son los dos últimos aspectos a considerar, y de estos

depende el lapso de tiempo en mantenimiento sea dedicada para el objeto intervenido en la industria (Gangi, Ingaramo, Sastre, & Pontelli, 2012).

Como aporte final conceptual en la presente metodología, es importante resaltar que el mantenimiento centrado en confiabilidad también enfoca su control a partir del análisis estadístico industrial que le permita identificar el intervalo de confianza en búsqueda de la continuidad del proceso operativo. Lo anterior puede ser definido a partir de la Formula número 4 (Grajales, Sanchez, & Pinzon, 2006):

$$\overline{X} - z_{(\alpha/2)} \sigma / \sqrt{n} < \mu < \overline{X} + t_{(\alpha/2)} \sigma / \sqrt{n} \quad (4)$$

Donde,

\overline{X} = Media de la muestra de tamaño n

$z_{(\alpha/2)}$ = producto del valor crítico ,nivel de confianza estándar ($1-\alpha=1,96$)

$t_{(\alpha/2)}$ = producto del valor crítico ,nivel de confianza continuo ($1-\alpha=2,576$)

σ = Varianza

n = muestra poblacional

μ = Intervalo de confianza

En el mantenimiento centrado en confiabilidad según Beytía (1999) determina que las consecuencias de las fallas de los diferentes modos de fallas existentes tienen efectos significativos sobre la seguridad, operaciones, costo y medio ambiente, de allí la importancia de las acciones a establecer para evitar su ocurrencia que finalmente se traduce en costos adicionales. Por otro lado y aparte de las ya mencionadas, Moubray (2000) presenta nuevas consecuencias de las fallas como las fallas ocultas, que si bien es cierto que no causan un impacto directo en la organización, con estas se expone la empresa a impactos significativos también se presentan las consecuencias no operativas relacionadas con los costos de operación.

Con el fin de minimizar sea cualquier consecuencia como resultado de las fallas ocasionadas, se deben implementar estrategias para que sean aplicadas y que direccionen hacia la toma de decisión de la implementación del RCM obteniendo así el mejor beneficio para la organización, para ello es importante la realización de prototipos o pequeños proyectos pilotos en donde se deben especificar: alcance y objetivos del proyecto, cronograma de actividades, actores participantes con sus respectivas responsabilidades. Una vez el prototipo ha tenido éxito, se puede adoptar la estrategia RCM que mejor se adapte a las necesidades de la compañía.

Bernardo (1999) habla de tres estrategias como son: 1) El enfoque de la fuerza de tareas, ideal para organizaciones que tienen maquinaria o equipo o procesos que sufren problemas recurrentes con consecuencias serias, allí el equipo trabaja en el análisis intensivo de sistema afectado. 2) El enfoque selectivo ideal para maquinaria o equipo susceptibles a problemas crónicos difíciles de identificar como recurrentes tiempos de parada, problemas en la calidad del producto o servicio, altos costos de mantenimiento, entre otros. 3) Enfoque amplio en donde se da igual énfasis a los individuos como al rendimiento de los maquinaria o equipo, este enfoque requiere un uso de recursos intensivos, por lo que se debe planear minuciosamente y con alta atención gerencial.

Posteriormente, Viveros (2013) en estudios relacionados con RCM plantea como base para la implementación de este sistema de mantenimiento un modelo que parte de un diagnóstico inicial pero con falta de claridad en algunos elementos de dicho sistema. Díaz, et al. (2016) plantean para la implementación del RCM la definición de sistemas, funciones y contextos operacionales, establecimiento y diferenciación de la criticidad, análisis de la causa raíz, documentación de hojas de decisión para las tareas de planificación.

La metodología con RCM para las instalaciones de la organización, se encuentra orientada a evitar los fallos en las instalaciones, estas se categorizan, para estudiar las diferentes medidas preventivas como operaciones de mantenimiento, cambio de componentes en las maquinarias, mejora de diseños, actividades educativas

para estandarización de procedimientos con el personal del departamento entre otras, no se basa en históricos estadísticos ya que estos históricos demuestran que no se han tomado previamente acciones contundentes para mitigar los fallos repetitivos al interior de las instalaciones, en estos casos el RCM no es una alternativa, en su lugar se debe identificar las causas raíces. Dentro de las ventajas del sistema se tiene el aumento de la fiabilidad o la minimización de fallos disminuyendo con ello la afectación a la productividad, calidad, aumentando la seguridad. Otras de las ventajas con el sistema RCM se encuentra asociado con la disminución de los costos de mantenimiento al interior de las instalaciones.

Una vez seleccionada la estrategia para aplicar el proceso de acuerdo a las necesidades identificadas, el RCM debe aplicarse con grupos de personas entrenadas en este tipo de mantenimiento, con las capacidades de conocimiento del sistema a trabajar. Se sugiere que las revisiones se realicen de manera periódica y éstas deben dar respuesta a una serie de interrogantes que arrojen resultados de acuerdo a la predicción de posibles fallas.

En cuanto al grupo de trabajo, se recomienda que este sea conformado por entre 4 a 7 integrantes de diferentes áreas, los cuales deben recibir entrenamiento al punto de tener dominio del activo. Una vez en marcha la revisión del activo, el facilitador llena los registros correspondientes a la información del equipo (activo) y finalmente realiza las conclusiones en la hoja de decisión RCM. En cuanto a las opiniones del resto de los integrantes, se consideran enriquecedoras para el proceso y alargamiento de la vida útil del activo y la disminución de fallas, dado por el intercambio de ideas y la mejora de la comunicación y trabajo en equipo, de ahí la importancia de seleccionar un equipo proactivo para el desarrollo de estas funciones y en el que se espera que en las reuniones programadas, se lleguen a acuerdos en consenso mediante la opinión y participación de expertos para poder establecer funciones entre las que se tiene: definir la jerarquía de maquinaria o equipo (Norma ISO 14224 / OREDA), establecer las funciones de los maquinaria o equipo en su contexto operacional y finalmente la realización del diagrama funcional de bloques como la representación gráfica de los procesos que intervienen en el sistema (Bolton, 2001).

Para la estandarización del análisis de modos y efectos de falla (AMFE) se deben considerar las fallas ocurridas como las que pueden ocurrir, para ello se registra la información principal y secundaria del activo en el formato Hoja de Información. La descripción de fallas debe presentar detalles de manera concisa para seleccionar las estrategias apropiadas para su manejo. En la tabla 1 se muestra un ejemplo de hoja de información en donde se detallan las funciones, el fallo funcional, el modo de fallo y los efectos de fallo del activo.

Tabla 1:
Ejemplo de plantilla Hoja de Información RCM

HOJA DE ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA			
SISTEMA		TAG O IXXS	PLANTA O UNIDAD DE NEGOCIO
SISTEMA DE ENTRADA DE AGUA			
ACTIVO	Válvula principal		REVISADO
REV:06/05/2016			
FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODOS DE FALLO (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)
Permitir desalojar un caudal de hasta 200 m ³ /s por cada túnel.	A No permite desalojar el caudal de agua	1 No hay alimentación de tensión	Si no hay alimentación para las bombas el sistema llega al nivel mínimo de presión de operación en 9 horas. Si la ausencia de tensión es por operación de los fusibles del circuito de potencia el tiempo max. de reposición es 2h. Otro tipo de falla en el
	B Desaloja una cantidad menor a 200m ³ /seg	2 Uno de los dos túneles no se puede abrir	Aunque la capacidad es de 200m ³ /seg, se recomienda que cuando opere un solo túnel se desaloje solo hasta 150m ³ /seg y por un periodo no mayor a 1 mes.

Fuente: Larez (2017)

Para el análisis de las consecuencias de las fallas descritas por Beytía (1999) y Moubray (2000), éstas deben ser clasificadas en las siguientes categorías: consecuencias de las fallas ocultas, consecuencias para la seguridad y el entorno, consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales, dadas por los diferentes modos de fallas existentes y la importancia de las estrategias a utilizar a modo de que no se vuelvan a presentar o en su defecto minimizarlas al máximo.

En cuanto al formato de la hoja de decisión del RCM, como puede apreciarse en la tabla 2, se presentan los encabezamientos de las columnas de la hoja de decisión refiriéndose a las preguntas del diagrama de decisión de RCM: Las columnas tituladas H, S, E, O, y N se utilizarán para registrar las respuestas a las preguntas de las consecuencias de cada modo de falla: H: Consecuencia de falla oculta, S: Consecuencia en la seguridad, E: Consecuencia en medio ambiente y O: Consecuencias en la operación. Las tres columnas

tituladas H1, H2, H3, etc. registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y qué tipo de tarea, las columnas H4 y H5, o la S4, permiten registrar esas respuestas.

Tabla 2.

Ejemplo de formato Hoja de Decisión

HOJA DE TRABAJO DE DECISION		Centro de emplazamiento: CCECC - VALLE DE ZONGO - PLANTA HUNJ - H841										Fecha Inicio:	Hoja: (Hoja X de Y)						
Referencia		Evaluación consecutiva			Temas alternativos			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:									
P	PF	MP	H	S	E	O	B1				B2	B3	H4	H5	S4				
2	A	1	S	N	N	S	N				N	S							

Fuente: Gonzáles (2015)

En las últimas tres columnas se registraron las tareas que han sido seleccionadas, para la selección de las tareas, deben ser técnicamente factibles y teniendo en cuenta el orden del proceso, para ello el RCM propone algunas: tarea a condición, tarea de reacondicionamiento cíclico, tarea de sustitución cíclica, tarea de búsqueda de fallas, rediseño obligatorio, ningún mantenimiento programado y rediseño justificado y finalmente decidir las frecuencias de las tareas establecidas.

Aplicación de la metodología para el mantenimiento preventivo de Maquinaria y Equipo Industrial: Caso de estudio en el Sector Textil de la ciudad de Medellín.

En general, el sector textil confecciones comprende aquellas empresas encargadas de obtener y transformar tres insumos básicos: algodón, lana y fibras sintéticas; abarcando desde la producción de hilos y telas, hasta la elaboración de prendas de vestir a través de procesos de tejido de punto y plano. En este sentido, el primer eslabón de la cadena textil confecciones corresponde al rector primario, donde se cultiva el algodón, se desmonta y se embala para su posterior comercialización. Este algodón es procesado por las hiladoras dando como resultado, hilos con diferentes características técnicas, asociadas a su posterior uso. Las empresas de hiladoras, proveen insumos a las fábricas textiles,

quienes, a partir de diferentes tipos de hilos, producen telas de diferentes estilos y colores. Finalmente, en el último eslabón de la cadena, se encuentran las empresas de confecciones, quienes son las encargadas del diseño y elaboración de las prendas de vestir, a partir de los diferentes tipos de telas suministradas por las fábricas textiles, y teniendo en cuenta aspectos como las tendencias del mercado y las zonas geográficas en la cuales se ubican sus clientes (Cervera, José, Herrera, José, & de la Hoz Granadillo, 2011).

Las empresas del sector textil confecciones en Medellín y el Área Metropolitana están divididas en: unas pocas empresas grandes, quienes poseen los recursos para adquirir máquinas de última tecnología, como por ejemplo Enka de Colombia, Coltejer, Fabricato, Protela, Gef, entre otras (Arias, 2016); y otras muchas pequeñas empresas que generalmente subcontratan con talleres, los cuales tienen en presencia en todo el Área Metropolitana. Estas pequeñas empresas y estos pequeños talleres, no poseen el músculo financiero para adquirir tecnologías de última generación, y adicionalmente, no cuentan con herramientas que le permitan mejorar la productividad.



Figura 1. Cadena de la confección textil.

Fuente: Los autores

En este sentido, la metodología RCM le permitiría a las grandes empresas, disminuir los tiempos por paro de máquinas, aumentar la confiabilidad de los procesos y por consiguiente el nivel de servicio al cliente, disminuir costos por parada de maquinaria y deterioro de esta, debido a que si a una máquina se le aplica mantenimiento teniendo en cuenta un plan de confiabilidad, este mantenimiento evitará que las máquinas fallen y que se genere un daño mayor, puesto que el mantenimiento será realizado antes de que estas lleguen al punto crítico de falla. Para aquellas empresas pequeñas y talleres de confección, la metodología RCM, les permitirá tener un plan de mantenimiento que le garantice a sus

clientes la confiabilidad en cuanto tiempos de espera, dado que el riesgo de falla de la maquinaria será minimizado. Adicionalmente, le permitirá aumentar la productividad, dado que antes de aplicar la metodología es importante que los procesos estén estandarizados. Y teniendo en cuenta la alta competencia que existe en el sector, debido entre otras cosas a la amplia oferta internacional que existe en productos para toda la cadena y a sus bajos precios, es importante que las empresas locales implementen estrategias y metodologías que les permitan mejorar su productividad, eliminando desperdicios, tiempos de espera y disminuyendo con esto, los costos de producción.

Si nos centramos específicamente en la industria de la confección, tenemos que este es un subsector bastante tradicional en su estructura tecnológica, puesto que el 90% de la maquinaria está representada por tipos de máquinas fundamentales (plana, fileteadora, recubridora, enresortadora, tres agujas entre otras), utilizadas por unidades productivas llamadas talleres, donde la mayoría trabajan a terceros, estas pequeñas empresas poco recurren a un plan de mantenimiento puesto que trabajan el día a día, por tanto una metodología tipo RCM, tiene cabida pero es poco utilizada dada la naturaleza de sus administraciones, es de aclarar que se encuentran grandes empresas maquiladoras como es el caso de cijeans, donde cuentan con maquinaria de primera generación donde la metodología RCM, es de gran utilidad para mantener productiva la planta en sus tres turnos de trabajo. Por último la comercialización de las prendas en un alto porcentaje se realiza en el comercio minorista y de grandes superficies, donde esta última es la más proclive a utilizar la metodología (Legiscomex, 2012).

Tabla guía de aplicación y comparación de la metodología RCM vs la metodología clásica de mantenimiento

El sector textil, en especial el de confección en el caso de la ciudad de Medellín, posee maquinaria de baja complejidad en la mayoría de empresas donde básicamente el mantenimiento es aplicado más de forma correctiva que predictiva, por lo que una tabla comparativa entre las metodologías clásicas de mantenimiento comparado con RCM, puede ser un aliciente para iniciar el estudio de su aplicación (Costa B, 2010).

Tabla 3.
Comparativo entre los mantenimientos clásico y mantenimiento con metodología RCM.

Mantenimiento clásico	Mantenimiento por RCM
Busca preservar maquinaria o equipo físicos con sus respectivas funcionalidades	Se ocupa de mantener vigentes las maquinarias o equipos, con sus funciones debidamente actualizadas.
Plantea rutinas que buscan prevenir las fallas	Plantea rutinas para evitar, reducir o eliminar las consecuencias de las fallas.
Busca optimizar la disponibilidad de la planta a un costo mínimo	Interviene todos los aspectos de la efectividad de los negocios: la seguridad, la integridad ambiental, la eficiencia energética, la calidad de los productos y servicios al cliente, no solo la disponibilidad
Las fallas de los equipos tienden a incrementarse con el tiempo de funcionamiento.	El mantenimiento predictivo hace que las fallas no tienden a ocurrir a medida que los equipos envejecen.
Se prevé acuerdos entre los fabricantes y proveedores para desarrollar programas de mantenimiento para maquinaria o equipo físicos nuevos, básicamente en términos de garantías.	Los desarrolladores y comercializadores de equipos solamente poseen un papel limitado en el desarrollo de programas de mantenimiento para maquinaria o equipos nuevos, la empresa genera su propia rutina.
Se plantea un programa de mantenimiento exitoso y perdurable por su cuenta	El programa de mantenimiento es exitoso y perdurable si es desarrollado entre el personal de mantenimiento y usuarios de la maquinaria o equipo, trabajando juntos.
Solo es posible que se elaboren las políticas de mantenimiento, por los directivos de la compañía, y los planes de mantenimiento establecidos por especialistas calificados o por contratistas externos.	Las políticas de mantenimiento son establecidas por las personas que están más cerca de la maquinaria o equipos. La responsabilidad de la dirección y la gerencia es proveer las herramientas que les permita tomar las decisiones correctas.
Mejorar el diseño es la ruta más confiable para mejorar el comportamiento de un activo existente que tiende a fallar constantemente.	Es más económico tratar de mejorar el comportamiento de un activo no confiable mejorando la forma en que es operado y mantenido, revisando el diseño sólo si tal solución no logra el comportamiento deseado.

Fuente: Adaptado de Costa (2010)

Análisis y Resultados

A través de lo expuesto en el presente trabajo, se ha querido dar una mirada analítica a partir de aplicaciones prácticas reales, a lo que son los beneficios y posibilidades que ofrece la aplicación de la metodología RCM, que nos permita descubrir las posibles fallas, y más allá de las fallas las causas que provocan las fallas funcionales del sistema, a través de la comprensión lógica del sistema productivo.

Luego de realizar una exhaustiva revisión de la literatura, se encontraron diferentes aplicaciones de la metodología, por ejemplo: Marulanda (2017), aplica la metodología para analizar el proceso DryEnd de corrugado del cartón (proceso en seco), a partir de este análisis identifica las variables de mayor incidencia en la confiabilidad del proceso y finalmente plantea un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para dicho proceso; Cárdenas (2011), aplica la metodología para identificar fallas en los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de los equipos y vehículos de una empresa que fabrica y repara estructuras y embarcaciones, una vez identificadas las fallas, definen soluciones para estas y propone un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos y estructuras; Ruíz (2016), aplica la metodología para diseñar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para las máquinas de una empresa de confecciones, en total se analizaron 40 máquinas circulares, analizando la situación inicial de las máquinas, identificando un nivel de confiabilidad del 13,62%, unas pérdidas en tiempo de 1552 h/año, lo cual refleja que la situación inicial de las máquinas de la empresa era crítica y requería una intervención inmediata, mediante un análisis criticidad, se identificaron seis fallas críticas para este tipo de máquinas: variador de velocidad, disparos de agujas, detectores de tela, alimentadores positivos (Memminger), inadecuada colocación de agujas y falta de lubricación. Luego de aplicar la metodología, se logró aumentar la confiabilidad de las máquinas del 13,62% inicial, hasta un 85,5%. Es bueno recordar que este es el único caso de aplicación de la metodología RCM al sector textil que se pudo documentar.

Conclusiones

La metodología RCM en su propósito fundamental, procura determinar los requerimientos de mantenimiento de sistemas en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los sistemas, ver cuáles son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. Es entonces a partir de la evaluación de las consecuencias en que se determinarán las estrategias más adecuadas al contexto de operación, requiriéndose que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

Cuando se aplica correctamente la metodología del RCM en empresas como la del sector textil, es posible obtener beneficios significativos en cuanto a los rendimientos operativos y optimización de los costos de mantenimiento al extender la vida útil de los equipos involucrados en el proceso. Este panorama, le ofrece una mayor eficiencia en el uso de los recursos del sistema productivo.

Las empresas de confección de Medellín y del Área Metropolitana se caracterizan por la falta de automatización de los procesos; generalmente la confección es tercerizada y se tiene poco control sobre la productividad de los talleres. Aplicar la metodología RCM a los talleres de confección, le permitiría tanto a las empresas maquilas como al resto de las empresas de la cadena de producción, aumentar su eficiencia en tiempos y calidad, y aumentar el nivel de servicio al cliente. Las maquilas, que son el grueso de la producción textil en la región, se beneficiarían disminuyendo tiempos de entrega, aumentando la calidad de los productos confeccionados y mejorando sus márgenes de rentabilidad.

Referencias bibliográficas

Acosta-Palmer, H. R.-F. (2011). Auditoria integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 107-118.

Alagaraja, M. (2010). Lean Thinking as applied to the adult

education environment. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 51-62.

Arias, F. (31 de Enero de 2016). *6 empresas del sector textil-confección destapan cartas para 2016*. El Colombiano. Obtenido de <http://www.elcolombiano.com/negocios/empresas/proyectos-de-la-industria-textil-confeccion-colombiana-YF3513753>

Arrieta , J. G., Romano , M. J., & Botero , V. E. (2010). Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellin. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 141-170. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5007#.WZpQ5D6GPiV>

Arrieta, J. G., Muñoz , J. D., Salcedo , A., & Sossa , S. (2011). *Lean Manufacturing Implementation in Colombian Industry*. Literature Review of Thesis. Medellín: 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.

Camacho Rios, M. T., & Cubillos Castaño, N. M. (2013). *Desempeño del sector textil - confeccion 2008 -2012*. Bogotá: Superintendencia de sociedades.

Cordero, O. &. (2018). Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro haes, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología fmeca. *Investigación & Desarrollo*, 129-142.

Corrêa, R. F. (2016). Mathematical modeling for optimization of periodicity in the preventive maintenance plans. *Gestão & Produção*, 267-278.

Costa B, M. (2010). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Dewa, M. &. (2013). Managing bottlenecks in manual automobile assembly systems using discrete event simulation. *South African*

Journal of Industrial Engineering, 155-166.

Domínguez, V. H. (2011). *La calidad en los sistemas de gestión del conocimiento*. Merida: Universidad Autónoma de Yucatán.

Echeverría, F., & Preciado, E. (2008). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Subestaciones del Sistema Nacional de Transmisión. *EPN Quito*, 34-79.

Escalda, I., Jara, P., & Letzkus, M. (2016). Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing. U. T. Chile, Ed., 26-55.

Frausto Dávila, C. A., Topete, G. E., & Saldaña Valadez, A. M. (2015). La Metodología Lean como auxiliar en el desarrollo de competencias educativas y laborales. *Revista Electrónica ANFEI digital*, 1-13.

Gangi, S., Ingaramo, R., Sastre, J., & Pontelli, D. (2012). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, ejemplo de aplicación en la industria farmacéutica*.

Grajales, D., Sanchez, O., & Pinzon, M. (2006). La confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scienza et technica*, 15-45.

Hung, A. (2009). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Industrial. *Ingeniería Energética*, 13-a.

Lambert, K. R. (2017). Supporting high-technology systems during periods of extended life-cycles by means of integrated logistics support. *South African Journal of Industrial Engineering*, 125-132.

Larez, A. (2017). Ingeniería de Mantenimiento: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) (Parte 3). *Enova*, 1-15.

Legiscomex. (2012). Inteligencia de Mercados-Textiles y confecciones en Colombia. Legiscomex, 13-37. Obtenido de <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/documento->

completo-estudio-de-mercado-sector-textil-confecciones-colombia-2012-actualizado-legisocmex.pdf

Mahlangu, B. P. (2015). The impact of the maintenance management system: A case study of the PetroSA GTL refinery. *South African Journal of Industrial Engineering*, 167-182.

Mendes, A. A. (2011). The quantitative support necessary for the operation of Reliability Centered Maintenance (RCM). *Production*, 583-593.

Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impact of Lean Manufacturing, Sustainable Manufacturing and Continuous Improvement on Operational Efficiency and Environmental Responsibility in Mexico. *Información tecnológica*, 15-32.

Moubray, J. (2000). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad-RCM. Gran Bretaña : Biddles ltd.,, 1-156.

Parra, C., & Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos. *Ingecon*, 638-654.

Quesada, M., & Arrieta, J. (2015). Study of the Application of Lean Manufacturing Techniques in Medellin Baking Industry. *EAFIT University*, 1-10.

Viveros, P. S. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 125-138.

Análisis para estructuración del sistema de costos del proceso de cuentas médicas en una empresa del sector salud: diagnóstico, estudio de tiempos y movimientos y costeo ABC un caso de estudio

Gustavo Andrés Araque González¹; Juan David Lacharme Montoya²;
Daniel Rodríguez Vásquez³

Resumen

Uno de los ejes de competitividad y evolución en las organizaciones del sector salud a nivel nacional es el desarrollo de la estrategia financiera y contable al interior de sus procesos operacionales. El correcto análisis, identificación y asignación de costos en las actividades operacionales permitirá a los directivos la correcta gestión presupuestal en la organización y mejoramiento continuo de procesos internos y aumento de la calidad de servicio al cliente. En busca de los objetivos anteriores, el presente caso de estudio está orientado a la estructuración de un sistema de costos aplicado al proceso de auditoría de cuentas médicas en una empresa del sector Salud, a partir de tres momentos principales: 1) diagnóstico inicial para la identificación, análisis y propuesta de solución de los hallazgos al interior del proceso; 2) estudio de tiempos y movimientos en el análisis operacional de los trabajadores y costos asociados; 3) estructuración de sistema de costos ABC con la identificación de las actividades que se ejecutan en el lugar de trabajo y la asignación a su respectivo centro de costo, de acuerdo al departamento operativo. Los resultados obtenidos evidencian un aumento de la eficiencia de los costos operacionales con la implementación de la metodología de estudio.

Palabras clave: costeo ABC, estudio de tiempos y movimientos, proceso cuentas médicas, sistema de costos basado en procesos.

¹Docente-Investigador Corporación Universitaria Americana. E-mail: garaque@americana.edu.co. Medellín- Colombia

²Docente de Extensión Corporación Universitaria Americana. E-mail: jlacharme@americana.edu.co. Medellín- Colombia

³Estudiante de Intercambio-Corporación Universitaria Americana. E-mail: rvd0141115@upemor.edu.mx. Jiutepec México

Introducción

Actualmente las empresas se encuentran inmersas en un entorno de competitividad, que exige una mejora constantemente, en cuanto a productividad, competitividad y reducción de costos, lo que implica poder contar con mayor y mejor información acerca de la operación y los recursos que son utilizados. Cuando las empresas se proponen a mejorar, los sistemas de costeo tradicionales se tornan obsoletos dado que los mismos se limitan a determinar correctamente el costo de los productos, para valorar inventarios, costear productos vendidos y calcular utilidades. Esta incapacidad de los sistemas de costeo tradicional y la gran cantidad de actividades que se desarrollan en las organizaciones, hacen que se requiera implementar sistemas de costos que se adapten más a su operación. En este sentido durante los últimos años se han desarrollado nuevos métodos de costeo, como lo es el costeo basado en actividades (ABC), el cual se centra en la:

“acumulación de los costos que generan las actividades del proceso, de tal manera que facilitan la adopción de medidas o acciones encaminadas a la mejora continua y a la reducción de costos, así mismo presentar información exacta, completa, oportuna, comprensible y sin distorsiones o distracciones, para que la gerencia tome decisiones acertadas” (Hicks, 1997, pp. 15-81; Cuevas Villegas, 2004).

Todas las empresas tienen como objetivo el crecimiento, sostenibilidad y rentabilidad, por lo que requieren conocer los costos de cada uno de sus productos y servicios, para tomar decisiones, y así lograr realizar una distribución adecuada de recursos, basados en buena medida en información de costos. En búsqueda de lo anterior planteado es que se encuentra la propuesta de trabajo del presente proyecto para estructurar un sistema de costos basado por actividades (ABC), el cual tiene como propósito implantar un sistema de costos para una organización en donde sea posible establecer una conveniente gestión de los costos, que le permita a una organización contar con una adecuada planificación y control de los recursos (humano y financiero) (Torres Hinestroza, 2012). El desarrollo del trabajo se encuentra abordado a través de

tres capítulos. El capítulo 1 se refiere al diagnóstico inicial de la organización, el cual permita conocer en detalle el funcionamiento actual de la empresa y caracterizar el proceso, el capítulo 2 se enfoca en el estudio de tiempos y movimientos como estrategia para el análisis y mejoramiento del proceso y finalmente el capítulo 3 se ofrece como una alternativa de planeación para estructuración del sistema de costos.

Diagnóstico del proceso de auditoría de cuentas

A partir del diagnóstico inicial se tiene una caracterización del proceso de *Cuentas Medicas*, lo que permite conocer en detalle los principales elementos y características del proceso, así como su situación actual, de manera que se puede conocer el funcionamiento del mismo. Como resultado de este ejercicio de recolección de información, análisis y caracterización del proceso, Cerezo (2013), Escalante (2010) y Arango Cardona (2009) identifican algunos aspectos generales que son de vital importancia dentro del buen funcionamiento del proceso e influyente en la productividad actual de las compañías de salud, estos además se encuentran directamente relacionados con los costos del servicio:

En la presente investigación, fue realizado un diagnóstico inicial con respecto a las principales actividades operativas de la organización, encontrando los siguientes hallazgos: *a) Planeación de la producción*: Dadas las condiciones de operación de la compañía, las cuales actualmente responden específicamente a la dinámica del cliente, se puede apreciar que la empresa no cuenta una planeación en cuanto a su producción se refiere. De acuerdo con Rencoret (2003) y Llanos Zavalaga (2002), la producción depende en gran medida del volumen de factura suministrado por el cliente. Como consecuencia de esto no es posible definir una planeación adecuada de los recursos necesarios para la operación periódica, esto influye directamente en el nivel de respuesta al cliente y su costo asociado; *b) Gestión de recursos*: Dado que la producción de la empresa depende del volumen de facturación generado por el cliente, y este es variable, Méndez (2010), Zevallos (2011) y Artaza Barrios (1997) argumentan que es necesario se genera un entorno

de incertidumbre en cuanto a la necesidad de recursos requeridos para la ejecución de los procesos de prestación del servicio. Para una apropiada gestión de los recursos se hace necesario poder realizar una adecuada proyección de la demanda de servicio que apoye la planeación, gestión de los recursos y nivel de respuesta al cliente; c) *Eficiencia del proceso*: se identifican diferentes ritmos de producción entre cada uno de los subprocesos, y sabiendo que se trata de una producción secuencial, en la cual una etapa depende de la anterior, esto afecta balance del proceso. Mayer (2010), Margolis (2013) y Vidal Ledo (2017) establecen que el nivel óptimo de productividad y eficiencia puede depender del balance de la línea de producción de manera que no se presenten cuellos de botella que afecten el flujo entre los subprocesos, y funcionen de manera sincrónica; d) *Tiempo de respuesta al cliente*: actualmente la compañía no tiene establecido un estándar promedio para los trabajos de cada subproceso involucrado en la prestación del servicio de Auditoría de Cuentas, lo que implica que, así como no se conoce las necesidades de recurso, tampoco sea posible conocer y cuantificar el tiempo invertido para cada una de las actividades ejecutadas en la prestación del servicio, esto que implica no poder conocer con claridad el tiempo necesario en la respuesta al cliente (Karesh, 2009; Aldana, 2001; Kobusingye, 2005; Bleich, 2009).

Desarrollo metodológico del estudio de tiempos y movimientos en una empresa de salud

El estudio de tiempos y movimientos hace referencia a toda una metodología de desarrollo al interior del área de trabajo en cada uno de los departamentos que conforman las organizaciones.

El estudio de tiempos y métodos es una herramienta de desarrollo del trabajo eficiente que busca la determinación de estándares de tiempo a partir de estimaciones, registros históricos y/o procedimientos de medición en donde se identifican las principales actividades que conforman un trabajo y se les vincula un periodo de tiempo específico de acuerdo a la ejecución de la tarea desarrollada, siendo éste denominado como estándar de tiempo justo (Niebel & Freivalds, 2009, págs. 327-353; Sarduy Domínguez, 2007; Pérez Rave, 2011).

Dentro de los tiempos estándar analizados para los puestos de trabajo, existen “factores de tiempo que deben ser considerados para los trabajadores, como justificación y equivalencia de tiempos laborales justos para el total de la fuerza Laboral, conocidos también como las holguras de tiempo en el trabajo” (Moreno, 1988; Mundel, 1970). Estas holguras, puede ser consideradas como constantes o variables, dependiendo del grado de afectación al operario en los diferentes aspectos en los cuales desempeña sus tareas (Vélez, Montoya, & Oliveros, 1999).

Una de los sectores que busca este desarrollo de estándares de tiempo para los puestos de trabajo es el sector salud (Menolli, 2009; Brissón, 2005). Un caso de estudio se presenta en la ciudad de Medellín, Colombia, en una empresa del sector responsable por el proceso de auditoría de cuentas médicas de las facturas de sus clientes. La necesidad de desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos al interior de la organización se justifica a continuación: La organización cuenta con un total de 65 empleados en la sucursal analizada, siendo estos distribuidos en 3 sectores de actuación principal: Alistamiento, siendo responsables por la digitalización de facturas médicas para ser ingresadas en el sistema informático interno; Verificación, encargados de confirma la validez de la información de los datos reales (datos de la factura) en relación con los datos suministrados por el sistema después de pasar por el proceso de digitalización; finalmente el proceso de Auditoría, responsable por la revisión profesional y detallada de cada uno de estos elementos descritos en las facturas y ejecución de las respectivas observaciones, caso se generen incongruencias con los valores facturados de los clientes.

Para solucionar los planteamientos anteriormente mencionados, se desarrolló una metodología de trabajo para los estudios de tiempos y movimientos de la empresa del sector salud, en búsqueda del cálculo de los tiempos estándares para cada una de las actividades propias de las áreas de trabajo y la solución de las dificultades por las cuales atraviesa esta empresa actualmente. Se establece un patrón de desarrollo planteado en 10 pasos principales los cuales se presentan a seguir.

Selección del trabajo

Para el análisis de los datos en el estudio de tiempos, se definieron 9 escenarios correspondientes a las actividades más representativas del proceso, en combinación con los diferentes tipos de facturas que son procesadas en la empresa de Salud, esto con el propósito de lograr caracterizar de una manera más adecuada los objetos de estudio del proceso. Estos son presentados en la figura 1.



Figura 1. Categorías de escenarios analizados en un caso de estudio del sector Salud Colombiano. Elaboración de los autores.

Como puede ser observado en la figura 1, las tres áreas de trabajo de la organización fueron segmentadas las actividades de procesamiento de tres tipos de facturas diferentes para cada una de ellas: La factura tipo Cápita, con montos de valor monetario a precio fijo mensual; factura tipo evento, siendo esta las facturas ejecutadas a partir de la descripción de actividades médicas atendidas (siendo cada una un detalle de servicio) en un único escenario de atendimento; finalmente se encuentra la factura tipo subfactura, siendo el conjunto de servicios atendidos en diferentes establecimientos (Subfacturas) y siendo finalmente facturados por una única entidad promotora de salud (Factura). El resultado de las tres áreas de trabajo, analizando cada una tres tipos de facturas

diferentes, genera dentro del estudio de tiempos 9 escenarios diferentes, los cuales fueron estudiados de manera detallada.

Selección de trabajadores y preparación

Para la observación y análisis de los datos fueron considerados en el estudio el “trabajador calificado”, siendo esta persona la responsable por la ejecución de sus actividades laborales en un rango de desempeño normal en comparación con los trabajadores de su área. Este factor de trabajador calificado fue determinado por cada uno de los líderes de las diferentes áreas de trabajo de la empresa de Salud, siendo los agentes poseedores de la competencia (conocimiento interno de trabajadores) para la selección de las muestras a ser analizadas de los usuarios de cada área.

Obtener y registrar información

Uno de los aspectos importantes a ser determinado en el estudio de tiempos y movimientos es la obtención y registro de la información a ser estudiada (Cruz & Matiello, 1981). Para conseguir lo anterior, los investigadores definieron una serie de variables fundamentales para el correcto análisis de la investigación planteada, siendo presentado a seguir: *Número de Factura*: Código interno asignado por la empresa para la factura; *Tipo de Factura*: Tipología de las facturas (Cápita, evento, subfactura); *Cantidad de detalles*: Cantidad de servicios que fueron prestados por la EPS; *Cantidad de Imágenes*: Cantidad de hojas que fueron digitalizadas por factura; *Código de paquete radicado (subfactura)*: Código interno asignado por la empresa para la subfactura; *Sucursal*: Departamento donde fue realizada la investigación (Antioquia); *Usuario* : Código de trabajador; *Fecha de actividad*: día, mes y año en el cual fue ejecutada la actividad; *Hora inicio de Actividad*: Ventana de tiempo Inicial de la actividad de alistamiento; *Hora fin Actividad*: Ventana de tiempo Final de la actividad de alistamiento.

Comprobar el método

Es importante que en esta fase del estudio de tiempo y métodos

del proceso de cuentas médicas de la empresa de salud esté claramente definida la metodología de trabajo en las áreas a ser estudiadas, esto con el objetivo de obtener tiempos reales fiables en relación a las muestras que van a ser analizadas. Para lograr lo anterior, es importante realizar una diferenciación, caso exista, de los diferentes métodos de trabajo que pueden ser abordados en las áreas operaciones del sector salud (Martínez & Karla, 2001; González, 2015).

Descomponer la tarea en elementos y delimitarlos

Dada la gran variabilidad entre los diferentes elementos que son auditados a través del proceso, se hace necesario garantizar el correcto análisis de los datos (observaciones de tiempos) obtenidos del proceso, sean delimitados y diferenciados en el análisis. Para la consecución de lo anteriormente mencionado, es importante definir como elementos de estudio los correspondientes nueve escenarios establecidos desde la selección del trabajo, como es ilustrada en la figura 1.

Análisis y discusión de los resultados

Una vez planteada la propuesta metodológica presentada para el desarrollo del estudio de tiempos y métodos al interior de la organización, el paso a seguir es al análisis de los resultados, los cuales fueron procesados en una hoja de cálculo del software Microsoft Office Excel 2013 para Windows, herramienta informática en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Determinación del tamaño de la muestra

En el presente estudio se dio abertura a un análisis a mayor nivel de detalle planteado por la misma metodología de estudio de tiempos y movimientos, descrito a seguir:

- a) Toma muestral inicial: Se realizó una selección aleatoria inicial de datos por cada trabajador en cada lugar de trabajo, con un tamaño muestra inicial entre 20 y 30 datos de análisis inicial ;b) Determinación de tamaño muestral ideal para estudio

de tiempos y movimientos: Existe un cálculo estadístico para la determinación del tamaño muestral a ser considerado para cada escenario analizado desde la metodología de estudio de tiempos y movimientos, el cual es presentado en la Fórmula 1:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

Donde:

n= Tamaño de la muestra a calcular

n´= Número de observaciones del estudio preliminar

X= Valor de las observaciones

Σ = Sumatoria de datos

Usuario	n´	X [□]	X ²	TAMAÑO MUESTRAL
jjhenao	1	0,05	0,0025	$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$ Nivel de confianza=95,45% Margen de error=±5% 
jjhenao	2	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	3	0,03333333	0,001111111	
jjhenao	4	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	5	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	6	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	7	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	8	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	9	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	10	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	11	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	12	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	13	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	14	0,03333333	0,001111111	
jjhenao	15	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	16	0,03333333	0,001111111	
jjhenao	17	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	18	0,03333333	0,001111111	
jjhenao	19	0,01666667	0,000277778	
jjhenao	20	0,03333333	0,001111111	
jjhenao	21	0,01666667	0,000277778	
Σ	21	0,4666667	0,0122222	n 285,7142857

Por lo tanto a los 21 datos iniciales se le deben sumar otros 286 datos

Total n	307
----------------	------------

Figura 2. Ejemplo de determinación de tamaño muestral para un trabajador de la actividad de verificación de facturas tipo evento, en el caso de estudio del sector salud.

Fuente: Elaboración de los autores.

La fórmula anteriormente mencionada y de acuerdo a la literatura de estudio de tiempos y movimientos, garantiza la obtención de un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% sobre los datos analizados, siendo un indicador altamente relevante para los objetivos de análisis de los tiempos estándares dentro de la empresa de salud. Un ejemplo de lo descrito anteriormente se ilustra en la figura 2. Se realiza una medición con un empleado de la empresa de estudio y se estudia el comportamiento de los datos seleccionados (21 datos iniciales), generado como primer diagnóstico que, para obtener un nivel de confianza del 95% de los datos analizados y un margen de error del 5%, el investigador debe tomar un tamaño muestral de 286 datos adicionales a los inicialmente analizados, que oscilen en un intervalo de variación de 0,01666667 y 0,05, para que la unidad muestral sea significativa. Como total y considerando las características anteriormente mencionadas, se debe determinar un tamaño muestra de 307 datos en total.

Cronometraje (Tiempo observado)

Una vez realizado el tratamiento estadístico anterior, se procede a calcular el valor de tiempo observado sobre las muestras de cada uno de los trabajadores, calculando el promedio de los datos para cada escenario analizado. Lo anterior puede ser observado en la figura 3:

PROMEDIO	Ventana de tiempo		N° Act	Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Escala de Valoración	unidad				Tiempo Observado	
	MIN (hrs)	MAX (hrs)					1	2	3	F		n
0,023398	0,01666667	0,05	1	Proceso de verificación-cápit		1	0	0	0	1	307	0,02339848
0,029023	0,01666667	0,078361003	2	Proceso de verificación-cápit		1	0	0	0	1	435	0,029023127
0,024061	0,01666667	0,034339564	3	Proceso de verificación-cápit		1	0	0	0	1	305	0,024061233
0,024191	0,01666667	0,066666667	4	Proceso de verificación-cápit		1	0	0	0	1	296	0,024190766

Figura 3. Ejemplo de determinación de tiempo observado para un conjunto de trabajadores de la actividad de verificación de facturas tipo evento, en el caso de estudio del sector salud

Elaboración de los autores

Con la generación de los cálculo descritos anteriormente y de acuerdo a la figura 3, se puede generar los valores promedio (promedio), valor mínimo (MIN hrs) y máximo (MAX hrs) del

tamaños muestral analizado (n); Adicional lo anterior, se puede determinar el promedio de los tamaños muestrales (Tiempo Observado).

Valoración del Ritmo (Tiempo básico)

El tiempo Básico dentro del estudio de tiempos y movimientos es conocido como la valoración del ritmo del trabajador de acuerdo a la experiencia del líder del área de trabajo y consideraciones del analista de estudio de tiempos y movimientos (García, 2013; Santana, 2012). La determinación de este valor sigue un orden de tres categorías de ritmo de trabajo: Ritmo rápido, para aquellos trabajadores que presentan una lata eficiencia y desempeño de las funciones; Ritmo normal, para el denominado “trabajador común” dentro de las organizaciones; y finalmente el Ritmo lento, “aquel que presenta un ritmo de trabajo por debajo de los valores de los anteriormente analizados” (Niegel & Freivalds, 2009; Tomasina, 2008).

Inclusión de suplementos

Para la determinación del tiempo estándar de las actividades del proceso es necesario tener en cuenta elementos propios del proceso y que influyen directamente en el rendimiento, estos se denominan suplementos, y se encuentran establecidos por la Organización Internacional del trabajo- (OIT, 1998).

Rendimiento por área del proceso de cuentas médicas

Teniendo en cuenta el cálculo del tiempo básico y la inclusión de los suplementos, es posible proceder al cálculo del tiempo estándar, el cual determina cual debe ser el rendimiento de los trabajadores para una actividad específica, en condiciones normales. Este cálculo, finalmente, es determinado por la fórmula matemática 3 y fue realizado para el total de los nueve escenarios de estudio (Krajewski, 2000; Iriart, 2008).

Análisis en la estructuración de costos ABC

Una vez realizada una identificación y análisis de algunos de los factores (mano de obra) que influyen directamente sobre los elementos constitutivos del costo (directo e indirecto) asociado

al proceso de prestación de servicio, en la empresa se reconoce actualmente una clara ausencia de gestión costos, afectando de esta manera su adecuada y correcta estimación. Bajo este panorama encontrado y descrito anteriormente, el sistema de costos ABC resulta ser un sistema sumamente valioso para la organización, ya que este proporciona información en detalle sobre el costo y consumo de las actividades, además identifica y reduce las actividades que no agregan valor al proceso. Así mismo el sistema de costos ABC se constituye en una herramienta útil para el análisis y seguimiento de actividades, factores claves para el mejoramiento de los procesos, la gestión empresarial y la toma de decisiones.

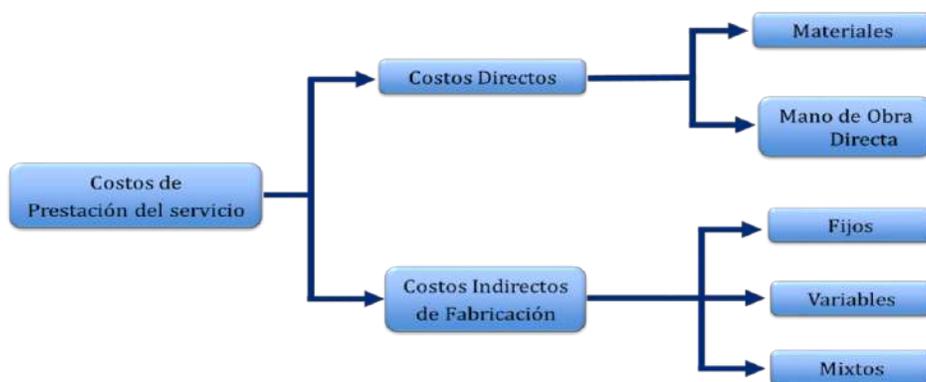


Figura 4. Estructura del costo de la empresa. Elaboración de los autores

Sistema de costeo basado en actividades (ABC).

“Este sistema parte de la diferencia entre costos directos y costos indirectos, relacionando los últimos con las actividades que se realizan en la empresa. Las actividades se plantean de tal forma que los costos indirectos aparecen como directos a las actividades, desde donde se les traslada a los productos (objeto de costos), según la cantidad de actividades consumidas por cada objeto de costos. De esta manera, el costo final está conformado por los costos directos y por los costos asociados a ciertas actividades, consideradas como las que añaden valor a los productos” (Saez, 1993, pág. 30; Argueta, 2015).

Govindarajan, (1998) y Rojas (2013)“proponen una explicación del Costeo Basado en Actividades, donde se habla de que todo producto

o servicio genera procesos, los procesos consumen actividades, y toda actividad consume recursos, dependiendo de los recursos se generan los costos.” Esta metodología clasifica las actividades según su consumo de recursos, para descomponerlas según su importancia y evaluar los factores de costo, lo que permite reducir el costo total del producto o servicio, a través de la mejora continua de los procesos de gestión de costos en la figura 5:

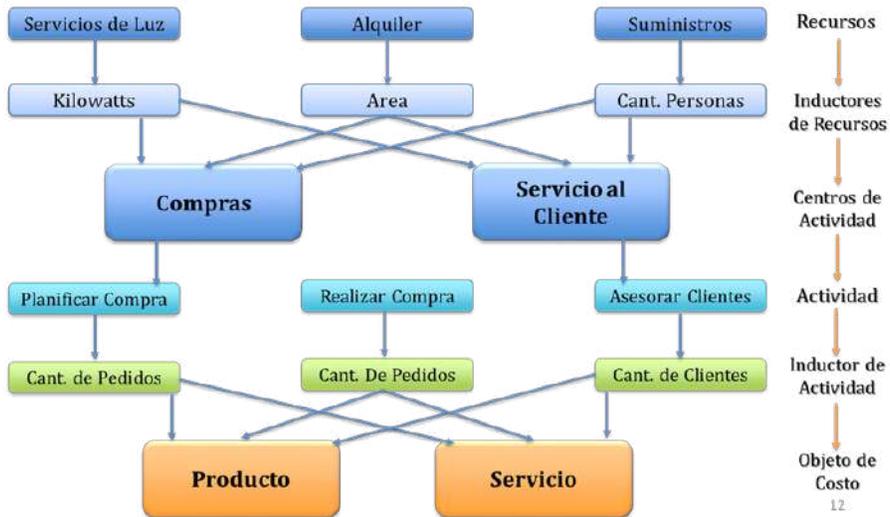


Figura 5. Estructura del costo indirecto costos ABC. Elaboración de los autores

Planificación inicial del trabajo

En torno a la ejecución del trabajo del proyecto y el concepto de costos ABC, se propone un plan de acción para la estructuración del sistema de costos de la organización. Para esto se realizarán las acciones necesarias para cumplir con tres aspectos fundamentales en un sistema de costos ABC: a) Análisis de las Actividades: Esta es una de las principales tareas en el proceso de instrumentación del sistema ABC. Las actividades describen lo que realiza la empresa; b) Agrupamiento de Actividades: Es necesario agrupar actividades semejantes para reducir el número de inductores generados; c) Determinación de los inductores de recursos: Debemos considerar que los costos fluyen en cascada a través de la organización. Es decir habrá algunas actividades que son de apoyo para otras y habrá centros de costos que son en su totalidad de apoyo.

Marco de referencia comparativo con investigaciones del sector de la salud

La estructuración del sistema de Costeo ABC ha impactado significativamente en la optimización de los recursos del sector salud, en donde se evidencia la importancia en la identificación, análisis y toma de decisiones del recurso directo (mano de obra) a partir de la sistematización y estandarización de los procesos operacionales de cuenta médicas de la empresa de estudio bajo la metodología de tiempos y métodos. Una vez planteado lo anterior, la sincronía con el sistema de costeo ABC permite identificar los principales factores de costos, descompuestos en las actividades desarrolladas en los perfiles ocupacionales de la organización en el coste directo e indirecto.

Torres Hinestroza (2012) establece dentro de su investigación un abordaje metodológico basado en el desarrollo de un modelo matemático asociado a la estructuración de costos ABC como metodología de estudio. Se vinculan en la presente investigación elementos administrativos, contables y financieros para la generación del modelo matemático que permita optimizar los recursos al interior de la organización. Se puede evidenciar que el sistema de distribución de costeo indirecto, expuesto en la figura 5 del presente artículo, sigue la línea expuesta por los autores, cuando fragmentan su costeo del Valor ponderado de los recursos y producción homogénea por centros de costos hasta llegar al nivel de detalle del coteo Unitario de las actividades de GRD (Grupos Relacionados por Diagnóstico). El planteamiento matemático se presenta como un factor de valor agregado si se analiza la probabilidad de administración del sistema de costeo ABC a medio y largo plazo, debido a que el uso de un software de simulación adecuado podría interpretar escenarios de simulación diferentes con respecto a los servicios prestado en el proceso de autoría de cuentas medicas del presente estudio y como resultado la toma de decisiones en búsqueda de actores de rentabilidad organizacionales.

Cruz (2006) plantea su propuesta de costeo basado en la metodología de costeo absorbente y costeo directo en empresas

fabriles y lo divide en dos grandes momentos: El primer momento hace referencia a la descomposición del costo de producción por unidad de producto, realizando un análisis de costeo de acuerdo al estado de costos de producción de la empresa, concebido como costeo genérico, hasta llegar a un nivel de detalle del costeo por elemento fabricado. A partir de este primer planteamiento, identifica la producción estándar para los empleados del sector fabril y establece el costeo real por individuo en base a la producción diaria, semanal y mensual. El segundo momento planteado por el autor hace referencia a la identificación de los objetos de costo para el sistema de inventarios de la organización, en donde se establece cifras reales de costeo de inventario en almacén y se le asigna de manera individual el factor porcentual de costo de inventario a la producción de la organización. Si se plantea con la investigación actual, se puede evidenciar una fragmentación del costeo para el producto específicamente, utilizando como unidad de medida de eficiencia las facturas procesadas por los empleados de la empresa de estudio. La absorción de este costeo de almacenamiento de facturas y costo de producción unitaria de facturas en la presente investigación son estrategias a ser planteadas que podrían identificar nuevas actividades que conllevan un costeo no identificado que puede ser abordado metodológicamente al interior de la presente investigación.

Finalmente, Sánchez (2010) estable un modelo de costo para el Hospital Manuela Beltrán en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Inicialmente, son definidas 3 unidades de medida o de asignación principales, siendo estas las cuentas genéricas del sistema de costos del Hospital: Áreas funcionales, donde se presentan los procesos operativos y de producción de la organización; Áreas administrativas, siendo los espacios de planificación estratégica de la organización, pertenecientes al cuerpo directivo del hospital; Áreas logísticas, siendo las responsables por los procesos de recepción, almacenaje y distribución de mercancías al interior del objeto de estudio. En al presente investigación estas áreas son conocidas como los recursos principales de la empresa de salud, en donde se identifica el presupuesto de acuerdo a cada departamento asignado. El autor establece las unidades funcionales y los centros de

costos del Hospital Manuela Beltrán, asignando su código contable y determinación de los inductores de costos asociados, tal y como lo presentado en la presente investigación, en donde estos juegan un papel fundamental en la distribución eficiente de los recursos hasta el centro de actividad. En el siguiente paso el autor lo presenta como la distribución de costos y gastos, en donde se identifican los principales gastos de personal, materiales y suministros y gastos generales y logísticos y se asigna la distribución porcentual de tiempo utilizado para la ejecución de cada una de las actividades al interior de la distribución de costos y gastos. En el caso de nuestro proceso de investigación, esta actividad es el resultado final de distribución del centro de la actividad a la actividad específica ejecutada por el operario y el cálculo del tiempo procesado.

De acuerdo con los estudios e investigaciones anteriores, se puede evidenciar como la estructura de costeo ABC, sigue un sistema de operación tipo cascada, en donde el punto de partida inicia en los recursos planteados por la empresa de salud a partir de su presupuesto proyectado, presenta una caída a diferentes subniveles (centros de actividad y actividades) a partir de inductores de costo y culmina su proceso en el objeto de costo, el cual es asignado al producto o servicio que la organización desea ofrecer a sus clientes, de acuerdo a los requerimientos de los mismos. Este análisis se ve planteado en cada una de las perspectivas de investigación mencionadas, en donde el índice presupuestal propio de cada organización permite la inducción a un análisis de costeo eficiente, utilizando metodologías como el costeo ABC, costeo absorbente, etc. La idoneidad en la selección de cada metodología dependerá de la estrategia de optimización que la empresa desee desarrollar y a los recursos disponibles a ser estudiados.

Conclusiones

Teniendo en cuenta que las actividades que son desarrolladas actualmente en la compañía para la prestación del servicio, son necesarias y consecuentes para la ejecución del proceso de Cuentas Médicas. El contexto general descrito a través de los aspectos relacionados en el diagnóstico, Ratifica la necesidad de

la Estructuración del sistema de costos del proceso de Cuentas Médicas de la empresa.

La estructuración del Sistema de Costos por Actividad resulta sumamente valioso para la empresa, porque proporciona información sobre el costo y consumo de las actividades operativas, y al mismo tiempo reduce las actividades que no agregan valor al proceso. Así mismo este constituye una herramienta estratégica para el análisis y gestión de la empresa.

Referencias bibliográficas

Aldana, J. M.-S. (2001). Client satisfaction and quality of health care in rural Bangladesh. *Bulletin of the World Health Organization*, 512-517.

Arango Cardona, L. J. (2009). Importancia de los costos de la calidad y no calidad en las empresas de salud como herramienta de gestión para la competitividad. *Revista Ean*, 75-94.

Argueta, C. M. (2015). Costo de servir como variable de decisión estratégica en el diseño de estrategias de atención a canales de mercados emergentes. *Estudios Gerenciales*, 50-61.

Artaza Barrios, O. M. (1997). Estructura y recursos humanos en un hospital público chileno: una experiencia de cambio. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 342-351.

Bleich, S. N. (2009). How does satisfaction with the health-care system relate to patient experience? *Bulletin of the World Health Organization*, 271-278.

Brissón, M. E. (2005). Utilización de proyectos de trabajo en una organización de salud del sector público en Argentina: paradojas, dilemas y oportunidades. *Cuadernos de Salud Pública*, 554-564.

Cerezo, C. R. (2013). De la Auditoría Contable a la Auditoría de las Comunicaciones. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, 175-187.

Cruz, H. (2006). Sistema de Costeo Absorbente y costeo directo en empresas fabriles. *Price Water House Coopers*, 28-40.

Cruz, N., & Matiello, J. (1981). Estudio comparativo de rendimiento de colheita entre cultivares “Mundo novo” e “Catuai” em lavouras com diferentes niveis de produtividade. *Congresso Brasileiro de Pesquisas cafeeiras*, 329-333.

Cuevas Villegas, C. F. (2004). Costeo ABC:¿ por qué y cómo implantarlo? *Estudios Gerenciales*, 47-103.

Escalante, P. P. (2010). Importancia de la auditoría de estados financieros para las Pyme's: Una revisión documental. *Actualidad Contable FACES*, 20.

García, C. (2013). Estudio del trabajo Medición del trabajo. *McGraw-Hil*.

González, I. B. (2015). El clima organizacional y su relación con la calidad de los servicios públicos de salud: diseño de un modelo teórico. *Estudios Gerenciales*, 8-19.

Govindarajan, S. y. (1998). *Gerencia estrategica de costos. La nueva herramienta para generar ventajas competitivas*. Colombia: Norma.

Hicks, D. (1997). El sistema de costes basado en las actividades (ABC). Guía práctica para su implementación en pequeñas y medianas empresas. *Marcombo* .

Iriart, C. (. (2008). Capital financiero versus complejo médico-industrial: los desafíos de las agencias regulatorias. *Ciência & saúde coletiva*, 1619-1626.

Karesh, W. B. (2009). One world–one health. *Clinical medicine*, 259-260.

Kobusingye, O. C. (2005). Emergency medical systems in low-and middle-income countries: recommendations for action. . *Bulletin of the World Health Organization*, 626-631.

Krajewski, L. (2000). Administración de Operaciones, estrategia y

análisis. *Pearson Educación*, 34-76.

Llanos Zavalaga, F. L. (2002). Auditoría médica concurrente de certificados de incapacidad temporal para el trabajo. *Revista Medica Herediana*, 26-31.

Margolis, A. (2013). Tendencias en educación médica continua a distancia. *Investigación en educación médica*, 50-54.

Martínez, V., & Karla, L. (2001). Reorganización del proceso de producción de la empresa TRANSPORT S. A. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.

Mayer, M. Á. (2010). Concepto y aplicaciones de la Web 3.0: una introducción para médicos. *Atención primaria*, 292-296.

Méndez, C. A. (2010). Autonomía en la gestión hospitalaria en Chile: los desafíos para el recurso humano en salud. *Revista de Saúde Pública*, 366-371.

Menolli, P. V. (2009). Caracterización de los servicios farmacéuticos de atención primaria del Sistema Único de Salud en Londrina, Paraná, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 254-259.

Moreno, R. (1988). Estudio de tiempos y movimientos en la sección de corte y troquelado de la empresa CORVACAL LTDA. *Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería*, 56.

Mundel, M. (1970). Motion and time study. Principles and practices. *Englewood Cliffs-Prentice hall*, 674.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F: Mcgraw-hill/ Interamericana editores, S.A. DE C.V.

OIT. (1998). Introducción al estudio del trabajo. *Organización Internacional del trabajo*, 25-521.

Pérez Rave, J. L. (2011). Identificación y caracterización de mudas

de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 396-408.

Rencoret, S. (2003). Auditoría médica: Demandas y responsabilidad por negligencias médicas. Gestión de calidad: riesgos y conflictos. *Revista chilena de radiología*, 157-160.

Rojas, F. A. (2013). La capacitación de ventas basada en inventarios críticos como determinante del apalancamiento operativo en farmacia comunitaria. *Estudios Gerenciales*, 239-246.

Saez. (1993). *Contabilidad de Costos y Contabilidad de Gestión*. Mexico: McGrawHill.

Sanchez, L. (2010). *Estructuración de un modelo de costos aplicado a la ESE Hospital Regional Manuela Beltran*. Bucaramanga: Universidad Manuela Beltran.

Santana, V. S. (2012). Empleo, condiciones de trabajo y salud. . *Salud colectiva*, 101-106.

Sarduy Domínguez, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista cubana de salud pública*, 33.

Tomasina, F. B. (2008). Impacto de las condiciones laborales en la salud de trabajadores de un centro quirúrgico. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34.

Torres Hinestroza, A. R. (2012). Metodología de costos para instituciones prestadoras de servicios de salud: aplicación de los Grupos Relacionados por el Diagnóstico-GRD. *El Hombre y la Máquina*, 1-48.

Vélez, J., Montoya, E., & Oliveros, C. (1999). *Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café*.

Vidal Ledo, M. J. (2017). Propuestas de innovación para la gestión de información y el conocimiento en salud. *Revista Cubana de*

Salud Pública, 562-583.

Zevallos, L. P. (2011). Oferta y demanda de médicos especialistas en los establecimientos de salud del Ministerio de Salud: brechas a nivel nacional, por regiones y tipo de especialidad. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 177-185.

Intervención de la ingeniería del conocimiento en el capital intelectual de las organizaciones¹

Diana María Montoya Quintero³

Resumen

Aquí se presentan los resultados obtenidos en la propuesta de un nuevo método para adquirir conocimiento humano, el cual se desarrolla a partir de algunos modelos que se encuentran dentro de una metodología de ingeniería del conocimiento ya existente (se exponen unos nuevos contextos de adaptación a los modelos existentes).

El método presenta la intervención de una de las etapas del ciclo de vida del desarrollo del software, conocido por la comunidad de interés como Análisis de requisitos, aquí le damos como denominación Análisis de conocimiento humano. El objetivo de este proyecto es apoyarse con técnicas tecnológicas que gestionen el capital intelectual de una organización. Se parte de las hipótesis generadas por las recomendaciones sugeridas en las tendencias en la industria inteligente.

Se presentan avances significativos sobre el método nuevo, observados desde una representación lógica que es descompuesta en procesos cognitivos (4 zonas de conocimiento), los cuales son pasados por refinamientos sucesivos, descubriendo bloques centrales para detallar el flujo de consideraciones a tener en cuenta (entradas y salidas de cada saber a un problema presente) en el método.

Palabras clave: capital Intelectual, método, ingeniería de conocimiento.

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado “Método para gestionar conocimiento a través de sistemas inteligentes dentro de una organización.” y realizado entre la Corporación Universitaria Americana, Facultad de Ingenierías – Sistemas, Politécnico Jaime Isaza Cadavid y Universidad Nacional de Colombia.

² Lic. Doc de Computadores, Magister en Ingeniería de Sistemas, Doctora en Ingeniería de Sistemas e Informática. Corporación Universitaria Americana. E-mail: dmmontoya@americana.edu.co.

Abstract

Here we present the results obtained in the proposal of a new method to acquire human knowledge, which is developed from some existing models, and are within a methodology of knowledge engineering (through the new method are exposed in this article a new contexts of adaptation to existing models).

The method presents the intervention of one of the stages of the life cycle of software development, known by the community of interest as Requirements Analysis, here we give as a denomination Human knowledge analysis.

The objective of this project is to rely on technological techniques that manage the intellectual capital of an organization. It is based on the hypotheses generated by the recommendations suggested in intelligent industry.

Significant advances are presented on the new method, observed from a logical representation that is broken down into cognitive processes (4 knowledge zones), which are passed by successive refinements, discovering central blocks to detail the flow of consideration (inputs and outputs of each knowledge to a present problem) in the method.

Key words: intellectual capital, method, knowledge engineering.

Introducción

En esta investigación se hizo una integración de las características existentes en una metodología conocida como commonkads la cual es diseñada para el análisis y la construcción de sistemas basados en conocimiento (SBC) Rich et al (1994), esto de forma análoga a los métodos empleados en ingeniería de software. Esta fue propuesta y desarrollada por un grupo de investigadores pertenecientes a diversos países de la comunidad europea, a través del programa ESPRIT para la

innovación y la aplicación de Tecnología Informática avanzada. Van de Velde (1994).

A través de las diferentes aplicaciones que propone esta metodología, se hace una adaptación para obtener una herramienta capaz de extraer conocimiento humano que puede ser gestionado dentro de las organizaciones y así ser aplicado como capital estructural de apoyo al cumplimiento de los procesos de la organización. Schreiber, et al, (2000).

CommonKads se pueden formular a partir de un número de principios que determinan la línea base y racional de su desarrollo: construir aspectos de diferentes modelos de conocimiento humano, modelar el conocimiento para lo cual sugiere que primero hay que concentrarse en la estructura del conocimiento conceptual, y dejar los detalles de la programación para después, el conocimiento tiene una estructura interna estable que se analiza distinguiendo los tipos específicos de conocimiento y los roles, los proyectos de conocimiento se debe gestionar aprendiendo de las experiencias, en forma de espiral controlada, este modelo se descompone en tres sub- modelos: el modelo del contexto, el modelo conceptual y el modelo de diseño para su construcción. Webber (2003).

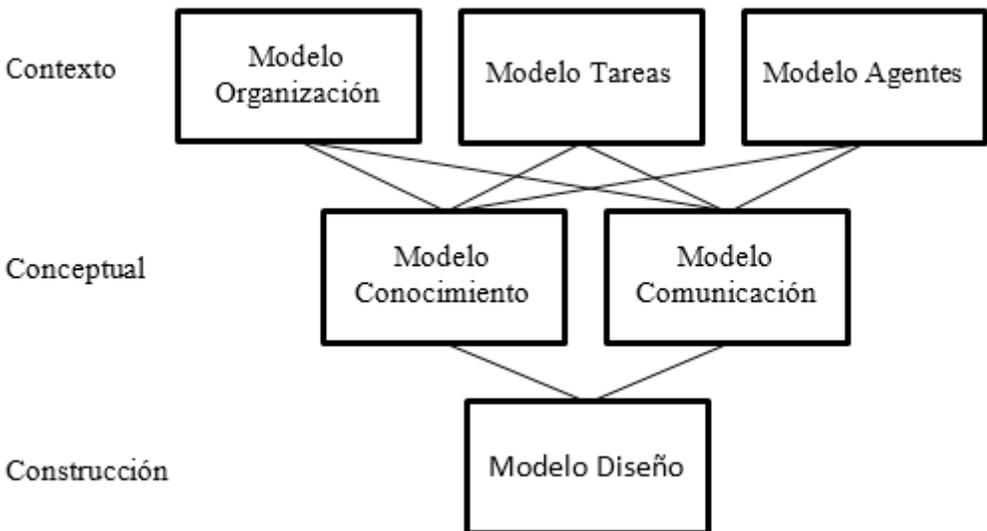


Figura 1. Modelos de la metodología Commonkads. Adaptado por Montoya (2016).

El modelo del contexto. Responde a las preguntas del porqué del sistema a diseñar. Justifica la razón del sistema de gestión del conocimiento que se pretende construir. Determina los problemas y oportunidades a resolver, considerando el impacto que se produce en la organización. En este apartado, lo más importante es entender el contexto y el entorno de trabajo. Para ello, se ayuda del modelo de la organización, el modelo de las tareas y el modelo de los agentes.

Modelo de la Organización (OM): es una herramienta para analizar la organización en que el SBC va a ser introducido.

Modelo de Tarea (TM): describe a un nivel general las tareas que son realizadas o serán realizadas en el entorno organizativo en que se propone instalar el SBC y proporciona el marco para la distribución de tareas entre los agentes.

Modelo de Agente (AM): un agente es un ejecutor de una tarea. Puede ser humano, software o cualquier otra entidad capaz de realizar una tarea. Este modelo describe las capacidades y características de los agentes.

Modelo de Comunicaciones (CM): detalla el intercambio de información entre los diferentes agentes involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el modelo de tarea.

Modelo de la Experiencia (EM): éste es el corazón de la metodología y modela el conocimiento de resolución de problemas empleado por un agente para realizar una tarea. El Modelo de la Experiencia distingue entre el conocimiento de la aplicación y el conocimiento de resolución del problema. El conocimiento de la aplicación se divide en tres subniveles:

Nivel del dominio (conocimiento declarativo sobre el dominio), nivel de inferencia (una biblioteca de estructuras genéricas de inferencia) y nivel de tarea (orden de las inferencias).

Modelo de Diseño (DM): mientras que los otros cinco modelos tratan del análisis del SBC, este modelo se utiliza para describir

la arquitectura y el diseño técnico del SBC como paso previo a su implementación.

En la nueva propuesta para gestionar el conocimiento humano, sobre las adaptaciones realizadas a la metodología CommonKads, se determinan 4 zonas que acompañan la presencia de varios procesos como entidades para realizar actividades desde el punto de vista sensorial como motora, tanto integrando elementos de la técnica de razonamiento basado en casos, como la técnica de los sistemas basado en el conocimiento humano.

Desarrollo

Teniendo en cuenta que esta es una investigación exploratoria y que parte de una base fundamental existente, tiene como principio el diseño de instrumentos necesarios para conservar el conocimiento en las organizaciones, modelo incluido en la metodología Commonkads, por tal motivo su enfoque central es reestructurar la metodología existente para generar una herramienta de apoyo al área de gestión del conocimiento así:

Representación del conocimiento procedimental

Al iniciar esta zona (Inicio del proceso del saber del experto), se parte de las necesidades encontradas dentro de un dominio o problemática que puede ser solucionada y sistematizada por un ser humano, esta zona permite extraer el conocimiento a través del proceso en el hacer de cada experto, desde su inicio hasta el cambio que va sufriendo por cada proceso vivido. El ingeniero del conocimiento debe apoyarse en las tareas y hábitos que tiene el experto (como lo indican los elementos de extracción de conocimiento), teniendo en cuenta el instinto de este en su hacer y en los objetivos a alcanzar. También se identifican cuales hechos se recopilan históricamente en la memoria del EXP y la forma como los ha verificado. Aquí se puede observar la referencia significativa que se hace a las habilidades motrices (acciones, actividades, hechos, y experiencias que son realizadas por el hombre) ya que, por su carácter dinámico y difícilmente interpretado en el lenguaje humano, este conocimiento es más difícil de modelar, ver Figura 2.

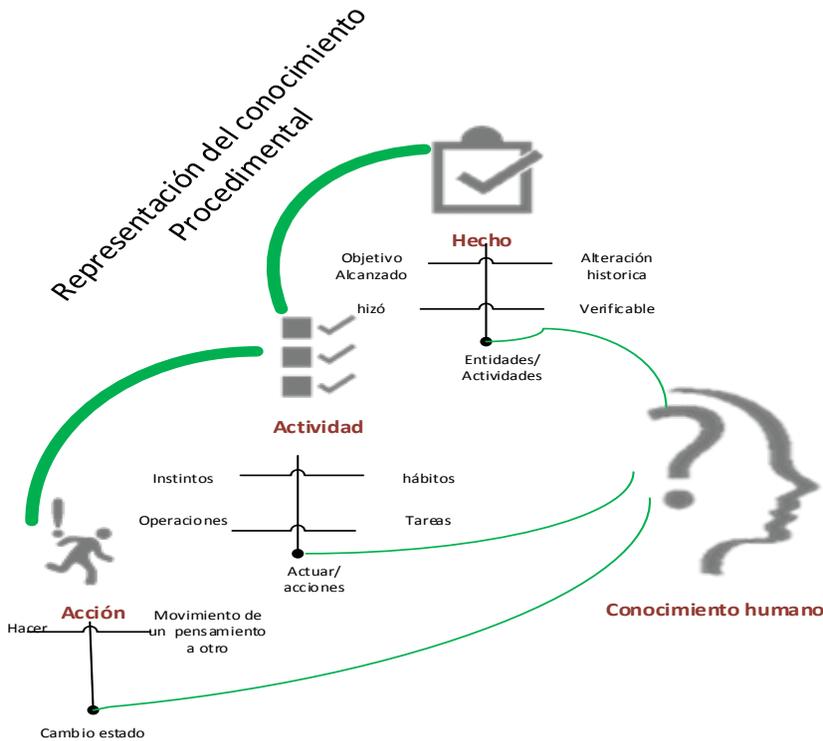


Figura 2. Elementos zona conocimiento procedimental. Montoya (2016)

Representación del conocimiento declarativo

Es de ventaja para el ingeniero del conocimiento saber de donde surgen el conocimiento y las habilidades que adquiere el experto (EXP), comprender por qué y el para que realiza cada hacer, cuando el EXP busca dar solución a una problemática en su dominio de interés. En algunos momentos puede surgir que existe otro EXP con un problema similar, en un dominio similar. Las vivencias o sucesos que intervienen dentro de los procesos que vive el conocimiento humano despiertan las habilidades intelectuales que se relacionan con la experiencia por sucesos históricos ya vividos. De igual forma el almacenamiento especulativo de los seres humanos permiten producir nuevos sucesos a partir de propuestas por referentes o por habilidad del saber. Lo anterior ayudaría a construir un flujo de conocimiento de interés para el diseño del SBC.

El conocimiento declarativo, puede identificarse como un conjunto de escenarios, consultas, versiones, condiciones, o transformaciones, describen un problema y detallan una solución. Lo anterior puede ser derivado por elementos internos de control, sin especificar exactamente cómo se tiene que hacer cada cosa. Esta zona integra 3 elementos (experiencia, caso, razonar), sin embargo, por ser un modelo de secuencia, necesita del último elemento de la zona procedimental, para continuar con el primero de la zona declarativa. Como lo indica la figura 3.

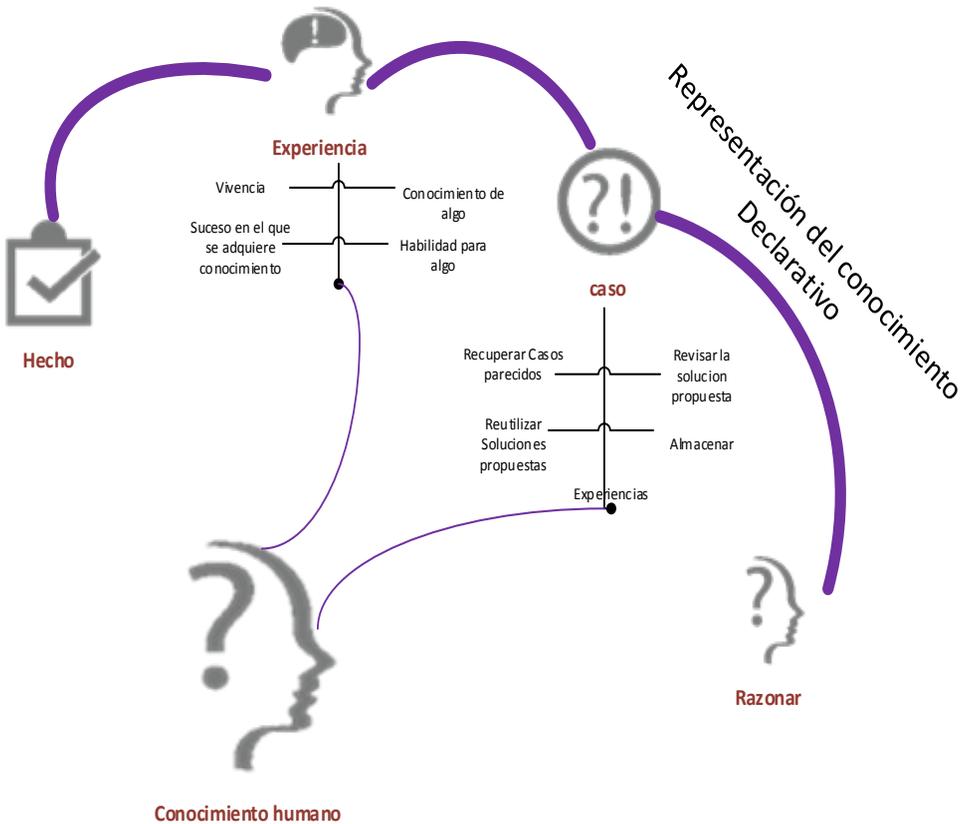


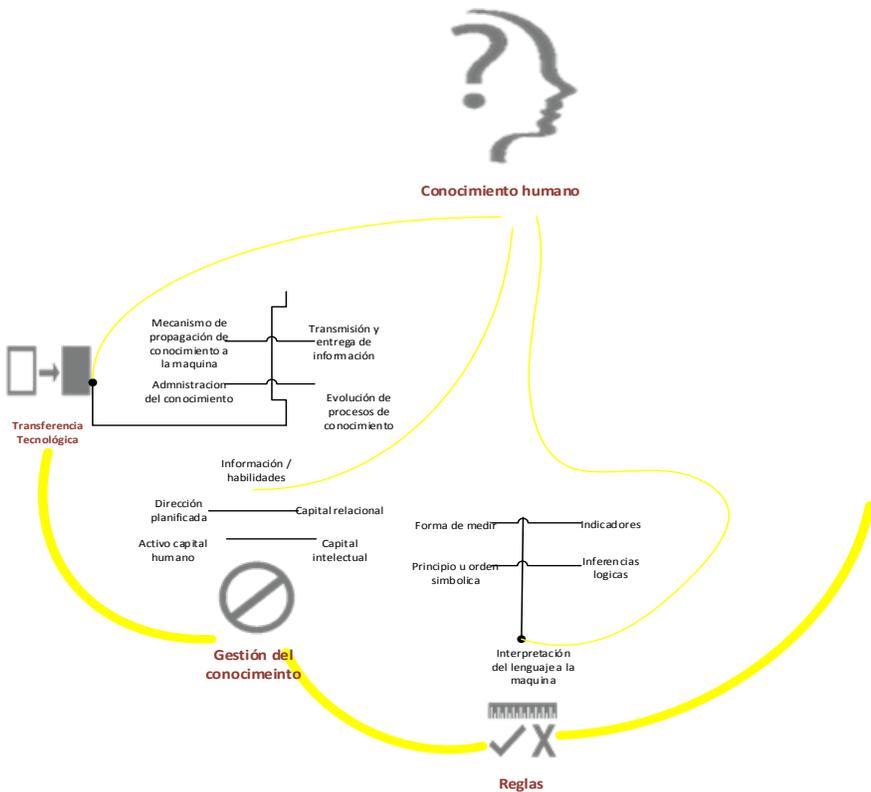
Figura 3. Elementos zona conocimiento declarativo, Montoya (2016).

Representación del conocimiento cognitivo

Esta zona representada simbólicamente en la figura 3, es de interés propio del ingeniero de conocimiento, quien con apoyo del experto podrá determinar cuáles soluciones se pueden generar de acuerdo

Zona Representación de la transformación del conocimiento al procesamiento

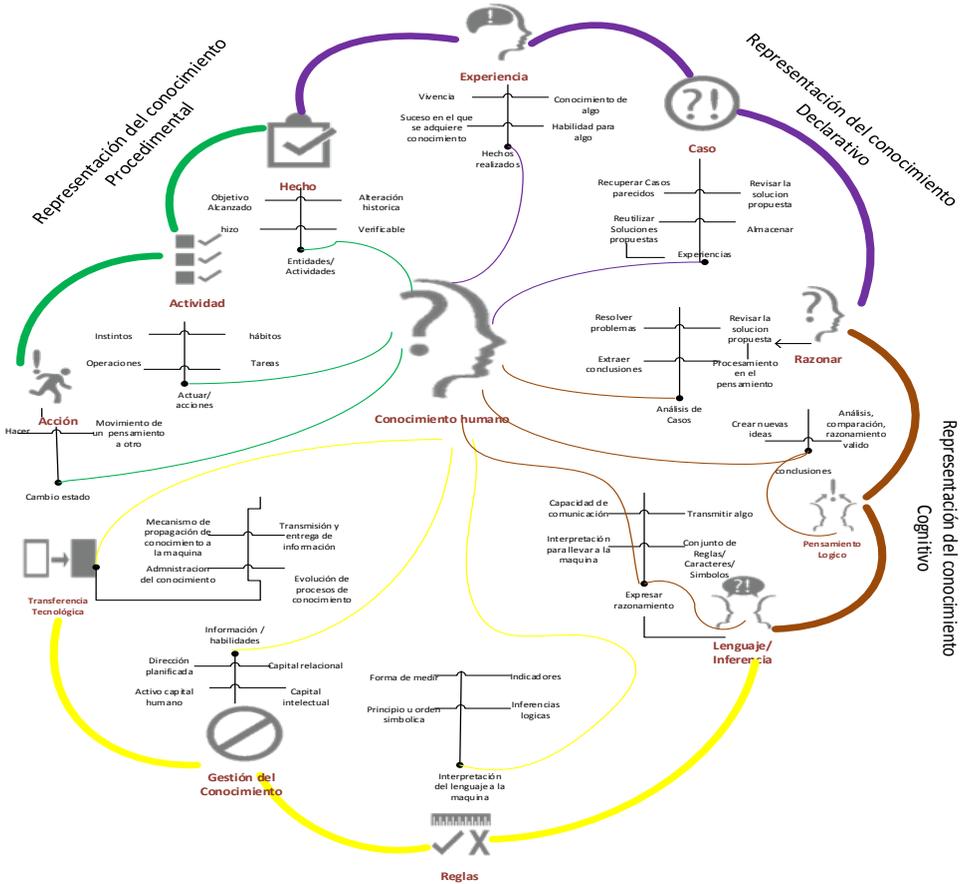
En la figura 5, se quiere mostrar cómo esta zona transfiere el conocimiento y las habilidades de los saberes específicos a aplicativos informáticos, que sirven de apoyo entre los diferentes partes valiosas, como en sectores financieros, instructivos, comerciales, crea herramientas de inversión para el sector privado público en las áreas de innovación tecnológica, basados en activos de propiedad intelectuales en las diferentes organizaciones.



Representación de la transferencia del conocimiento al procesamiento

Figura 5. Elementos zona transformación del conocimiento al procesamiento, Montoya(2016).

Diseño del modelo que cumple con las características propias de la técnica de razonamiento basado en casos.



Representación de la transferencia del conocimiento al procesamiento

Figura 6. Modelo para la extracción de conocimiento de un experto humano para un SBC, Montoya (2016).

A partir de la representación del modelo de extracción de conocimiento usando RBC, se desarrollan los siguientes contextos. Cada contexto deberá ser ejecutado por el ingeniero de conocimiento. La categorización por zonas y contextos está representada por colores, con la intención de que produzcan diferentes sensaciones de las que normalmente no se es consciente.

Para aplicar cada contexto, se debe tener en cuenta que las respuestas del experto, estas sujetas al conocimiento del mismo, por tal motivo la veracidad de ellas será responsabilidad del experto. Es deber del IC facilitar la herramienta y proporcionar su habilidad de análisis para apoyar el proceso durante toda la extracción del conocimiento.

La funcionalidad del ingeniero del conocimiento, se puede identificar en cada contexto con color negro, el ingeniero puede complementar los interrogantes que allí se tienen como base con otros o puede determinar funcionalidades para ir complementándolos, Observar tablas desde la 1, hasta la 5. Con estas tablas se inicia la captura del conocimiento del experto (EXP), las respuestas dadas por el EXP se ve en colores de acuerdo a las zonas.

Cabe anotar en este capítulo, que varios casos del modelamiento que hace la IC o la IA, puede confundirse con los conocidos casos de uso en la ingeniería del software, los cuales tiene como destino representar las funciones del sistema para el caso general. Los contextos, en cambio, ejemplifican el uso del sistema y su propósito es asegurar un buen entendimiento y una mayor colaboración entre todos los participantes del proceso de definición de la IC.

Contextos que integran las zonas del modelo

Contexto general para extraer conocimiento (Conocimiento del dominio a sistematizar).

En la tabla 1, se puede observar el primer contexto para extraer el conocimiento del experto humano, contacto con el quien y el saber a sistematizar. Este primer contexto se denomina “Conocimiento a Sistematizar”, con el propósito de ubicar al ingeniero del conocimiento, dentro de un dominio específico, además de observar cada participante que va a interactuar con el sistema (EXP), el cual de algún modo puede afectar el conocimiento para el sistema. Aquí el IC con la ayuda del EXP, debe de tener un acercamiento a la meta central u objetivo para el desarrollo del producto. Esta fase transforma la perspectiva del experto en la perspectiva del

ingeniero del conocimiento para tomar la decisión del formalismo de representación del conocimiento adecuado, identificando un espacio de búsqueda para el análisis tipológico de los problemas con un modelo de resolución de adecuado.

Tabla 1.

Contexto general para extraer conocimiento. (Conocimiento del dominio a sistematizar).

Tipo de organización en la que aplica su conocimiento:		Actores que intervienen:
Sector o Departamento:		
¿Qué se pretende con el Área del conocimiento del Experto?:		
Cuál es la rama del conocimiento que tiene el experto?		
Identificar un área, disciplina o línea específica del conocimiento del EXP para el sistema:		

¿Cuáles son las necesidades principales que se presentan dentro del saber específico? (Enumere máximo 10 en un grado de importancia iniciando el de mayor valor en 1.) (Por cada una de las necesidades identificadas determine los objetivos que las acompañan).			
Item	1	Objetivo:	
Item	2	Objetivo:	
Item	3	Objetivo:	
Item	N..	Objetivo:	
Se ha buscado solución?			
En caso de haberse encontrado varias soluciones, cuáles se proponen? (Tener en cuenta los objetivos).			

Contexto zona verde

Los tres elementos que conforman este contexto, deben reflejar el motor del proceso de desarrollo del saber del experto. El asunto de formación de las funciones se refleja a través de la actividad práctica e instrumental, con la interacción o cooperación social en lo aprendido. En palabras de Piaget, las acciones no se suceden por azar, sino que se repiten y se generalizan por aplicación a nuevos objetos (Woolfolk, et, al 2010).

Tabla 2.

Contexto de zona verde, representación del conocimiento procedimental (Inicio del proceso del saber del experto)



Acción: ¿Cuál es su hacer principal dentro de su labor en el saber específico?

Actividades: determinar grupos de acciones que generan una acción colectiva (se generan de la principal y son necesarias para cumplir con el hacer, determinando su relevancia (Máximo 10). Aquí puede incluir el objetivo que se debe trazar y las tareas a realizar.

Hecho: es necesario comprobar o verificar si las actividades trazadas son reales a través del encuentro de alteraciones sobre casos históricos particulares de las actividades a realizar (resultados que pueden ayudar a verificar el hacer del EXP).

Contexto zona morada

En la tabla 3. dentro de su contexto, se tiene en cuenta el proceso lógico con que los seres humanos pueden dar solución frente a una problemática presentada en un caso vivido. Se busca que el conocimiento declarativo se convierta en información consistente de los hechos, conceptos o ideas conocidas conscientemente por el experto para ser transmitida al IC, y que a su vez se puedan describir para luego ser almacenadas como proposiciones. Teniendo en cuenta si existen condiciones, y detectando el “por qué” y “cuándo”

al aplicar diferentes acciones que tenga que ver con el saber del EXP. D de igual forma en este contexto se debe verificar como hace las cosas el EXP, y como ejecuta sus destrezas frente al raciocinio con el objetivo.

Tabla 3.

Generación del contexto Zona Morada



A partir de la caracterización dada por los hechos, estipule las experiencias vividas dentro de su hacer de acuerdo al saber específico que se quiere sistematizar. (Identificar problemáticas)

Si considera pertinente identifique causas de la experiencia (problema presentado)

Experiencia

Causas

casos generados dentro de la experiencia:
Puede caracterizar cada caso....

Resultados obtenidos (Razonamiento):

De la experiencia obtenida genere particularidades que le permitan observar un caso práctico.

Contexto zona café

Representar el pensamiento lógico de un individuo, se convierte en una herramienta indispensable para resolver las problemáticas que se le presentan de manera cotidiana, esto puede ser a través de la observación dada en la experiencia y lo que percibe de todo lo que le rodea, adquiriendo competencias de comparación, y clasificación de lo que escucha o comparte con el medio a través del lenguaje o de su raciocinio desarrollado por su pensamiento. En este sentido, el pensamiento lógico sirve para analizar, argumentar, razonar, justificar o probar razonamientos de forma precisa y exacta, de allí que se desprenden algunos interrogantes del IC para alcanzar la interpretación de este contexto en la tabla 4.

Tabla 4.

Generación del contexto Zona Marrón–Representación del conocimiento lógico.



Teniendo en cuenta cada caso y experiencia se debe analizar con el experto soluciones propuestas por experiencia y caso objetivo, seleccionando los más relevantes en el aporte para el desarrollo del SBC. (Se debe generar por experiencia y casos),(luego puede relacionar una matriz de datos o un gráfico que muestre las conclusiones del experto)

Experiencia considerada primaria:	Caso o casos que le corresponde:
Que se ha hecho para suplir la problemática Identificada (Puede dar respuesta sin salir de su propia experiencia o de experiencias de otros expertos que fueron narradas al principal)	
PROPIA EXPERIENCIA	EXPERIENCIA APORTADA POR OTRO EXPERTO
Resultados:	
Conclusiones	

Contexto zona amarilla

En este contexto se propone desarrollar un diagrama de conocimiento, el cual es propuesto por el IC al EXP, para representar el saber específico obtenido de las zonas anteriores (el diagrama no esta limitado a un esquema en particular). Aquí se dar una posible solución de acuerdo a los analisis realizados en las zonas anteriores. De igual manera el experto puede hacer de su saber un diagrama frente a una necesidad o problemática que puede ser suplida por un sistema, delimitando paso a paso desde donde se

inicia hasta donde termina la solución que se propone, ver tabla 5.
 Para el diagrama o tablas se debe tener en cuenta:
 Seleccionar conocimientos del saber específico.

Categorizar los conocimientos y relacionarlos con elementos o categorías próximas. Habrá conocimientos que pueda estar en varias categorías. De esta forma el conocimiento es más genérico.
 Generar un orden de conocimientos del más abstracto y general, al más concreto y específico.

Comprobar el diagrama: ver si es correcto o incorrecto. En caso de que sea incorrecto corregirlo añadiendo, quitando, cambiando de posición los conceptos (puede utilizar cualquier tipo de diagrama que permita identificar el problema, sus causas y posibles soluciones o pasos para alcanzar el objetivo).

Reflexionar sobre el diagrama, y ver si se pueden unir distintas secciones. Buscar visualiza relaciones antes no vistas, y aportar nuevo conocimiento sobre el problema a tratar.

Tabla 5.

Generación del contexto Zona Amarilla – Transferencia del conocimiento.

 Lenguaje/ Inferencia	 Reglas	 Gestión del conocimiento	 Transferencia Tecnológica
Seleccionar conocimientos del saber específico.			
Categorizar los conocimientos y relacionarlos con elementos o categorías próximas. Habrá conocimientos que pueda estar en varias categorías. De esta forma el conocimiento es más genérico.			
Generar un orden de conocimientos del más abstracto y general, al más concreto y específico.			

<p>Relacionar los diferentes conocimientos generados del específico, y se comprueba si se comprende correctamente el saber humano. Conectar los conocimientos mediante enlaces. Un enlace define la relación entre dos conocimientos, y este ha de crear una sentencia correcta.</p>		
<p>Reflexionar sobre el diagrama, y ver si se pueden unir distintas secciones. Buscar visualiza relaciones antes no vistas, y aportar nuevo conocimiento sobre el problema a tratar.</p>		
<p>Una vez se tienen claro el hacer y el saber del EXP frente a una necesidad o problemática que puede ser suplida por un SBC, el IC en conjunto con el EXP debe proceder a desarrollar un diagrama de conocimiento, donde se aproxime como referente las zonas anteriores y muestre paso a paso desde donde se inicia. Comprobar el diagrama: ver si es correcto o incorrecto. En caso de que sea incorrecto corregirlo añadiendo, quitando, cambiando de posición los conceptos(puede utilizar cualquier tipo de diagrama que permita identificar el problema, sus causas y posibles soluciones o pasos para alcanzar el objetivo)</p>		
<p>Enumere de forma jerárquica y general las posibles reglas que se consideren principales para el desarrollo del SBC</p>		
<p>Regla</p>	<p>Explicación:</p>	<p>Conclusión:</p>
<p>Transfiere:</p>		

Dentro del modelo se integran los componentes y elementos que permiten cumplir con cada objetivo de esta tesis, ya que se identificaron descriptores de los sistemas basados en conocimiento y de la técnica de razonamiento basado en caso, cada partición del modelo orienta a la búsqueda de saberes, los cuales pueden expresarse a través de los contextos elaborados a partir del modelo. Cada zona identificada en el modelo caracteriza los contextos

describiendo el procedimiento o proceso que surge dentro del conocimiento humano, cada una hace una marcación detallada de las necesidades de análisis de conocimiento para el diseño de un SBC, además permite conocer de forma más cercana aspectos de interés para el fortalecimiento de la base de conocimiento de la cual parte la técnica de RBC.

Los contextos técnicos diseñados, buscan facilitar en el experto humano expresar y estructurar su razonamiento claramente para que el ingeniero de conocimiento pueda codificar y simular este razonamiento en la computadora. El modelo, busca predecir y controlar eventos por medio de la formulación de teorías, probando hipótesis y analizando resultados de los saberes de un experto humano.

Conclusiones

Dentro del modelo se integran los componentes y elementos que permiten cumplir con el objetivo general, identificando descriptores de los sistemas basados en conocimiento y de la técnica de razonamiento basado en caso, cada partición del modelo orienta a la búsqueda de saberes, los cuales pueden expresarse a través de los contextos elaborados a partir del modelo. Cada zona identificada en el modelo caracteriza los contextos describiendo el procedimiento o proceso que surge dentro del conocimiento humano, cada una hace una marcación detallada de las necesidades de análisis de conocimiento para el diseño de un SBC, además permite conocer de forma más cercana aspectos de interés para el fortalecimiento de la base de conocimiento.

Los contextos técnicos diseñados, buscan facilitar en el experto humano expresar y estructurar su razonamiento claramente para que el ingeniero de conocimiento pueda codificar y simular este razonamiento en la computadora. El modelo, busca predecir y controlar eventos por medio de la formulación de teorías, probando hipótesis y analizando resultados de los saberes de este.

Referencias bibliográficas

Montoya, D. (2016). *Modelo para la extracción de conocimiento de un experto humano en un sistema basado en conocimientos usando razonamiento basado en casos*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia.

Webber, C. (2003). *Modélisation Informatique de l'Apprenant: Une Approche basée sur le Modèle CKC (Conception, Knowledge, Concepts) et la Théorie de l'Émergence*. Thèse de Docteur. Université Joseph Fourier.

Platón. (1986). *Fedón*. Madrid: Gredos.

Rich, and Knight, (1994). *Inteligencia Artificial* (segunda edición) (McGraw-Hill,) Capítulos 4, 5, 6 y 20. EE.UU.

MateHernández,yPazosSierra(2000).*Ingeniería del Conocimiento. Diseño y construcción de sistemas expertos* (Ed. SEPA) Cap.1: "Ingeniería del Conocimiento"

Schreiber, A. Akkermans, J. Anjewierden, A (2003). *Engineering of Knowledge and Management; The CommonKADS Methodology*. The United States of America, The MIT Press. pp.455.

Van de Velde, W. Duursma, C. Schreiber G et al. Design Model and Process. ESPRIT Project P5248 KADS-II, KADS-II/M7/VUB/RR/064/2.1. 1994. pp.230 . Europa

Innovación en enseñanza de la ingeniería: aprendizaje basado en proyectos con impacto en pequeñas y medianas empresas¹

Fernando A. Crespo²

Resumen

Este documento describe la investigación y el desarrollo posterior de un curso completo, de duración de un semestre para pregrado en Ingeniería Industrial, con evidencia y puesta a prueba, con el fin de generar competencias en el levantamiento de oportunidades reales de innovación, simultáneamente con el cumplimiento de requerimientos de acreditación, entrenamiento en aprendizajes para toda la vida y cumplimiento medible de la tercera misión de la Universidad respecto al impacto en el desarrollo económico de su entorno. Para este último aspecto, el proyecto de levantamiento de innovación se orientó para desarrollarlo en PYMES que se encuentran activas, con el fin de suplir los déficits de acceso a recursos humanos avanzados de estas, como para producir un cambio positivo a lo postergada que están en sus capacidades de innovación. La metodología de enseñanza elegida integra el aprendizaje basado en proyectos con técnicas tradicionales de enfoque de lecturas y otros, con el fin de lograr la mayor cantidad de desarrollo de competencias significativas y experiencias de aprendizaje profundo en los alumnos, permitiéndoles formar competencias reales para el futuro laboral. Los resultados obtenidos superaron las expectativas que se deseaban, de hecho el 35% de los proyectos fueron aceptados y quedaron operando en las empresas, generando aumentos de utilidad sobre el 30% en cada

¹ Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación titulado “Desarrollo del Curso de Innovación en aplicación de PYMES reales” y realizado entre Agosto y Diciembre de 2014 en el ámbito del Concurso Interno de Proyectos de Innovación Docente de la Universidad Bernardo O’Higgins (Chile), con mejoras y evidencia acumulada posterior.

² Ingeniero Civil Matemático e Industrial de la Universidad de Chile. Doctor en Ciencias de la Ingeniería mención Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Lugar de trabajo: Universidad Mayor, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Industrial. E-mail: fernando.crespo@umayor.cl, facrespo@gmail.com.

caso, no obstante que aún hay una serie de desafíos respecto de medición de experiencias y aprendizajes significativos, desarrollos futuros, integración al ámbito universitario y generación de vías de financiamiento para la activación permanente de la ejecución del programa en PYMES.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos, aprendizajes profundos, competencias reales para el desempeño laboral, enseñanza de innovación, educación en ingeniería.

Abstract

This document describes the investigation and the subsequent development of a complete course, of duration of a semester for undergraduate in Industrial Engineering, with evidence and putting to the test, with the purpose of generating competences in the survey of real opportunities of innovation, simultaneously with the compliance with accreditation requirements, training in lifelong learning and measurable evidence of the third mission of the University regarding the impact on the economic development of its environment. For this last aspect, the innovation development project was oriented to develop it in SMEs that are active, to replace the deficits of access to advanced human resources of these, as to produce a positive change to the postponed that they are in their innovation capabilities. The chosen teaching methodology integrates project-based learning with traditional techniques of reading and other approaches to achieve the greatest amount of development of significant competences and deep learning experiences in students, allowing them to form real skills for the future labor. The results obtained exceeded the expectations that were desired, in fact 35% of the projects were accepted and were operating in the companies, generating profit increases of 30% in each case, although there are still a number of challenges with respect to measurement of significant experiences and learning, future developments, integration into the university environment and generation of financing channels for the permanent activation of the execution of the program in SMEs.

Key words: Project-based learning, in-depth learning, real competencies for job performance, innovation teaching, engineering education.

Introducción

Para desarrollar mejoras en el ámbito docente de la Ingeniería, existen variados lineamientos que surgen desde presiones de grupos que participan en la toma de decisiones (Rugarcia et al, 2000), como de la agencia U.S. Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), quizás una de las instituciones más gravitantes respecto a los lineamientos para las Ingenierías como dominio técnico-científico, a partir del Engineering Criteria 2000, el cual establecía que los departamentos de Ingeniería debían demostrar que sus graduados poseen un nivel razonable de ciencia, fundamentos de matemáticas e ingeniería, además de habilidades de comunicación, trabajo en equipos multidisciplinarios, de aprendizaje para toda la vida, y conciencia de la consideración social y ética asociada a la profesión de ingeniería (Felder, 1998). Los mismos criterios siguen vigentes a la fecha, con algunas leves modificaciones e incorporaciones posteriores (ABET, 2015).

También en el caso de Chile, hay interés local, a partir del Proyecto Ingeniería 2030, que establece la incorporación de las competencias de innovación y emprendimiento en los alumnos de ingeniería (Ingeniería2030, 2018). Dado la importancia gravitante de las universidades participantes de dicho proyecto, se ha vuelto una orientación fundamental para Chile en todas sus Escuelas de Ingeniería. Es necesario observar que la incorporación de dichas competencias va a en consonancia con lo desarrollado por Universidades de importancia Global en cuanto a Ingeniería como lo son el Massachusetts Institute of Technology, Universidad de Stanford, Georgia Institute of Technology y Universidad de Carnegie-Mellon, lo que indica el sentido de la adopción de dichas competencias, particularmente orientando a los alumnos a que sean sus protagonistas laborales. Para efectos de estos tópicos, las Universidades en sus propias páginas webs tienen

altamente documentado la importancia que dan principalmente al emprendimiento.

Por fortuna en habla hispana, ha aparecido literatura que estudia los temas de emprendimiento e innovación, donde se diferencian claramente los perfiles y competencias asociadas a ambos conceptos, asumiendo que el proceso cognitivo de ambos es distinto, y que la innovación tiene relación con la gestión del cambio, y el emprendimiento con la formalización y creación de nuevos negocios (Silva, 2008). Por lo tanto, las estructuras de aprendizaje deben estar orientadas a aspectos distintos, que han sido reiteradamente confundidos en la literatura técnica.

Por parte del emprendimiento, entre las características que se replican tanto en Chile como en Latinoamérica, sobre el 50% de los emprendedores lo han hecho por necesidad, en la mayoría de los casos por pérdida del trabajo, y deciden emprender en parte replicando alguna de las labores o competencias adquiridas en la estancia laboral (CORFO, 2012; Cleri, 2007). Si se revisa el libro de Carlos Cleri (2007), de nacionalidad argentina, hay una documentación extensa de Latinoamérica, donde los patrones del emprendimiento son bastante idénticos, con muy pocas modificaciones locales. Una característica también notable, es que los emprendedores con relativo mayor éxito tienen una edad entre los 45 y 64 años, con un promedio de 53 años para los propietarios en el caso chileno (MINECON, 2012), hecho que se replica en Latinoamérica, considerando que ya hay estudios que confirman que la edad del emprendedor exitoso se sitúa a los 45 años en los Estados Unidos (Azoulay, et al., 2018), los años de diferencia que se producen entre el egreso y la generación de un emprendimiento exitoso (en términos que la empresa no muere antes de los cuatro años y es sustentable) pueden ser atribuibles al costo de armar las redes de apoyo para disminuir los riesgos asociados al emprendimiento (Hidalgo, 2015). En la práctica, hay más de 20 años de diferencia entre que un joven ingeniero egresa de su carrera y emprenda, y lo pueda lograr de manera relativamente exitosa dado que cuenta con una red de apoyo y contactos que le permita sostener el riesgo que asume. Lo anterior se replica en la gran mayoría de los países latinoamericanos, de hecho en el libro de

Silva (2008), él hace mucho énfasis en la captura del primer cliente. Este elemento, si bien no es determinante, debería ser considerado para evaluar la correcta preparación de las competencias de egreso, considerando que el emprendimiento puede ser uno de los elementos de aprendizaje para toda la vida, como la ampliación de la red de contactos podría ser un aporte de las Universidades también.

Por otra parte, paradójicamente la mayoría de los emprendimientos nuevos están asociados a empresas pequeñas y medianas (MINECON, 2012). Lo que hace, que por una parte el emprendimiento exitoso no está asociado a un segmento tan joven, y cuando inicia esta etapa, lo hace con un punto de partida con una inversión baja y un costo operativo inicial bajo, también. Por otra parte, las Pequeñas y Medianas empresas constituyen el 23.2 % del total de empresas, pero si se suman las microempresas, el total de empresas considerando los tres tamaños más pequeños llegan al orden del 98.4% de las empresas que están funcionando. Y entre ellas absorben casi el 55% del empleo para el caso chileno (Arellano & Carrasco, 2014). Las cifras se replican de forma similar al resto en Latinoamérica (Cleri, 2007), en algunos países de la región, la participación en el empleo supera el 85% (Henríquez, 2009). Considerando el contexto, las PYMES de Latinoamérica representan un elemento gravitante en la empleabilidad, pero enfrentan una serie de problemas (Cleri, 2007; OECD, 2009), documentados tanto en Europa como Latinoamérica, pero que es fácil suponer que en el último continente se ven exacerbados por razones sociales, políticas y culturales: alta tasa de mortalidad de las empresas, sensibilidad a los entornos negativos, falta de información, operaciones con volúmenes limitados, producción excesivamente diversificada o con muy poca diversificación (están en ambos extremos), retraso tecnológico, baja productividad, dificultades de acceso al financiamiento, carencia de estrategia, gestión inadecuada, problemas de formación en los recursos humanos, falta de comunicación, aislamiento, bajas demandas de servicios de apoyo, organizaciones jerárquicas y autoritarias, localización inadecuada, crecimiento no planificado, inversión no orientada estratégicamente, falta de mentalidad exportadora, falta de acceso al crédito, o excesiva dependencia del crédito. La lista anterior sigue vigente.

Por otra parte, compartimos la definición de innovación de Kanter (1983) citada en Shavinina (2003) quién establece que: “la innovación es la generación, aceptación, e implementación de nuevas ideas, procesos, productos o servicios”, lo que amplía las definiciones referenciadas en otros organismos como la OECD. Lo único ausente en la definición anterior, tiene relación con la motivación implícita esencial para innovar, por ello, se agrega como convención en este artículo a la definición anterior el compromiso de que el resultado del proyecto de innovación haga explícito el aporte de valor que desea o se intenta obtener a través de su implantación, para que el impacto de dicho resultado sea visible a quienes participan del proceso, y permita transformarse en un factor impulsor para nuevos proyectos de innovación y así fomentar la dinámica evolutiva de esta. Lo interesante de la definición anterior es que no queda prisionera de tecnicismos y es limpia respecto del objeto a definir. También, lo expuesto por (Kanter, 1983), hace evidente que la innovación tiene relación con Gestión del Cambio, y una relación muy indirecta con el emprendimiento, que sólo se produciría cuando se pueda realizar un negocio a partir de alguna innovación desarrollada.

Es notorio, que la innovación está caracterizada desde hace bastante tiempo, y sin embargo se han ignorado los conceptos y beneficios de los elementos de innovación incremental, donde las mejoras son obtenidas a partir de cambios pequeños o reingeniería de procesos con resultados mucho más altos que la innovación de productos nuevos (innovación radical), que requieren de esfuerzos adicionales por parte de organización como: cambiar los objetivos corporativos o haciendo específicos ciertos sistemas de producción para cumplir con el nuevo producto, lo que le quita flexibilidad y hace dependiente a la empresa (Abernathy & Utterback, 1978). Así, en vez de la innovación incremental o radical, se opta por un modelo de innovación evolutiva (Abernathy & Utterback, 1978). Con la virtud de que a partir de ciertos cambios se pueda llegar a innovación radical.

Un elemento importante y necesario a considerar, tiene relación con las estructuras y estrategias pedagógicas usadas en el aula

de clases, como Mills & Treagust (2003) escribieron, la estrategia de tiza y pizarra hace tiempo que evidencia que es ineficiente en la formación de Ingeniería, sin embargo, al día de hoy, es una práctica común aún en la Universidades y Centros Técnicos tanto en Chile como otros países latinoamericanos. De los paradigmas dominantes, se prefirió escoger el aprendizaje basado en proyectos (Project-Based Learning), definido como un método de enseñanza en el que los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades al trabajar por un período prolongado de tiempo para investigar y responder a una pregunta, problema o desafío auténtico, atractivo y complejo (PBL, 2018). Siendo parte de las virtudes del PBL: el trabajo en equipo, habilidades de comunicación oral y escrita, auto aprendizaje continuo, flexibilidad para adaptarse a situaciones inesperadas, liderazgo, organización, habilidades de gestión, entre otras (Silva et al, 2018, Zancul et al, 2017). Con dicha metodología además se logran aspectos de aprendizajes profundos con prácticas reales simultáneamente.

Por diversas razones, esencialmente de Agencias de Acreditación Nacionales como por los Rankings internacionales, las Universidades se han visto en menor o mayor medida a generar y evidenciar avances y logros respecto de la Tercera Misión. Entendida desde la formación continua de profesionales hasta la creación de proyectos empresariales y de inserción laboral, bajo el aspecto de la responsabilidad social institucional y el compromiso de transformar el conocimiento económico (García-Peñalvo, 2016). Esta obligación pendiente fuerza la búsqueda de sectores, empresas o poblaciones que requieran que sus necesidades sean atendidas o trabajen con las Universidades en aras de completar la tercera misión.

Como corolario, a la búsqueda de desarrollo e innovación docente y evidenciable, en el sentido exigido por ABET, la respuesta a la formación de competencias compeldidas respecto de innovación, eligiendo este tópico dado que el emprendimiento es una decisión realizada posteriormente, no antes de unos veinte años en el caso de ingenieros, y el alcance de metas relacionadas con la Tercera Misión, que impacte de cara a la validación de competencias profesionales

realmente adquiridas, es ese el contexto en el cual se planteó el desarrollo de la presente investigación, con su modificación curricular y su debido sostén institucional, buscando un sector donde el impacto sea alto atendiendo a la precariedad de su desarrollo, particularmente por la dificultad de acceder a recursos humanos de alto desempeño, resultando lo más atractivo desarrollarlo en PYMES, dada la cantidad de empresas, lo que facilita posibilidades de encontrar disposición para trabajar con una Universidad, la cantidad y variabilidad de sectores, y considerando que la adquisición de competencias de innovación y desarrollo de proyectos se produzca en un sector con problemas de acceso a recursos específicos y especializados.

El objetivo central de la investigación fue desarrollar un curso de innovación, sobre una empresa PYME real, para el transcurso de un semestre, con evaluación y validación de los aprendizajes adquiridos.

Desarrollo

Para desarrollar el proyecto subsecuente del presente texto se utilizó una estructura similar a la propuesta en (Felder & Brent, 2003), con el fin de ordenar la secuencia del programa expuesto y la serie de pasos propuestos posteriormente.

El curso fue desarrollado solamente para alumnos de Ingeniería Industrial.

Para enfocar el desarrollo de un curso de innovación se reviso una lista extensa de bibliografía, donde se terminó aceptando como un tópico inicial para comprender que se quiere lograr del punto de vista cognitivo en innovación, centralmente con dos textos. Por una parte, se encuentra el texto de Majaro (1988). Pese al tiempo en que fue desarrollado el libro es bastante esclarecedor, la innovación no es gratis, y no surge de un contexto vacío, toda innovación tiene punto de partida en un diagnóstico. Y este elemento, es esclarecedor, todas las demás técnicas usadas hasta el presente como: tormenta de ideas, uso de diagramas de Ishikawa, etc., con la excepción de TRIZ (Fey and Rivin, 2005), son expuestas

en el libro. Pero en palabras del propio autor, esas metodologías son para buscar solución cuando ya ha habido un diagnóstico. Lo interesante es que el libro cuenta con una planilla, para medir mediante una encuesta reunión con puntaje, el nivel de desarrollo de creatividad en las distintas áreas de la empresa, asumiendo que a partir del diagnóstico se puedan identificar las áreas con baja captura de creatividad o con problemas en ésta.

El otro texto corresponde al escrito por Mihaly Csikszentmihalyi (1998), particularmente porque contiene en el Capítulo 14 de la edición en español, un programa para potenciar la creatividad (capítulo del mismo nombre), obtenido como un compendio de los hábitos que las personas creativas declararon en las entrevistas que fueron realizadas por el autor en su calidad de investigador, donde entre otras prácticas se incluye, por ejemplo, el ejercicio de anotar y repasar lo aprendido durante el día, entre otras. Lo interesante de Csikszentmihalyi, es que su investigación de larga data sobre la creatividad le permite afirmar que esta última surge de la interacción entre los pensamientos de la persona y su contexto sociocultural, por lo que parte del curso debe estar destinado a cambiar la mirada al contexto sociocultural de los alumnos, entendiendo que este no es desafiante intelectualmente para ellos mismos. Informalmente al ser consultados, muchos de los alumnos del curso reconocen que no leen nada adicional a lo exigido en los cursos que están desarrollando durante su semestre regular.

Los dos textos anteriores son importantes para el desarrollo, tanto de la instrucción como de la medición de logros.

Para tener una mirada que permita diagnosticar el estado de desarrollo de una PYME, se siguió la propuesta de visión sistémica realizada (Schroeder, 2005), donde se identifica: El área de gestión estratégica, las áreas fundamentales: Operaciones, Marketing y Finanzas, y las áreas de Soporte: Recursos Humanos, Sistemas de Información y Contabilidad. Para ello se realizó una pauta de medición con esas seis áreas, colando puntajes respecto del nivel de maduración, y se extendió la de Majaro (1988) al área de sistemas de información, que para el año de desarrollo del texto no existía la consideración de dicha área.

De esa forma se desarrollaron los siguientes objetivos de aprendizaje:

1. Mostrar habilidad para diagnosticar las áreas de la empresa, respecto de su funcionamiento y nivel de captura de creatividad.
2. Mostrar habilidad para encontrar oportunidades de innovación (mejoras) a partir de la interpretación de diagnósticos desarrollados con búsqueda de causas raíces.
3. Plantear la innovación como un problema de ingeniería y comprensión del impacto de la propuesta desarrollada.
4. Mostrar habilidad para comunicarse efectivamente.
5. Mostrar habilidad para usar herramientas utilizadas en la actualidad en la ingeniería.

El diagnóstico de la empresa se desarrolla sobre una PYME, donde el número máximo de alumnos por proyecto es dos, debido a que es una práctica habitual de grupos más numerosos, los demás miembros no trabajan en el proyecto.

La idea de propuesta de innovación tiene la restricción de que su financiamiento no debe superar inicialmente el monto de \$ 500.000 CL pesos, aproximadamente unos 770 USD a Octubre de 2018, donde por acuerdo de la empresa puede ser más.

El programa final cuenta con evaluaciones de lecturas, evaluaciones solemnes, presentación de informes y presentaciones orales del proyecto.

Para evidenciar los logros del Objetivo 1 de aprendizaje, los alumnos deben llenar dos encuestas con puntajes disponibles de la empresa en archivos Excel, ello les permitía después graficar resultados y usar la herramienta para el cumplimiento del Objetivo 5.

Tanto para la búsqueda de la innovación (Objetivo de aprendizaje 2) se usaron las planillas de Majaro (1988) donde se evalúan las innovaciones propuestas, su pertinencia y externalidades. Los archivos fueron entregados en formatos Excel (Objetivo 5).

Para el planteamiento de la Innovación como un problema de

ingeniería (Objetivo 3), se les entregó a los alumnos los formatos del archivo en Word para el desarrollo del proyecto, muy similar a la práctica de la entrega de los formatos de artículos científicos, donde el investigador va llenando los puntos solicitados. Se les evalúa y mide según la concordancia del nivel del texto escrito y las faltas de ortografía, cumpliendo con el Objetivo 4 y 5. El informe se entrega en dos etapas, la primera incluye solamente la encuesta del diagnóstico, y en la segunda todos los elementos finales. Por otra parte, se entrega una pauta para evaluar el costo, inversión y retorno de la innovación propuesta, con el fin de capturar su valor económico como también las externalidades positivas de su desarrollo realizado, y su valor cualitativo (del que se habló en la primera sección). Para las propuestas, se solicita que los alumnos al menos desarrollen tres, y con la empresa elijan una para la evaluación final. Los alumnos deben presentar en dos etapas el proyecto con el diagnóstico, para compartirlo con sus compañeros de curso, y el proyecto final. En la presentación se entrega puntaje a los alumnos que hagan preguntas que cuestionen los alcances del diagnóstico y la propuesta de innovación desarrollada, sin afectar la nota de la presentación, quien no haga preguntas tiene menos nota. Es una forma de incentivar detectar errores o problemas no observados en la innovación. El puntaje de la presentación se suma al informe, no se promedian notas, de manera que los alumnos deben cumplir todas las etapas para obtener las notas aprobatorias.

Para mejorar el contexto social, se interroga todas las semanas en las que no hay evaluación de otro tipo, con tres preguntas de 15 minutos respecto de un suplemento de un periódico chileno, que todos los sábados incluye temas de ciencia o sociales o problemas detectados. Esos tópicos son usados después en las discusiones de clases.

Tabla 1

Tabla de evaluaciones finales.

Tipo Evaluación	Porcentaje Nota Final
Trabajos esporádicos, lecturas, interrogaciones.	20%
Evaluación escrita solemne I	12 %
Evaluación escrita solemne II	12%

Proyecto Fase I, donde de la nota: 50% de la nota es la calidad del informe escrito. 25% por presentación. 25% por preguntas, sugerencias y debates a los compañeros de otros grupos. La escala en el caso de Chile incluye un punto base.	22%
Proyecto Fase I, donde de la nota: 50% de la nota es la calidad del informe escrito. 25% por presentación. 25% por preguntas, sugerencias y debates a los compañeros de otros grupos. La escala en el caso de Chile incluye un punto base.	34%

La Tabla 1 incluye la forma en que fueron divididas las evaluaciones. Por razones administrativas, hay universidades que tienen examen, la nota final obtenida con esa Tabla es la nota de presentación. Es importante notar, en consonancia con (Felder & Brent, 2003), que los desempeños de aprendizaje son evaluados por capacidad de realizar entrevistas, capacidad de análisis de los datos, evaluación a pares y evaluación de pares, reportes de proyectos escritos, presentación oral, formulación de propuestas e identificación de problemas y negociación con la empresa, ya que la propuesta de innovación es revisada con ellos para construir las tablas de pertenencia.

Un aspecto importante del curso tiene que ver con la programación

de la agenda de avance, ya que los tópicos de desarrollo deben ir en paralelo al avance de la clase (Tabla 2).

Tabla 2
Planificación del Curso.

Semana	Tópico
Semana 1	Condiciones del curso y presentación del contenido.
Semana 2	Desafíos para el desarrollo.
Semana 3	Contextualizando la empresa. Envío de trabajo de desarrollo de plan de creatividad personal (Csikszentmihalyi, 1998).
Semana 4	La mirada desde la Estrategia.
Semana 5	Presentación de la herramienta de diagnóstico y diagnóstico de la creatividad. Entrega del Trabajo de desarrollo de plan de creatividad personal (Csikszentmihalyi, 1998).
Semana 6	Evaluación Solemne I.
Semana 7	Presentación del Informe I.
Semana 8	Definir que se entiende por Innovación.
Semana 9	Tipos de innovación.
Semana 10	Generación del problema de innovación.
Semana 11	Innovación, Creatividad y emprendimiento.
Semana 12	Escucha Creativa (Taller donde se escucha música).
Semana 13	Incorporar la creatividad al diagnóstico de la empresa.
Semana 14	Plantear modelo de sustentabilidad del negocio.
Semana 15	Presentación del Informe II.
Semana 16	Solemne II.
Semana 17	Evaluación Grupal de la experiencia del curso.

La planificación del curso (Tabla 2), permitió evaluar siete empresas con un curso de 14 alumnos, donde los giros de cada uno de ellos fueron: Oficina de Arquitectura, Salón de Belleza, Refrigeración, Radio Taxis, Hostería Restaurante, Amasandería (Panadería pequeña), y un Restaurant – Pub, todos ubicados en la Comuna de la Cisterna, Santiago de Chile.

El resultado de la encuesta de nivel de maduración de las áreas, para el caso del Restaurant PUB, puede visualizarse en la Figura 1.

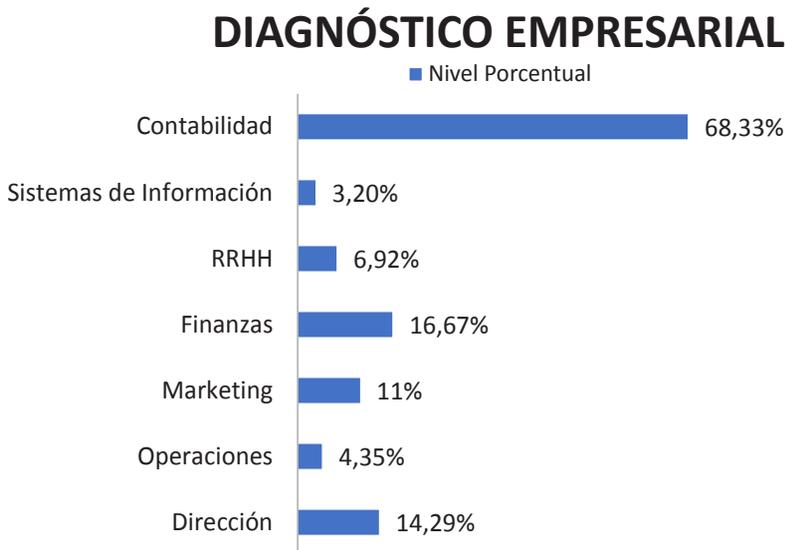


Figura 1: resultado del nivel de maduración del Diagnóstico empresarial.



Figura 2: diagnóstico de la creatividad extendido del caso de Majaro (1998).

La Figura 2 muestra el diagnóstico de las capacidades creativas en el mismo Restaurant que la Figura 1.

El análisis es el mismo para los demás casos. En el Restaurant del ejemplo, las alumnas del grupo, además, encuestaron los clientes para conocer la satisfacción del servicio. Es decir, desarrollaron más elementos que los solicitados en el curso. Este elemento fue recurrente, en varios de los casos de empresas, los alumnos hicieron tareas relacionadas más allá de lo que fue pedido originalmente.

Para el caso del ejemplo, la idea fue expandir la atención agregando la cocina, en el bien entendido que ese Restaurant estaban especializados en cerveza sin consumo de comida. El restaurant implementó el proyecto y aumentó en un 35% el ingreso de sus ventas.

Del total de siete proyectos presentados, tres fueron implementados. De acuerdo con los lineamientos de PBL (2018), lo único que faltó en el curso fue la presentación formal con los empresarios, para recibir la realimentación de ellos respecto de los proyectos presentados.

Por parte de los alumnos, en todos los casos desarrollaron más tareas que las propuestas, de manera que los resultados sobrepasaron las expectativas, de hecho, uno de los alumnos, usó la metodología para hacer una consultoría de innovación en el mes de diciembre y enero que son meses estivales sin clases.

La experiencia indica que un profesor no puede atender más de 12 proyectos simultáneos, toda vez que en la ejecución de los proyectos se establecieron horas extras de consulta para el desarrollo de los informes.

Conclusiones

La experiencia fue gratificante principalmente porque se obtuvieron los siguientes resultados simultáneos:

Entre los aspectos relevantes para el futuro están:

1. Los alumnos cumplieron a cabalidad con la agenda de trabajo. Hubo menos ausentismo que lo habitual para asignaturas del

- mismo nivel, ya que eran alumnos de cuarto año.
2. Faltó la presentación con los empresarios. De manera de recibir la realimentación directa de los involucrados y los proyectos desarrollados.
 3. Es necesario desarrollar una encuesta específica para capturar los aprendizajes profundos y los cambios de percepción respecto de lo que los alumnos pensaban de la innovación antes de desarrollar la asignatura y después de cursarla.
 4. Integrar la experiencia a las áreas de vinculación permanente de la Universidad, ya que el desarrollo de experiencia con el sector productivo fue real y fructífera. De hecho, el empresario del ejemplo cuyas imágenes fueron puestas respecto de los resultados finales, firmó una carta para participar en un proyecto con el fin de financiar la práctica desarrollada en innovación.
 5. Conseguir financiamiento para desarrollar de manera permanente la práctica de innovación en PYMES, apareciendo oportunidades de proyectos, innovación evolutiva, propuestas para tesis de graduación y postulación a programas formales de investigación.
 6. Postular a fondos para obtención de recursos permanentes para la actividad de desarrollo de innovación en PYMES, toda vez que el 35% de los proyectos quedó implementado, y cada uno de los implementados aumentó la utilidad en el 30% de cada empresa.
 7. Generar la etapa subsiguiente para un curso de implementación de innovación o ejecución de los planes de innovación propuestos.
 8. Medir el nivel de satisfacción de logro en los alumnos y empresarios vinculados mediante sus proyectos desarrollados.
 9. Exportar el modelo para ejecutarlo en otra parte de Sudamérica o Latinoamérica, y evidenciar el cumplimiento de logros en otras zonas.
 10. Desarrollar la metodología de innovación como un cuerpo de desarrollo propio.
 11. Desarrollar un vínculo de trabajo permanente con algún sector de PYMES con necesidades de presencia permanente de innovación en el quehacer del negocio propio.

12. Aún queda pendiente que los alumnos postulen el proyecto a instancias gubernamentales que prestan dineros para asesorías, desarrollo o ejecución de los proyectos levantados con el fin de que una instancia externa evalúe la pertinencia de los resultados propuestos respecto del impacto en el negocio real. No se ha planteado por parte del autor, que esto llegue a significar un ingreso para el alumno, pero eventualmente existe en perspectiva la necesidad de que ello pueda ser relevante.
13. Otro desafío, tiene relación con ver el curso con alumnos de otras ingenierías, para ver los resultados y proyectos que ellos logran generar.
14. Lo más sorprendente tiene que ver con los resultados asociados al compromiso de los alumnos, según la apreciación particular del investigador, tiene relación con que el aprendizaje basado en proyectos, es lo más cercano a un tipo de formación dual (Göhringer, 2002), donde quedan los desafíos mencionados anteriormente.

Rerencias bibliográficas

ABET (2015). Criteria for accrediting engineering programs. Recuperado de: <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/10/E001-16-17-EAC-Criteria-10-20-15.pdf>.

Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology review*, 80(7), 40-47.

Arellano, P., & Carrasco, C. (2014). *Las empresas en Chile por tamaño y sector económico desde el 2005 a la fecha*. Unidad de Estudios. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. Rescatado de: <http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2014/06/Bolet%C3%ADn-Empresas-en-Chile-por-Tama%C3%B1o-y-Sector-2005-2012.pdf>.

Azoulay, P., Jones, B., Kim, J. D., & Miranda, J. (2018). Age and High-Growth Entrepreneurship (No. w24489). *National Bureau of Economic Research*. doi:10.3386/w24489.

Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*, quinta impresión 2012. Barcelona: Paidós.

Cleri, C. (2007). *El Libro de las PYMES*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.

CORFO (2012). *Perfil del Emprendedor Chileno y Sus Emprendimientos*. Recuperado de: <http://repositoriodigital.corfo.cl/bitstream/handle/11373/8399/PERFIL%20DE%20EMPRENEDORES.pdf?sequence=1>.

Felder, R. M. (1998). ABET criteria 2000: An exercise in engineering problem solving. *Chemical Engineering Education*, 32, 126-127.

Felder, R. M. and Brent, R. (2003), Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria. *Journal of Engineering Education*, 92, 7-25. doi:10.1002/j.2168-9830.2003.tb00734.x.

Fey, V., & Rivin, E. (2005). *Innovation on demand: new product development using TRIZ*. Cambridge University Press.

García-Peñalvo, F. (2016). La tercera misión. *Education In The Knowledge Society (EKS)*, 17(1), 7-18. doi:10.14201/eks2016171718.

Gavin, K. (2011). Case study of a project-based learning course in civil engineering design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547-558. doi:10.1080/03043797.2011.624173.

Göhringer, A. (2002). University of Cooperative Education-Karlsruhe: The dual system of higher education in Germany. training (Asia-Pacific *Journal of Cooperative Education*, 2002, 3 (2), 53, 58.

Henríquez, L. (2009). *Políticas para las Mipymes frente a la crisis*. Conclusiones de un estudio comparativo de América Latina y Europa. Documento de Trabajo Europe Aid y ONUDI.

Hidalgo, C. (2015). *Why information grows: The evolution of order, from atoms to economies*. Basic Books. (En español: Hidalgo, C. (2017). *El triunfo de la información: La evolución del orden, de los átomos a las economías*. Barcelona: Debate).

Ingeniería2030 (2018). *The Clover, Ingeniería 2030*. Recuperado de: <https://www.ingenieria2030.org/>.

Majaro, Simon. (1988). *Cómo generar ideas para generar beneficios: La brecha creativa*. Buenos Aires: Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer. *Australasian journal of engineering education*, 3(2), 2-16.

MINECON (2012). Caracterización del Emprendedor Chileno y sus Emprendimientos. Rescatado de: <http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2012/05/Boletin-ELE-emprendedores.pdf>.

OECD.(2009).*TheImpactoftheGlobalCrisisonSMEandEntrepreneurship Financing and Policy Responses*. Rescatado de: http://www.oecd.org/document/6/0,3746,en_2649_34197_43182598_1_1_1_1,00.html.

PBL. (2018). Project Based Learning Site of Buck Institute for Education (BIE). Rescatado de: http://www.bie.org/object/offsite/pbl_online_org/.

Rugarcia, A., Felder, R. M., Woods, D. R., & Stice, J. E. (2000). The future of engineering education I. A vision for a new century. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 16-25.

Schroeder, Roger G. (2005). *Administración de Operaciones*, México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Shavinina, Larisa V. (2003). *The International Handbook on Innovation*. Kidlington, Oxford, UK: Elsevier Science Ltd.

Silva, F. B., Sabbatini, F. H., & de Barros, M. M. (2018). *Project-*

Based Learning in Civil Engineering Education: an Experience at the University of São Paulo. Rescatado de: https://www.researchgate.net/profile/Fernanda_Silva5/publication/302179645_Project-Based_Learning_in_Civil_Engineering_Education_an_Experience_at_the_University_of_Sao_Paulo/links/572e9f8708ae3736095b1885.pdf.

Silva, J. (2008). *Emprendedor*. Bogotá-Colombia: Editorial Alfaomega.

Zancul, E. D. S., Sousa-Zomer, T. T., & Cauchick-Miguel, P. A. (2017). Project-based learning approach: improvements of an undergraduate course in new product development. *Production*, 27 (SPE).

Análisis de la efectividad de la normativa vigente en el control de fraude académico en programas universitarios virtuales: una revisión¹

Gustavo Andrés Araque González²; Gabriel Jaime Rivera León³; Fernando Ceballos⁴; Martha Catalina Ospina Hernández⁵

Resumen

El fraude académico es un fenómeno que no es nuevo y se ha estudiado desde hace algunos años, debido al impacto que éste genera en la sociedad, dado que un estudiante que comete fraude puede ser un profesional, por un lado, mal preparado, y por otro, un profesional que estará dispuesto a infringir las normas con tal de obtener algún beneficio. Debido a esta preocupación y dado los factores de riesgo para cometer fraude a los que están expuestos los estudiantes universitarios en modalidad virtual, se hace necesario plantear estrategias que ayuden a prevenir este fenómeno tan arraigado en nuestras comunidades académicas. En este sentido, se propone diseñar, construir y validar un modelo de simulación, que permita estudiar la dinámica del fraude académico en los programas universitarios virtuales, tomando como caso de estudio a estudiantes de la “Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD” y de la “Universidad de Antioquia”. El modelo de simulación, será construido en base a los resultados de una encuesta anónima realizada a los estudiantes seleccionados y será validado usando técnicas de Diseño de Experimentos.

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado “Efectividad de la normativa vigente en el control de fraude académico, caso de estudio; programas universitarios virtuales.” y realizado entre 2018.

²Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería de Producción. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. E-mail: gustavo.araque@unad.edu.co.

³Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. E-mail: jaimе.rivera@unad.edu.co.

⁴Ingeniero de sistemas e Informática. Magíster en ingeniería – Ingeniería de sistemas. Doctor en Ingeniería. Universidad de Antioquia. yony.cebillos@udea.edu.co.

⁵Ingeniera de producción industrial. Magíster en educación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. martha.ospina@unad.edu.co.

Palabras clave: fraude académico, modelamiento, dinámica de sistemas, simulación de sistemas, diseño de experimentos, validación de modelos de simulación, programas universitarios virtuales, plagio en la virtualidad, plagio en programas virtuales, integridad académica, agentes, simulación basada en agentes.

Abstract

Academic fraud is a phenomenon that is not new and has been studied for some years, due to the impact it generates in society, since a student who commits fraud can be a professional, on the one hand, poorly prepared, and another, a professional who will be willing to violate the rules to obtain some benefit. Due to this concern and given the risk factors to commit fraud to which university students are exposed in virtual teaching, it is necessary to propose strategies that aid to prevent this phenomenon in our academic communities. For this reason, we designed, build and validate a simulation model that allows studying the dynamics of academic fraud in virtual programs at the university, taking students from the “Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD” and “Universidad de Antioquia” as a case study. The simulation model will be constructed based on the results of an anonymous survey conducted on selected students and will be validated using Experimental Design techniques.

Keywords: academic fraud, modelling, system dynamics, simulation, design of experiments, model's validation, virtual university programs, plagiarism, integrity, agents, agent-based simulation.

Introducción

En los programas virtuales, la posibilidad de realizar copias a trabajos escritos, informes, ensayos y otras herramientas de evaluación es una problemática constante de aquellos estudiantes que no poseen el tiempo, la capacidad, la formación previa y la ética para asumir de manera responsable un proceso de aprendizaje (Agud, 2014). Estas situaciones existentes en los centros educativos facilitan la aparición de corrupción, ya que si no hay medidas efectivas que

disminuyan o eliminen esta práctica se puede estar formando de manera errónea a los futuros profesionales.

En este documento se hace una revisión de literatura de un conjunto de investigaciones que soportan la hipótesis de que existe una cultura del fraude académico en los centros de educación, específicamente a nivel universitario. Posteriormente se propone la aplicación de la simulación para evaluar diferentes escenarios basados en políticas orientadas a disminuir el fraude académico. El modelo de simulación y los resultados serán evaluados mediante diseño experimental.

El fraude académico en programas universitarios virtuales

El plagio académico es una problemática constante vivida en los contextos educativos, esta es definida por (Liaño, 1999) como hacer propio o “dar el carácter de original a una obra que no lo es”, esta situación en ocasiones inmanejable, se presenta desde hace varios años en contextos universitarios. (Torres, 2014), manifiesta que si bien, hay estudios que lo mencionan, las fuentes documentales para frenar esta problemática son limitadas ya que no se reportan documentos de la manera de detenerlo, puesto que, a pesar de los software existentes, e implementados en las instituciones de educación superior, el plagio sigue presentándose, por lo que los estudiantes se siguen mostrando como autores de tareas, videos y todo el material académico necesario, lo que pone en tela de juicio la credibilidad de los autores de las diferentes obras, además del nombre de las prestigiosas universidades que deben titular cada vez a más estudiantes. (Ledwith & Rísquez, 2008), establecen que algunas de las herramientas utilizadas para tratar de frenar el plagio en los contextos académicos, se encuentran relacionados los software: Ephorus, Plagium, Approbo, PlagScan, Compilatio o Turnitin. Este problema de sobredimensiona cuando estas obras mal manejadas son presentadas para ser publicadas como artículos académicos en revistas indexadas (Youmans, 2011).

De allí la importancia y el reto de las instituciones educativas,

de la formación en valores, responsabilidad social, académica, cultural, entre otros, más aún cuando los estudios son mediante la modalidad virtual, debido a que el facilismo académico se apodera de un estudiante que no ha tenido la cultura de estudio, en su afán de cumplir con algunas responsabilidades, puede incurrir en este error, y de acuerdo a lo descrito por (Youmans, 2011) se minimiza la cultura ontológica, además de establecer la creencia de que el escrito no será revisado por el tutor. Por ello para estudiantes de primeros periodos académicos, se hace relevante el desarrollo de competencias de lectoescritura, mediante ejercicios de producción académica, y elaboración de ensayos, análisis críticos, elaboración de artículos, entre otros y durante el desarrollo de la carrera profesional, debido a que por ser una modalidad de estudio virtual, se convierte en un escenario para hacer este tipo de ejercicios dinamizadores de la producción intelectual y el respeto por la autoría del otro.

A partir de lo anteriormente expuesto, en la tabla 1 se presenta la definición de plagio académico a partir de los estudios de algunos especialistas en la temática y que han sido consultados por los autores en diferentes repositorios.

Tabla 1.

Definición de Plagio Académico a la luz de los expertos.

Autor	Definición	Fuente
(Díaz, 2016)	Las distorsiones en la definición de autoría, que incluyen tanto omisiones como menciones inmerecidas; la no declaración de conflictos de interés, tanto por autores como por revisores; las publicaciones redundantes, fraccionadas o infladas; la violación de la confidencialidad, entre otras.	(Díaz, 2016). El fraude en las publicaciones científicas: más allá de fabricar, falsificar y plagiar. Tecno Lógicas, vol. 19, núm. 36, pp. 9-12 Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín, Colombia

<p>(Mavisakalyan, 2016)</p>	<p>Se considera como la ausencia de mecanismos de control de la corrupción y la integridad en las universidades, por lo que es un desafío importante para abordar los niveles más altos de corrupción.</p>	<p>(Mavisakalyan, 2016). The labor market return to academic fraud en Aleksanyan H., 2012. Cases of Corruption and its Prevention in Armenia's Education System. Norwegian Institute of International Affairs. Recuperado de www.el-sevier.com/locate/eer</p>
<p>(Roquet, 2010)</p>	<p>Derivado del latín <i>fraus</i>: significa mala fe o engaño, definido como el acto para eludir o burlar los derechos de una persona o una comunidad. Del griego <i>plágios</i>, significa oblicuo o engañoso. Del latín <i>plagiare</i>, significa copiar o imitar una obra ajena, especialmente literaria o artística, presentándola como propia, en América es sinónimo de secuestro. El concepto popularmente recibe otros nombres sinónimos como: fusilar, piratear, copiar, clonar, ciberplagiar, entre otros.</p>	<p>(Roquet, 2010). <i>Fraude y plagio académico en los ambientes virtuales de aprendizaje</i>. Recuperado de file:///C:/Users/hp/Downloads/Plagio_en_los_ambientes_virtuales_de_aprendizaje.pdf</p>
<p>(Díaz, 2016)</p>	<p>El fraude académico es una práctica deshonesta muy frecuente, difundida en el ambiente universitario, en el que se encuentran afectados los valores y el sentido de responsabilidad con la academia y su formación profesional, el cual se verá reflejado en una posible mal praxis.</p>	<p>(Díaz, 2016); <i>Relación del fraude académico con situaciones personales que enfrentan los estudiantes en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena (Colombia)</i> Salud Uninorte, vol. 26, núm. 1, 2010, pp. 85-97 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia</p>
<p>(Liaño, 1999)</p>	<p>Dar el carácter de original a una obra que no lo es.</p>	<p>(Liaño, 1999). Diccionario jurídico, Oviedo, Forum, 1999, p. 264. ISBN 84-87586-41-4.</p>

<p>(Misconduct & Preamble for Research Misconduct Policy, 2000)</p>	<p>Fabricación, falsificación o plagio en la propuesta, desarrollo o revisión de investigaciones o en el reporte de los resultados de investigación</p>	<p>(Misconduct & Preamble for Research Misconduct Policy, 2000) p. 76 260 –76 264, 2000. Recovered from https://ori.hhs.gov/federal-research-misconduct-policy</p>
<p>(Diekhoff, 1996)</p>	<p>El fraude está influenciado por una serie de características de individuos que incluyen edad, sexo, promedio de calificaciones, la influencia de los compañeros, los programas y políticas de integridad académica de las instituciones y la gravedad percibida de las sanciones por hacer trampa</p>	<p>(Diekhoff, 1996)</p>

A partir de las definiciones expuestas en la tabla 1, se hace importante indagar los estudios que se han llevado a cabo acerca de la problemática planteada en la presente investigación, encontrando dentro de los mismos lo siguiente:

(Torres, 2014) advierte acerca de los compromisos de honestidad académica exigidos por las universidades en el momento de matricular a sus estudiantes, estos compromisos han sido adoptados por universidades estadounidenses en la que se busca la incorporación de medidas preventivas al concientizar a su población estudiantil. Por su parte (Sureda, 2009), manifiesta acerca de este flagelo que se está convirtiendo en un cáncer académico. Estos autores también establecen que se ha diseñado e implementado normatividad internacional con el fin de frenar la problemática del plagio. Cada país las aplica de acuerdo a las legislaciones internas. Entre ellas se encuentran:

- ACRL/ALA. Information Literacy Competency Standards for Higher Education.
- SCONUL. Information Skills in Higher Education.
- ANZIIL/CAUL. Australian and New Zealand Information Literacy Framework.

Por otro lado, Europa utiliza las normas (ACRL/ALA, 2000), considerándolas de fácil usabilidad, y reuniendo las cinco competencias que todo estudiante debe tener para el manejo de la información:

“Determinación de la naturaleza y nivel de la información. Acceso a la información de manera eficaz y eficiente. Evaluación de la información de forma crítica e incorporación a su propia base de conocimientos y a su sistema de valores. Utilización de la información eficazmente para cumplir un propósito específico. Comprensión de muchos de los problemas y cuestiones económicas, legales y sociales que rodean el uso de la información, accesibilidad y utilización de la información de forma ética y legal” (ACRL/ALA, 2000).

Por su parte (Tarragó, 2014), en su investigación acerca de cómo el fraude académico afecta considerablemente la comunidad científica, y como el mismo se ha propagado como una enfermedad con un comportamiento gráfico que describe una curva exponencial, define el comportamiento del rechazo de las revistas especializadas antes diferentes conductas inadecuadas para la comunidad científica que pone en entre dicho la objetividad académica por el flagelo que está permeando la academia.

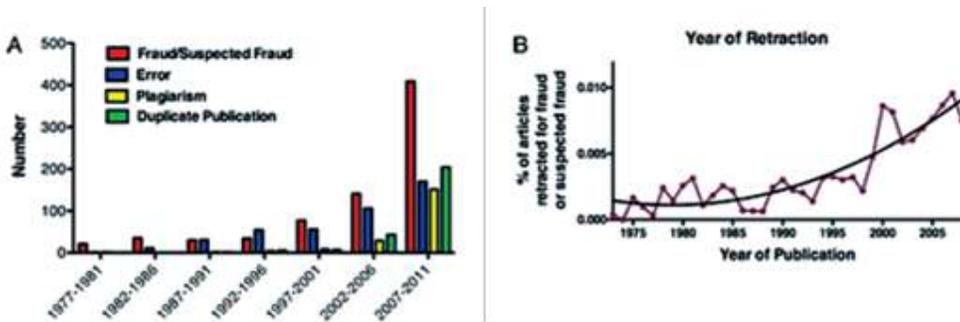


Figura 1. Incremento de retractación por parte de las revistas especializadas, a causa de las malas conductas en investigación. Fuente: tomado de Tarragó (2014).

Con lo anterior Franca (2011), plantea las siguientes estrategias para inhibir el plagio académico, como una manera para minimizar la retracción por parte de las revistas especializadas:

- Lograr una adecuada transparencia en la percepción y publicidad de las presiones y oportunidades lo que significa que entre mayor sean públicas las normativas disminuirán las malas conductas.
- Disponer de forma pública de los datos básicos que constituyen la “materia prima” de los artículos publicados, es decir, tener la posibilidad de revisar con detenimiento los datos y originales que dieron origen a un determinado informe.
- Disponer de mecanismos accesibles para denunciar los fraudes científicos a las autoridades responsables de su control, es decir tener auditores espontáneos (o anónimos) que denuncien este tipo de conductas al interior de una organización.

De la misma manera Ceballos (2011), identificó comportamientos fraudulentos de estudiantes para lograr mantener su vida académica. En su investigación se muestra que el 82% de la población objeto de estudio ha cometido fraude académico alguna vez en formación universitaria destacando los primeros semestres como fuente de esta práctica y en la mayoría de las actividades, considerándose esta cifra de alto impacto en el desarrollo de la presente investigación.

Analizando la situación en el contexto colombiano, dentro de las normativas nacionales, en Colombia de acuerdo a lo citado por el Ministerio de Educación Nacional “Tomar ideas textuales sin la debida cita que explique la fuente bibliográfica es una forma de plagio. El robo de ideas es una práctica que la ley colombiana castiga con cárcel a las personas que recurren a estas actividades”. La utilización de esta práctica en Colombia es tipificada como hurto por la legislación Colombiana mediante la ley 1032 del 2006 el cual establece que se puede pagar una condena por robo hasta de 8 años para las personas que incurran en este delito.

Las Instituciones de educación superior adoptan diferentes tipos de medidas para evitar que sus estudiantes comenten plagio, en una universidad colombiana, dentro de su reglamento estudiantil establece sanciones significativas en lo académico y disciplinario para estudiantes que comenten plagio. Allí se define lo siguiente:

La primera vez que se demuestre que un estudiante ha cometido plagio en una de las actividades de sus cursos, recibirá cero (00) puntos en la tarea, actividad o examen en cuestión, y la coordinación del programa al cual pertenece será informada de la transgresión. La segunda vez que un estudiante cometa plagio en una de las actividades evaluativas de alguno de sus cursos, le será asignada la calificación cero (00) en la calificación definitiva de ese curso, y la coordinación del programa y la Escuela, a la cual pertenece el programa, serán informadas de la transgresión (UNAD, 2018).

Una de las múltiples aproximaciones encontradas en la literatura, involucra el uso de alguna herramienta que permita representar los deseos de los individuos (en este caso los estudiantes) de cometer un acto orientado al plagio.

Diseño de experimentos en el análisis estadístico del fraude académico en cursos virtuales

El diseño de experimentos (DdE) hace referencia a la planeación, desarrollo y generación de estrategias de optimización, partiendo de escenarios en los cuales se comporta un sistema analizado. A partir de lo anterior, se trabaja en la toma de decisiones con la información resultante y los datos óptimos de salida. En la fase de construcción, conocida también como diseño, es importante realizar una revisión previa de la información de entrada, con el objetivo de minimizar la cantidad de datos iniciales, gestionar el sistema de administración del modelo analizado y realizar un entorno de simulación adecuado para los experimentos construidos (Castaño & Domínguez, 2001; García, 2004).

Kuehl (2001) y Vicente (2005), manifiestan que el Diseño de Experimentos (DdE) es la selección de las combinaciones de niveles de factores que serán realmente simulados en un experimento

con un modelo de simulación. El programa de simulación es utilizado como herramienta en el análisis de los escenarios para dichas combinaciones y como respuesta, se analizan los datos de entrada/salida del experimento, esto con el objetivo de derivar de ellos conclusiones y decisiones a tomar sobre la importancia de los factores. Cochran & Cox (1965), clasifican los diseños de experimentos en tres categorías principales, las cuales se presentarán en las secciones siguientes.

Diseño simples

De acuerdo con Montgomery (1991) y Rivera & Sutherland (2015) es a partir de este tipo de diseño el trabajo con una configuración o escenario básico de partida y a seguir se procede a variar un factor o variable, analizando el comportamiento del mismo sobre el sistema y el rendimiento simulado. Aunque sugerente por su simplicidad, este tipo de procesos no son estadísticamente eficientes y carácter de una identificación correcta de las interrelaciones entre los distintos factores, con lo que necesariamente conducirá a conclusiones erróneas.

Un ejemplo aplicado de diseño de experimento simple se presenta a seguir: Suponga, para tres factores ($k=3$) y dos niveles, denotaremos las combinaciones mediante 1 o -1 para identificar un valor “alto” o “bajo” del nivel en el caso de factores cuantitativos o la activación o desactivación de un factor en otro tipo de problemas. Obtenemos la Figura 2.

Diseño simple			
Combinación	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	-1	-1	1

Figura 2. Experimento de tres factores con dos niveles, escenario 1.

Fuente: (Salazar, 2009).

Sin embargo, si el criterio empleado para construir esta tabla se hubiera basado en la decisión de cambio de cada factor, uno tras otro, sin retornar el factor anterior a su valor primitivo, podrían obtenerse los resultados presentados en la Figura 3:

Diseño simple			
Combinación	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	1	1	-1
4	1	1	1

Figura 3. Experimento de tres factores con dos niveles, escenario 2.
Fuente: (Salazar, 2009).

De acuerdo con Ibáñez & Rivas(2005), Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012), se puede calcular el número total de configuraciones que se evaluarán en cada interacción. El número de combinaciones que consideraremos, con como el número de factores, cada uno de ellos con m niveles, vendrá dado por la expresión:

$$n = 1 + \sum_{i=1}^k (m_i - 1)$$

Figura 4. Ecuación 1.
Fuente: tomado de Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012).

De acuerdo con la figura 4 se puede evidenciar que esta aproximación de factores en cada interacción no es en la gran mayoría de los casos reales muy recomendable, debido al poco rigor de las conclusiones: por ejemplo, no proporciona estimadores no sesgados ni detecta interacciones que se puedan alcanzar a partir de los resultados obtenidos con un diseño que debemos considerar excesivamente simplista.

Diseños factoriales completos

Humberto (2003), establece como diseños factoriales completas los relacionados con aproximaciones en conjunto dentro del análisis de posibles alternativas de modelación del sistema investigado e implementación del conjunto de combinaciones posibles de los factores de distintos niveles. Esto equivale al producto del número de niveles de cada uno de los factores respectivamente.

Martínez (1988), argumenta que este tipo de modelos buscan evaluar todas las posibilidades e inducir al aprendizaje del modelo y su comportamiento: efectos e interacciones. Adicional a lo anterior se presenta como característica de alto costo el procesos de ejecución, ya que la magnitud del problema abordado es mayor y se requiere tiempo de ejecución para su correcto funcionamiento. Un primer planteamiento matemático para los diseños factoriales completo establece: El número total de experimentos a realizar con factores, en los que cada factor dispusiera de mil niveles, respectivamente, vendría dado por la expresión:

$$n = \prod_{i=1}^k m_i$$

Figura 5. Ecuación 2.

Fuente: tomado de Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012).

Si el objetivo es minimizar el inconveniente asociado a los niveles de experimentos, se puede simplificar la expresión disminuyendo el número de factores y/o el número de niveles considerados para cada factor. Generalmente se soluciona el tema cuando se enfoca el estudio en por lo menos un nivel inicial del estudio de simulación, sólo en dos niveles para cada uno de los factores. En la Figura 6 se expresa lo anterior, en donde se habla de diseños , donde es el número de experimentos que se realizan con las combinaciones de factores con dos posibles niveles:

Diseno factorial completo 2^k			
Combinación	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1

Figura 6. Diseño factorial 2^k completo.

Fuente: tomado de Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012).

Una segunda opción que puede ser abordada para los diseños factoriales completos es la minimización de cantidad de niveles de experimentos asociados al sistema: Trabajar únicamente aquellos factores que sean realmente importantes y conseguir la minimización del número total de los mismos. Existe la probabilidad de aumentar el número de niveles considerados en esta familia reducida de factores y enriquecer, de cierta forma, la relatividad de la respuesta del experimento. La Figura 7 incorpora las combinaciones de la tabla 4 y las interacciones entre dos factores.

Diseños factoriales fraccionados

para determinar y solucionar los diseños de experimentos factoriales fraccionales; Sureda & otros (2009), sugieren trabajar una fracción del diseño presentado. La metodología anterior puede generar como resultado la pérdida de información en la interacción entre factores. Sin embargo, debe considerarse la probabilidad de poca relevancia de las interacciones en el estudio abordado. En consecuencia, un buen plan experimental basado en la consideración de una parte o fracción del diseño factorial completa puede representar un importante ahorro en cuanto a recursos de tiempo y coste asociados.

Diseño factorial 2^k incl. interacciones						
Combinación	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$
1	-1	-1	-1	1	1	1
2	1	-1	-1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	1	-1
4	1	1	-1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	1	-1	-1
6	1	-1	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1	-1	1
8	1	1	1	1	1	1

Figura 7. Diseño factorial 2^k con interacciones.

Fuente: tomado de Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012).

Una segunda opción que se puede generar como resultado es que no existan interacciones entre los factores. En este caso, pasaría que utilizaríamos observaciones para estimar sólo efectos. Podemos trabajar entonces con una fracción de aquellas. En la Figura 8, se ilustra un diseño factorial fraccional para y , resultando en un diseño con sólo 4 combinaciones:

Diseño factorial fraccional $2^{k-p} = 2^{3-1}$			
combinación	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	1

Figura 8. Diseño factorial fraccionado.

Fuente: tomado de Pulido, De La Vara Salazar, & Gonzalez (2012).

Modelos y simulación como herramienta de análisis de escenarios del fraude académico en cursos virtuales

El modelado, consiste en la construcción de representaciones de los sistemas con el objetivo de describir, explicar o predecir su comportamiento. En este sentido, la simulación, no es más que una forma particular de modelar el comportamiento de los diferentes

tipos de sistemas, entendiendo a los sistemas, como un conjunto de elementos que interactúan entre sí con un propósito específico. Estos modelos, usan tanto técnicas matemáticas como computacionales.

Por otro lado, la simulación basa en agentes, es una técnica de simulación, la cual permite construir modelos compuestos por agentes que interactúan entre sí dentro de un ambiente en particular, permitiendo desarrollar experimentos virtuales (Gilberth, 2008). A partir de la definición anterior, surge la necesidad de aclarar qué son los experimentos virtuales, quiénes son los agentes y cuál es su entorno.

Experimentos virtuales

En general, un experimento no es más que aplicar algún tratamiento a una parte aislada de la realidad y observar el efecto de dicho tratamiento sobre esta; luego, la unidad de análisis que ha sido tratada, es comparada con una equivalente, a la cual no se le ha aplicado ningún tipo de tratamiento, esta unidad de análisis, recibe el nombre de “unidad experimental de control”. Lo anterior, permite identificar si el tratamiento aplicado a la unidad experimental es la causa de los efectos observados, puesto que el tratamiento es lo único que hace diferentes a la unidad experimental y a la “unidad experimental de control”.

En este sentido, los modelos basados en agentes, permiten realizar experimentos, puesto que, con estos modelos es posible aislar de forma virtual procesos sociales de otros procesos, e identificar las causas de los efectos observados. Estos experimentos, se valen de agentes y sociedades artificiales para realizar dichos análisis. De este modo, es posible diseñar, aplicar y repetir, de ser necesario, un experimento virtual, usando diferentes parámetros y fuentes de variación, para posteriormente comparar posibles resultados obtenidos (Gilberth, 2008).

Uno de los aportes más significativos, de la simulación basada en agentes, consiste en que puede ayudar a comprender fenómenos sociales a través de las relaciones causales asociadas a estos.

Por otro lado, mientras que las investigaciones basadas en encuestas, permiten identificar tendencias en la población, y los métodos estadísticos asociados a estas, permiten identificar los factores que intervienen en dichas tendencias. Estos métodos no brindan una explicación de los fenómenos detectados (Gilberth, 2008). Con respecto a los modelos matemáticos, aunque estos son muy exitosos a la hora de clarificar relaciones entre variables, no dan mayor claridad sobre las causas de las relaciones entre estas. Es decir, no ofrecen una explicación sobre las causas que generan el fenómeno social objeto de estudio (García-Valdecasas, 2011).

Los agentes

En un modelo de simulación basada en agentes, los agentes representan a los actores reales del sistema, existiendo de esta forma una equivalencia entre los agentes del modelo virtual y los elementos del sistema real. Lo cual, facilita tanto el diseño del modelo, como la interpretación de los resultados arrojados por este y su aplicación al mundo real.

Estos agentes, pueden interactuar entre sí, intercambiando mensajes entre ellos y actuando en base al conocimiento adquirido en dichos mensajes. Este intercambio de mensajes, simula el dialogo entre actores sociales del mundo real (Gilberth, 2008). Permitiendo analizar, por ejemplo, la forma en la que el flujo de información atraviesa una red de agentes (estudiantes), para intentar explicar cómo se expande el fenómeno del fraude académico en una comunidad de educación virtual.

Finalmente, otra de las grandes ventajas de los modelos basados en agentes consiste en que, permite programar, de forma relativamente sencilla, agentes que, tomen decisiones basados en una serie de reglas preestablecidas e información general, lo cual, simula por ejemplo, el comportamiento de una persona ante diversos escenarios (Gilberth, 2008).

El entorno

En cuanto al entorno, es el medio en el cual se relacionan los

agentes, y para el modelado, corresponde a la representación del ambiente real en el que interactúan los actores del sistema real. Estos, pueden representar espacios geográficos con características como barreras físicas, fuentes de energía y recursos, coordenadas que indican su localización. De igual forma, el entorno también puede representar espacios de interacción entre los actores como espacios de generación de conocimientos (Gilberth, 2008). Aunque el entorno es relativamente fácil de programar, en un modelo de simulación basa en agentes, por lo general, algunos investigadores que usan simulación, tienden a descuidarlo, olvidando la influencia que ejerce el entorno sobre el comportamiento de los sistemas reales (mundo real), dado que, los agentes o actores de los sistemas, existen e interactúan en entornos complejos (Gilberth, 2008).

Los modelos de simulación basada en agente, pueden ser implementados de diferente forma en una computadora. En general, se pueden identificar tres grandes enfoques que permiten abordar diferentes problemáticas desde la simulación basada en agentes; sistemas de reglas de reproducción, redes neuronales artificiales, y entornos de programación (Gilberth, 2008).

Sistemas de reglas de reproducción

Un sistema de reglas de producción consiste en un conjunto básico de reglas que definen el comportamiento de los agentes; un conjunto de variables que almacenan el estado actual de los agentes; y un intérprete de reglas (García-Valdecasas, 2011). En este tipo de modelos, los agentes tienen que elegir de forma individual un conjunto de reglas de comportamiento de entre las reglas dadas previamente, dicha selección depende del estado actual de cada agente (García-Valdecasas, 2011).

Cada regla, está constituida por dos componentes, un componente de condición y un componente de acción. El componente de condición determina el estado en el que se debe encontrar un agente, para que se aplique una regla en particular, mientras que el componente de acción, determina que se debe hacer para ejecutar dicha regla. Adicionalmente, cada agente requiere de un conjunto de variables que le permitan almacenar su estado actual, por ejemplo; puede

requerir una variable para almacenar su localización espacial, y otra para almacenar los niveles de energía (García-Valdecasas, 2011). Los agentes, también requieren de un intérprete de reglas, esto, para poder elegir una regla de comportamiento de entre varias reglas incompatibles entre sí que pueden ser aplicadas en el momento, es decir, reglas diferentes que cumplan con el componente de condición (García-Valdecasas, 2011).

Redes neuronales artificiales

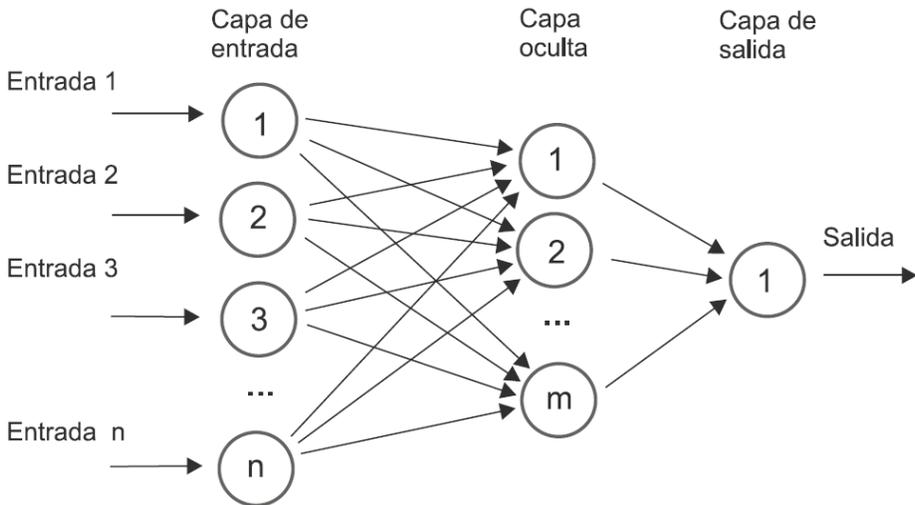


Figura 9. Redes neuronales artificiales.
Fuente: tomado de García-Valdecasas (2011)

En la Figura 9, se muestra el ejemplo clásico de una red neuronal, la cual como se puede identificar en dicha figura, está compuesta por un conjunto de unidades, llamadas neuronas, las cuales están distribuidas en capas. En una red neuronal, es posible identificar tres tipos diferentes de capas, una capa de entrada, que recibe la información exterior, otras capas ocultas que se encargan de procesar la información recibida y finalmente, una capa de salida, encargada de generar las respuestas (García-Valdecasas, 2011). De este modo, cada neurona está conectada a todas las neuronas de la capa anterior y de la capa posterior la capa en donde está situada. En un modelo de simulación basada en agente basado en redes neuronales, cada red neuronal constituye un agente del modelo (García-Valdecasas, 2011).

Una de las ventajas de este tipo de modelos basados en agentes, es que permiten trabajar los modelos directamente en el hardware de la computadora usando circuitos integrados. Otra de las ventajas es que las redes neuronales pueden aprender debido a su estructura y funcionamiento, lo cual no ocurre con los sistemas de reglas de reproducción. Sin embargo, las redes neuronales entrenadas, no proporcionan una explicación clara de su comportamiento, mientras que los sistemas de reglas de reproducción permiten explicar el comportamiento de los agentes (Gilberth, 2008).

Lenguajes y entornos de programación

Otra de las ventajas de los modelos de simulación basada en agentes, es que estos, pueden ser desarrollados usando lenguajes de programación orientado a objetos como JAVA, C++ o VISUAL BASIC, o usando entornos de programación que permiten crear el modelo, ejecutarlo y visualizar resultados sin salir del sistema, algunos de estos entornos son; NetLogo, Swarm, Mason, Repast, Anylogic, entre otros (García-Valdecasas, 2011).

Finalmente, es importante resaltar que, los modelos construidos usando lenguajes de programación tienen ciertas ventajas sobre los otros, dado que, presentan una mayor rapidez a la hora de la ejecución del modelo, son mucho más flexibles, puesto que permiten la programación de cualquier modelo, sin importar el grado de complejidad (García-Valdecasas, 2011).

La simulación basada en agentes en el análisis del fraude

Uno de los referentes de aplicaciones de la simulación basada en agentes al análisis del fraude académico, es el estudio realizado por Castañeda & Ibarra (2010), quienes a partir de una investigación de carácter estadístico, utilizando la metodología de modelos basado en agentes, obtienen como resultado de la necesidad de detección de agentes de fraude en el sistema de elecciones de México. La investigación, surge, debido a las sospechas de fraude electoral para las elecciones presidenciales de México, correspondientes al año 2006, dada la corta diferencia final entre los dos candidatos en contienda y debido a la demora en la consolidación de los

resultados de algunas zonas apartadas, en donde el candidato perdedor registró una alta votación.

El modelo de agentes desarrollado por estos autores utiliza dos escenarios principales: En un primer análisis se encuentra el modelo asociando un proceso de elección limpia, en donde los resultados dependen de las preferencias partidistas de acuerdo a la interrelación social de los individuos y los medios de comunicación e información global. Un segundo escenario de contraste es el proceso con existencia de un fraude, en donde se manipula la voluntad de una muestra poblacional de ciudadanos el día de las elecciones. Los datos de ingreso hacen referencias a los resultados de la contienda prelectoral de los candidatos a presidencia del caso de estudio y a presencia de fraude o no a partir del planteamiento de Hipótesis y su validación a partir de la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov. A partir de la información obtenida, se obtuvieron resultados de detección de fraude con niveles porcentuales que oscilan entre el 5-6% del total de votos emitidos en las consultas electorales.

El modelo basado en agentes desarrollado por los autores, buscaba replicar la distribución de la participación del voto de los tres partidos principales en los distritos electorales. La prueba final, o calibración del modelo, consistió en comparar los datos reales de la elección con los datos artificiales generados mediante dos tipos de premisas, denominados también escenarios de simulación: un proceso electoral limpio y otro con fraude en el que los votos se manipulan el día de la elección. Como consecuencia, la hipótesis de fraude electoral se rechaza cuando la distribución simulada con elecciones limpias es estadísticamente más cercana a la distribución real que aquella que resulta del modelo de elecciones trucadas.

Castañeda & Ibarra (2015), describen y definen, a partir de la presente investigación, los agentes como el contagio social entre votantes potenciales por lo que se estructura a partir de un autómata celular en donde una retícula bidimensional la cual caracteriza al espacio geográfico de interacción. La regla de transición de cada agente (o célula) hace que la variable de estado (intención de voto)

varíe, esencialmente, en función de opiniones mayoritarias locales (red de discusión política) y globales (encuestas nacionales). De esta forma, la preferencia partidista de un porcentaje de agentes activados aleatoriamente en cada día de la campaña simulada puede cambiar por efecto del contagio social.

Se genera, como primera medida, el desarrollo metodológico del escenario electoral limpio. En el presente modelo, se presentan ciertas características específicas, descritas a seguir: Se plantea un proceso que dura 240 días de campaña (correspondiente a los ocho meses que van de noviembre a junio); encuestas nacionales que se levantan cada 30 días y el día siguiente de los debates, éstos tienen una amplia cobertura y se efectúan los días 180 y 220; un sesgo-TV que opera de manera continua hasta el día 200; escándalos políticos que se presentan en 2% de los días de campaña; un voto estratégico que es activado diez días antes de la elección y un análisis costo-beneficio sobre la decisión de votar el mismo día de la elección (Xifra, 2008).

El análisis del presente escenario considera el modelo presentado por Moore, McCabe, & Craig (2009), en donde un agente tiene a lo más ocho vecinos con los que puede interactuar, lo que hace que el espacio en donde se simula el proceso electoral esté acotado al norte, sur, este y oeste. A partir de lo anterior, el sistema electoral artificial simulado por software, el número de votantes potenciales es de 14400 individuos ubicados en un contexto geográfico y social. El espacio geográfico está dividido en 16 zonas electorales de tal forma que éstas corresponden a regiones del país que tienen, aproximadamente, el mismo número de votantes registrados en el padrón electoral real. Por otra parte, las zonas tienen una dimensión 30 x 30 y están conformadas por nueve distritos electorales de igual tamaño (10 x 10); en estos distritos los agentes ejercen su voto. En cuanto las preferencias partidistas de los agentes se siembran aleatoriamente en cada zona electoral con datos del primer levantamiento de la encuesta panel a nivel estatal, los valores de otras variables se siembran al inicio de cada corrida a partir de criterios definidos a nivel nacional. Entre estas variables se encuentran las siguientes:

- Compromiso ideológico (voto-duro, voto-débil e indecisos),
- Exposición a la TV (o proclividad a ser influenciado),
- Atributos sociodemográficos (género, edad, escolaridad, ingreso y religión),
- Confianza en la equidad del proceso electoral

Como segunda medida, se procede a realiza un desarrollo metodológico del escenario electoral con fraude, en donde se analiza el proceso fraudulento y su nivel de manipulación en el día de la elección, sea antes de que el voto se deposite o en el proceso de escrutinio. En particular, el módulo de fraude plantea que existen varios distritos electorales “controlados por la maquinaria o grupo de influencia electoral”. En algunos distritos, los operadores de uno de los candidatos analizados pueden modificar a discreción un cierto porcentaje de votos a través de diversos mecanismos, siendo dicho porcentaje determinado por el observador al inicio de la corrida. Por lo tanto, el conteo final anunciado por las autoridades electorales oculta el hecho de que algunos de los votos obtenidos por el pan fueron inducidos con “regalos” o alterados por funcionarios distritales o federales. Entre las variables para este escenario se encuentran relacionadas las siguientes:

- Presencia de autoridades de manipulación de votos.
- Enclaves: Existencia de preferencias políticas de la zona de acuerdo con los sondeos levantados al inicio de la campaña.
- Inconsistencias: cuando, en los datos reales, los distritos electorales de la zona tienen un gran número de actas que presentan irregularidades.

Un primer análisis realizado en la presente investigación, hace referencia a la detección de fraude a través de patrones emergentes. Este procedimiento, de acuerdo con Rodríguez, Rivero, Spangenberg, & Vignaga (2006), consiste en detectar visualmente el fraude ya que en la retícula de preferencias partidistas emergen súbitamente grandes áreas de presencia de autoridades de manipulación el día del escrutinio; sin embargo, para poder identificar fraudes de menor magnitud es necesario realizar un análisis estadístico. Con este objetivo en mente, el programa calcula el histograma de alguna

variable que resume el resultado electoral de los distintos distritos esparcidos por toda la geografía nacional, dicha distribución puede reflejar los votos manipulados que fueron incluidos en el conteo oficial. Un ejemplo de los resultados obtenidos se presenta en la Figura 3.

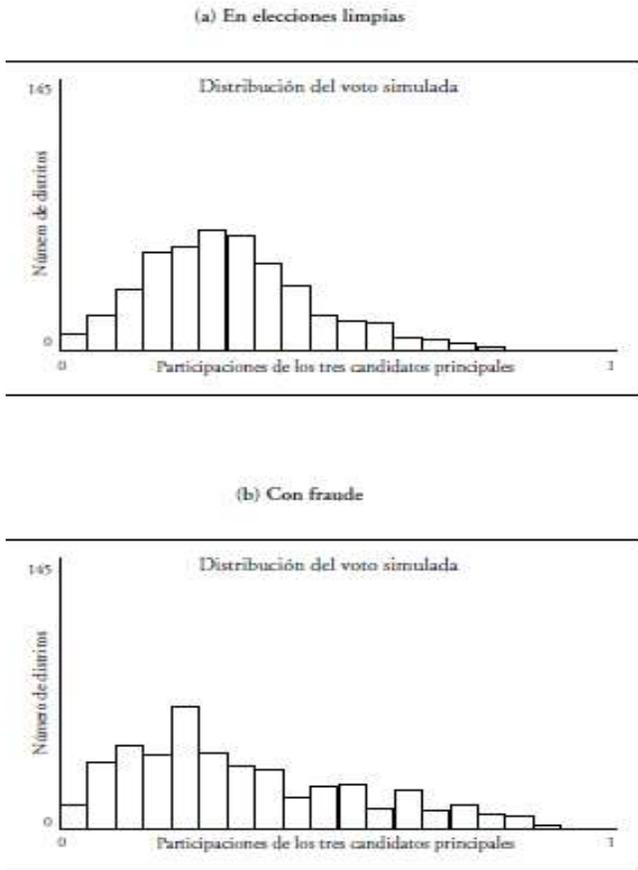


Figura 10. Distribución de las participaciones de votos a nivel distrital. Fuente: tomado de Castañeda & Ibarra (2015).

Como se puede evidenciar en los gráficos anteriores, se aprecian las diferencias entre estas distribuciones empíricas se aprecian a simple vista. No obstante, para un análisis formal se requiere de un procedimiento estadístico con el que se pueda corroborar si, efectivamente, las dos muestras provienen de la misma distribución teórica. Un procedimiento de este tipo es la prueba no-paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (KS), siendo esta la segunda fase del caso

de estudio con la cual es posible detectar la presencia o ausencia de fraude aun en casos en los que la evidencia visual no es concluyente. Como una primera aproximación al problema se procede a corroborar si, efectivamente, los datos artificiales generados bajo un proceso electoral limpio dan lugar a una distribución diferente a la que se produce en un proceso fraudulento. Por construcción, el observador sabe cuándo los datos provienen de un escenario de simulación en el que se simula un fraude, por lo que esta prueba permite validar si dicho fraude genera un patrón emergente singular. A continuación, se calcula la prueba KS para una alteración promedio del 8.06% de los votos emitidos. Nivel de manipulación que se produce con el criterio de “autoridades” que se utiliza para determinar cuáles son los distritos “capturados”, y la fabricación de votos a partir del método de “cambio de votos” (Aparicio, 2006).

La Tabla 4 presenta las estadísticas-D y los valores-P de las pruebas KS correspondientes a diez corridas en las que se usan las especificaciones anteriores. En todos los casos, los valores-P son menores a 0.1 por lo que el modelo siempre rechaza la hipótesis de que no existe diferencia entre las dos muestras. En consecuencia, para este grado de manipulación, los modelos basados en agentes son una herramienta poderosa para detectar histogramas “perturbados”, es decir, frecuencias relativas de resultados electorales en los que el voto es inducido o el conteo es manipulado.

Tabla 4.

Pruebas KS para datos artificiales en elecciones limpias y fraudulentas.

Corrida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
est-D	0.137	0.111	0.153	0.093	0.132	0.137	0.106	0.130	0.174	0.143
valor-P	0.001	0.009	0.000	0.046	0.001	0.001	0.014	0.001	0.000	0.000

Fuente: Castañeda & Ibarra (2015).

Otro aspecto de análisis en la presente investigación, se realizó a partir de un análisis visual (Rodríguez, Rivero, Spangenberg, & Vignaga, 2006), ilustrado en la Figura 11. En esta figura, se presenta la retícula con las 16 zonas electorales (4 x 4) para el caso de un fraude en el que se alteran 7.01% de las boletas. Cabe notar que la conformación espacial de las preferencias en un proceso trucado

es muy diferente a la observada cuando las elecciones son limpias. Para este porcentaje de manipulación, el patrón emergente que se genera con el fraude es fácil de detectar mediante una simple inspección visual.

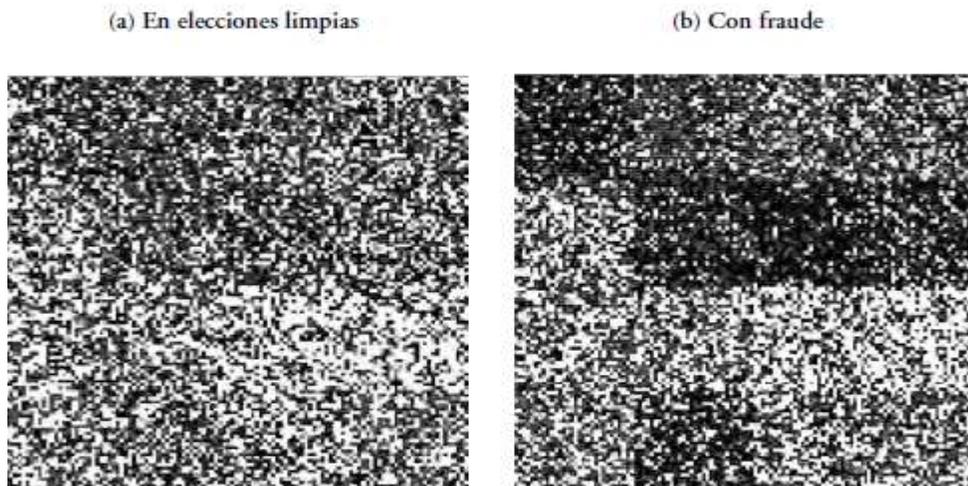


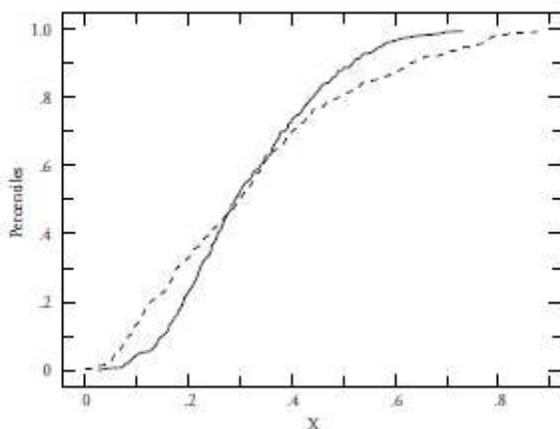
Figura 11. Distribuciones espaciales de las preferencias políticas.

Fuente: Castañeda & Ibarra (2015).

Para finalizar, se realizó en la presente investigación se realizó la prueba de comparación, para medir el grado de manipulación, utilizando la prueba de validación a partir de la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados Obtenidos se encuentran en la Figura 12.

Como resultados finales y considerando el análisis de validación de los datos inseridos, se pudo concluir a partir de la presente investigación la presencia de fraude electoral, la cual oscila entre un 5 y 6% el total de los votos emitidos. De hecho, este porcentaje se reduce a 3.7 cuando existe evidencia complementaria de que el fraude electoral sólo pudo haber sido orquestado en distritos electorales gobernados por la presencia de autoridades de manipulación de votos., o inclusive alcanzar una precisión mayor si se tiene información de que el fraude potencial se limita a unas cuantas zonas del país. Por lo tanto, las simulaciones realizadas con el modelo ofrecen una prueba convincente que permite descartar las acusaciones de un fraude masivo.

Comparación de las gráficas de percentiles: datos reales y simulación fraudulenta



Grados de manipulación y el poder de la prueba forense (valores-P de la prueba KS)

Criterios de control	autoridades	autoridades	autoridades	enclaves	enclaves	enclaves	Incons.	Incons.
Promedio:	4.25%	3.71%	3.2%	5.13%	3.86%	2.56%	6.4%	5.95%
1	0.010	0.001	0.457	0.017	0.156	0.011	0.010	0.141
2	0.016	0.087	0.176	0.005	0.162	0.506	0.005	0.441
3	0.083	0.246	0.130	0.184	0.001	0.451	0.002	0.527
4	0.068	0.097	0.027	0.012	0.141	0.467	0.004	0.015
5	0.003	0.027	0.222	0.613	0.066	0.104	0.192	0.342
6	0.089	0.016	0.058	0.000	0.038	0.020	0.005	0.006
7	0.048	0.162	0.013	0.008	0.304	0.009	0.407	0.142
8	0.333	0.300	0.160	0.009	0.061	0.655	0.011	0.013
9	0.100	0.002	0.008	0.089	0.000	0.108	0.000	0.005
10	0.021	0.000	0.377	0.006	0.184	0.059	0.337	0.530

Figura 12. Comparación de las gráficas de percentiles: datos reales y simulación fraudulenta-Grados de manipulación y el poder de la prueba forense (valores-P de la prueba KS). Fuente: tomado de Castañeda & Ibarra (2015).

De acuerdo con lo planteado anteriormente, su pudo escalecer en la presente investigación que el modelo no es capaz de distinguir entre una elección limpia y una amañada cuando el fraude se efectúa con precisión microquirúrgica, como en el caso en que 0.56% de los votos son alterados. Debido a que éste es, precisamente, el margen que le dio la victoria a uno de los candidatos, no es posible sostener que un fraude de esta naturaleza queda descartado. Probablemente, un modelo más grande y detallado sea necesario para que la prueba forense aquí desarrollada tenga más precisión, lo que implicaría la necesidad de contar con información de preferencias políticas a nivel municipal.

Conclusiones

El fraude académico, es una problemática generalizada en múltiples instituciones de educación, principalmente en claustros de educación superior. Los programas de formación técnica, tecnológica y profesional en Colombia no están exentos de esta problemática, lo cual, por las características propias de la modalidad, son sujetos a la aparición de fraude en una gran cantidad de modalidades.

Se observa que el plagio es una de las modalidades de fraude que mayor aparición tiene en la modalidad virtual y cada país y centro educativo tiene diferentes normas para enfrentarlo. Si bien esta normatividad existe, la aplicación está comprometida con la capacidad de aplicación de la institución y la propensión a realizarse por parte de los estudiantes también motiva a actualizar y crear nuevas normas.

Se evidencia que el diseño experimental es una herramienta apropiada para atacar situaciones de fraude, ya que permite identificar qué tipos de variables controlables aparecen en el proceso y evaluar si las normas existentes logran disminuir la aparición del mismo.

No obstante, el diseño experimental no es suficiente al momento de realizar evaluación de diferentes normativas en el tiempo. En este caso es pertinente emplear la simulación para lograr explorar el efecto de diferentes normas en el tiempo y mediante el diseño experimental evaluar los resultados en términos de disminución de fraude académico.

La dinámica presente en estos modelos de simulación, permite un ajuste cercano a la realidad, ya que la personalización de estos, el aprendizaje y la evaluación de su entorno hace que las decisiones tomadas por agentes sean cercanas a la de un estudiante en un entorno real., lo que fortalece las evaluaciones realizadas sobre su comportamiento.

La implementación de estos modelos, si bien demanda un conocimiento amplio de diferentes técnicas de programación, es una

oportunidad en términos de evaluación de normas y modificación de actividades de enseñanza en modalidad virtual, además de la posibilidad de realizar un monitoreo constante de la forma en la cual los estudiantes interactúan con las plataformas de enseñanza.

Referencias bibliográficas

ACRL/ALA. (2000). Normas sobre aptitudes para el acceso y uso de la información para la Educación Superior. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*.

Aparicio, J. (2006). *Representantes de casilla y voto presidencial: un análisis preliminar*. CIDE.

Castañeda, G., & Ibarra, I. (julio-diciembre de 2010). Detección de fraude con modelos basados en agentes: las elecciones mexicanas de 2006. *Perfiles latinoamericanos* (36), 43-69.

Castaño, E., & Domiguez, J. (2001). *Diseño de experimentos para el desarrollo tecnológico y mejora industrial*. 22-94.

Ceballos, Z. y. (2011). *Comportamientos, pensamientos y sentimientos frente al fraude académico en ámbitos universitarios*. medellin: Tesis de Maestría.

Cochan, W., & Cox, G. (1965). *Diseños experimentales*. Trillas.

Díaz, G. (2016). El fraude en las publicaciones científicas: más allá de fabricar, falsificar y plagiar. *Tecno Lógicas*, 9-12.

Diekhoff, G. L. (1996). College cheating: ten years later. *Higher Education*, 487-502.

Franca, O. (2011). *Ética empresarial y laboral. Los fundamentos y su aplicación*. Editorial Magro.

García, R. M. (2004). *Inferencia estadística y diseño de experimentos*. Eudeba.

García-Valdecasas, J. I. (Octubre-Diciembre de 2011). La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales/Agent-based Modelling: A New Way of Exploring Social Phenomena. *Reis*, 91-110. doi:10.5477/cis/reis.136.91.

Gilberth, N. (2008). Agent-Based Models. *Quantitative Applications in the Social Science* (153).

Humberto, G. P. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*. Mc Graw Hill.

Ibáñez Rivas, J. N. (2005). Desempeño estadístico en modelos de preferencias y relación con el diseño de experimentos no lineal. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, 347-382.

Kuehl, R. O. (2001). *Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. Thomson Learning.

Ledwith, A., & Rísquez, A. (2008). Using anti-plagiarism software to promote academic honesty in the context of peer reviewed assignments. *Studies in Higher Education*, 371-384.

Liaño, G. d. (1999). *Diccionario jurídico*. Oviedo: Fórum.

Martínez, G. (1988). *Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría*. Trillas.

Mavisakalyan, a. M. (2016). The labor market return to academic fraud en Aleksanyan. *Fraude y plagio académico en los ambientes virtuales de aprendizaje*.

Misconduct, F. P., & Preamble for Research Misconduct Policy. (2000). *Federal Research*. Obtenido de Federal Research: <https://ori.hhs.gov/federal-research-misconduct-policy>.

Montgomery, D. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica.

Moore, L., McCabe, G., & Craig, B. (2009). *Introduction to the Practice of Statistics*. New York: WH Freeman.

Pulido, G., De La Vara Salazar, R., & Gonzalez, P. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Rivera, J., & Sutherland, W. (2015). A design of experiments (DOE) approach to data uncertainty in LCA: application to nanotechnology evaluation. *Technol Environ*, 1585-1595.

Rodríguez, A., Rivero, D., Spangenberg, D., & Vignaga, A. (2006). *Análisis y detección de patrones de fraude en medios de pago*. Montevideo: Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ingeniería. Instituto de Computación. Recuperado el 15 de julio de 2018, de Tesis de grado: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/123456789/3097>.

Roquet, G. (2010). *Fraude y plagio académico en los ambientes virtuales de aprendizaje*. Obtenido de Fraude y plagio académico en los ambientes virtuales de aprendizaje: file:///C:/Users/hp/Downloads/Plagio_en_los_ambientes_virtuales_de_aprendizaje.pdf.

Salazar, J. C. (2009). Análisis y diseño de experimentos aplicados a estudios de simulación. *Dyna*, 249-257.

Sureda, J. C. (2009). Las causas del plagio académico entre el alumnado universitario según el profesorado. *Revista iberoamericana de educación*, 197-220.

Tarragó, L. (2014).). Estrategias para inhibir y prevenir el fraude en la investigación científica. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 90-99.

Torres, P. y. (2014). El plagio académico: formar en competencias y buenas prácticas universitarias. *ruiderae: Revista de Unidades de Información*, 2254-7177.

UNAD. (2018). UNAD. Obtenido de UNAD: <http://datateca.unad>.

edu.co/contenidos/434206/434206/anexo_2_polticas_sobre_el_plagio.html.

Vicente, M. (2005). *Diseño de Experimentos*. Pearson Prentice Hall.
Xifra, T. (2008). Modelos de las relaciones públicas políticas: Análisis de la situación en Cataluña. *Revista Latina de Comunicación Social*, 392-399.

Youmans. (2011). Does the adoption of plagiarism-detection software in higher education reduce plagiarism? *Studies in Higher Education*, 749-

Arcillas naturales activadas como alternativa industrial para la retención de colorantes y blanqueamiento del aceite de palma¹

Diego Montaña²; Oscar Vega Castro³

Resumen

El uso de las arcillas naturales provenientes de minas colombianas en la extracción de analitos para análisis cromatográficos ha abierto una gran ventana en la investigación de las potencialidades que tienen estas en campos diferentes a los que se ya se han estudiado, debido a su excelente capacidad de intercambio catiónico y sus grandes propiedades fisicoquímicas. En este trabajo se estudia la aplicación de las arcillas naturales tipo montmorillonitas sódicas (MMT-Na) activadas mediante agentes funcionalizantes específicos según la aplicación del nuevo material.

Dicha activación se realizó por medio ácido (H₂SO₄ al 25 %) sobre una arcilla tipo bentonita natural y se empleó para blanqueamiento de aceite crudo de palma obteniendo una capacidad de blanqueamiento CB del 96 %. También fue usada en la adsorción del colorante índigo carmín en aguas contaminadas con dicho colorante el cual es de uso frecuente y en grandes cantidades en la industria textil, en este caso la arcilla se activó mediante sales iónicas derivadas del imidazol, modificando la longitud de la cadena alquílica sustituyente en el anillo de imidazol, y evaluando así su capacidad adsorbente, en este proceso se logró la remoción de hasta el 97% del colorante contaminante en agua.

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto Titulado, Modificación de Arcillas Activadas Como Materiales Adsorbentes, realizado entre la Corporación Universitaria Americana y la Universidad de Caldas de Manizales.

² Doctor en Ciencias Químicas, Docente Investigador de la Corporación Universitaria Americana, Facultad de Ingeniería, sede Medellín. E-mail; dmontano@americana.edu.co.

³ Doctor en Ingeniería, Docente Investigador de la Corporación Universitaria Americana, Facultad de Ingeniería, sede Medellín. E-mail; oavega@americana.edu.co.

La arcilla tipo bentonita natural fue caracterizada antes y después de la activación mediante rayos X, análisis térmico TGA, espectroscopia de infrarrojo FTIR y microscopia SEM, demostrando que el material fue exitosamente modificado. Previo a la etapa de blanqueamiento el aceite de palma se sometió a un proceso de desgomado (eliminación de fosfolípidos vía múltiples lavados con agua caliente). Este procedimiento se realiza a gran escala en la industria de los aceites para mejorar su purificación, apariencia, color y sabor.

Palabras clave: arcillas, montmorillonita, adsorción, blanqueamiento, aceite de palma.

Abstract

The use of natural clays from Colombian mines in the extraction of analytes for chromatographic analysis has a large window in the investigation of the potentialities that these have in fields different from those that have already been studied, due to their excellent exchange capacity cationic and its great physicochemical properties. In this work, the application of natural clays type montmorillonites sodium (MMT-Na) activated by specific functionalizing agents according to the application of the new material is studied.

Such activation was carried out by acidic medium (25% H₂SO₄) on a natural bentonite clay and was used to whiten the crude palm oil obtaining a CB, whitening capacity of 96%. It was also used in the adsorption of the dye in waste water contaminated with colored dye, which is often used and in large quantities in the textile industry, in this case the clay was activated through the mechanical sales derived from imidazole, by modifying the length of the substituent alkyl chain in the imidazole ring, and thus evaluating its adsorbent capacity, in this process the removal of up to 97% of the contaminating dye in water was achieved.

Natural bentonite clay was characterized before and after X-ray activation, TGA thermal analysis, FTIR infrared spectroscopy and SEM microscopy, demonstrating that the material was successfully

modified. Prior to the bleaching stage of the palm oil it was subjected to a degumming process (elimination of phospholipids by multiple washes with hot water). This process is performed on a large scale in the oils industry to improve its purification, appearance, color and taste.

Keywords: clay, montmorillonite, adsorption, whitening, oil palm.

Introducción

Las arcillas tipo montmorillonita (MMT) son materiales laminares denominados filosilicatos pertenecientes a la familia de las esmectitas debido a su composición principalmente de silicio y oxígeno, estas están formadas por estructuras laminares de silicatos con dos hojas de tetraedros conteniendo una octaedral (TOT), (Wu, 2015; Ahh, 2016; Cottet, 2014), tienen gran abundancia en yacimientos naturales y poseen gran importancia en la industria cerámica, de pintura y de la construcción (Chalasan, 2013; Sanabria, 2008).

Adicionalmente nuevas aplicaciones muy significativas están siendo buscadas para este material (Jo, 2016; Mariño, 2015; Carriazo, 2008) en el área de la química analítica, como material adsorbente en la técnica de microextracción por membrana hueca empacada.

Estos materiales poseen en su interlámina octaedral cationes metálicos que compensan la carga parcialmente negativa que tienen los grupos silicato, estos cationes pueden ser intercambiados por cationes más compatibles como los líquidos iónicos, (Aftata, 2014; Ahh, 2016; Mariño, 2015), y de esta manera funcionalizar dicho material para la extracción de micotoxinas (OTA) y su posterior análisis por HPLC con detector de fluorescencia. Dicho material presenta características que lo hacen muy atractivo debido a su bajo costo y bajo impacto ambiental convirtiéndose en un ecosorbente de características muy particulares.

Este material modificado o denominado material adsorbente, también se puede utilizar para la retención de agentes altamente

contaminantes en aguas residuales de procesos industriales como por ejemplo las aguas de la industria textil, la cual es altamente contaminada con colorantes aniónicos, como por ejemplo el azul índigo carmín para el teñido de los jeans el cual se realizó en este trabajo. (Mariño, 2015).

También se pudo probar el material en el proceso de blanqueamiento de aceites comestibles de palma, para la remoción de agentes coloreados que no le dan buen aspecto al aceite y por tanto es rechazado a nivel comercial. Dicho proceso también mejora propiedades como el color, olor y saber en el aceite procesado.

Por tanto, es de interés en este trabajo dicho procedimiento de blanqueamiento el cual consta de varias etapas que no se profundizaran en este trabajo. Después de su desgomado y neutralización durante el proceso de refinado, el aceite de palma comestible crudo aún contiene sustancias indeseables. Estas sustancias no solamente degradan la calidad del aceite alterando su sabor y color, también afectan su precio en el mercado debido al color que una planta palmicultora promedio (e.g. Quevepalma, Oleodávila, etc) consume 40 toneladas de arcillas activadas para procesar y refinar toda su producción de aceite mensual, lo cual convierte este proceso en una posibilidad de negocio si se llega a escalar.

Desarrollo

Materiales y Métodos

La arcilla tipo bentonita natural proveniente del depósito del Líbano-Tolima fue provista por la compañía Bentominercol S.A.S. (Tolima). El aceite crudo de palma usado en este estudio fue comprado directamente en una planta palmicultora en la Región de Tumaco (Nariño). Todos los reactivos químicos usados fueron de grado analítico.

Pretratamiento a la arcilla tipo bentonita natural

Todas las muestras de arcilla tipo bentonita fueron secadas a 105 °C por 4 horas en un horno de secado y luego fueron molidas usando

un mortero de porcelana para pasar a través de un tamiz de malla 50. Estas muestras fueron preparadas para el análisis químico, pruebas fisicoquímicas, caracterización y activación ácida.

Análisis de la arcilla tipo bentonita natural

La caracterización de las muestras fue realizada en un difractómetro de rayos X con radiación de Cu Ka ($\lambda = 0.1542 \text{ nm}$) operado a 30 kV y 15 mA.

Las lecturas del análisis termogravimétrico (TGA) fueron conducidas en un TGA Q500 V6.7 Build 203 en el rango de temperatura de 20 - 800 °C a una tasa de calentamiento de 10 C. min⁻¹. El análisis de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) se realizó en un equipo Nicolet IS5 Thermo Scientific entre 500 - 4000 cm⁻¹ en modo transmitancia. Los análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM) se hizo en un FEI Quanta 250 microscope (OR, USA).

Preparación y análisis de la activación ácida de la arcilla tipo bentonita

La activación ácida de las arcillas tipo bentonita fue preparada (a partir de la arcilla tipo bentonita natural de arriba) con ácido sulfúrico de 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 40 % y 45 % (en masa) con agitación por 4 horas. La temperatura de la reacción fue controlada a 96 - 98 °C en un baño maría y la relación de arcilla tipo bentonita con la solución de ácido sulfúrico fue 1:2 (en masa).

La suspensión de arcilla tipo bentonita activada así obtenida fue lavada repetidamente con agua destilada hasta que el pH del sobrenadante alcanzará 4 - 5. La arcilla filtrada fue luego secada a 105 °C hasta que el contenido de humedad fuera menos del 8 % de su peso. La arcilla tipo bentonita activada con ácido secada se guardó en desecador que contiene sílica gel para futuros estudios de blanqueamiento de aceite de palma. Las características estructurales de dos (2) lotes diferentes de arcillas activadas vía ácido fueron estudiadas mediante patrón de DRX, FTIR, TGA y SEM.

Preparación y de la funcionalización de la arcilla tipo bentonita con líquidos iónicos

La funcionalización de la arcilla tipo bentonita se realizó mediante el tratamiento de la arcilla con Líquidos Iónicos derivados del imidazol en solución alcohólica con agitación constante por 1 hora. Se tomaron 5 gramos de arcilla por 15 gramos de líquido iónico para asegurar la total funcionalización.

Dicha funcionalización se realizó con tres Líquidos Iónicos diferentes variando la longitud de la cadena alquílica sustituyente para ver su efecto en la intercalación en los inter-planos de la arcilla, y así evaluar su capacidad adsorbente.

Blanqueamiento de aceite crudo de palma

El blanqueamiento al vacío se consiguió en un rota-evaporador el cual fue conectado a una bomba de vacío con 8.0 - 8.5 kPa. El fondo plano del matraz del rota-evaporador de 250 mL, con 50 g desgomados de aceite de palma en el interior, fueron evacuados hasta 8.0 - 8.5 kPa y precalentados hasta 65 - 70 °C, con agitación a 240 rpm. Después que la arcilla fuese adicionada [3 % (en masa) respecto del aceite de palma], el matraz fue evacuado una vez más y calentado luego hasta la temperatura de reacción (96 - 98 °C) con agitación de 240 rpm, manteniendo por 25 minutos a esta temperatura. Finalmente, la suspensión aceite/arcilla fue transferida a un matraz del equipo de filtración equipado con doble hoja de papel filtro y filtrada por succión de vacío.

En la Figura 1, se observa el resultado del proceso de blanqueamiento del aceite de palma natural y los resultados son verdaderamente muy reveladores de la efectividad de la arcilla activada.



Figura 1. Proceso de blanqueamiento del aceite de palma mediante la utilización de la arcilla activada.

Análisis del desempeño del blanqueamiento

El blanqueamiento de aceites por adsorción remueve algunos pigmentos. Se ha venido aceptando bien que los carotenoides son el color de pigmento rojo amarillo predominante y el color verde es causado principalmente por la clorofila en aceites vegetales. En este sentido, la longitud de onda a la máxima absorbancia y los valores de absorbancia de la clorofila y carotenos fueron obtenidos con un espectrofotómetro UV-VIS (Cintra20, GBC Scientific Equipment Pty Ltd, Australia). La capacidad de blanqueamiento (CB) fue evaluada por monitoreo de la absorbancia a cada longitud de onda máxima, como se muestra en la siguiente ecuación:

Donde $A_{\lambda}A_{\lambda}$ es la densidad óptica a la longitud de onda λ

pH del aceite de palma

Se midió el potencial de la actividad de hidrogeno pH tanto en la muestra de aceite blanqueado y aceite desgomado con potenciometría usando electrodo de vidrio a una solución del 10 % en isoctano de cada uno de los aceites testeados.

Adsorción del colorante aniónico en agua contaminada

Se empaquetó una jeringa de 5 cm con la arcilla modificada, y a través de ella se hizo pasar una solución de agua contaminada con el colorante azul índigo carmín, y los resultados son muy excelentes, ya que la arcilla logró retener hasta un 97% del agente contaminante, tal como se muestra en la Figura 2.

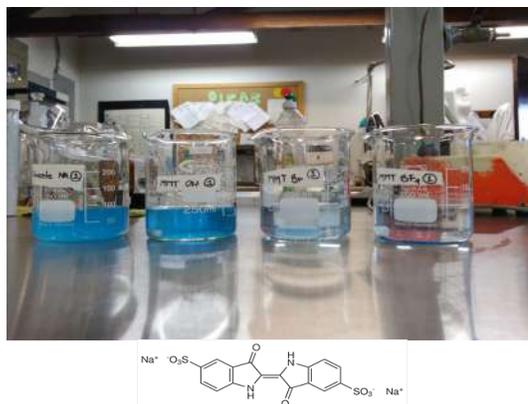


Figura 2. Resultados de adsorción del colorante índigo carmín mediante la arcilla modificada con Líquidos Iónicos.

En dicha figura se observa como el agua está contaminada al principio en el primer vaso con la muestra, en donde la arcilla sin funcionalizar no logra adsorber el colorante contaminante. Mientras que, en el último vaso, se observa con claridad como el agua ha logrado salir casi limpia sin contaminante.

Cuantitativamente, estos resultados se observan en la figura 3, en donde se utilizó la técnica de absorción química para determinar la concentración de colorante en cada caso.

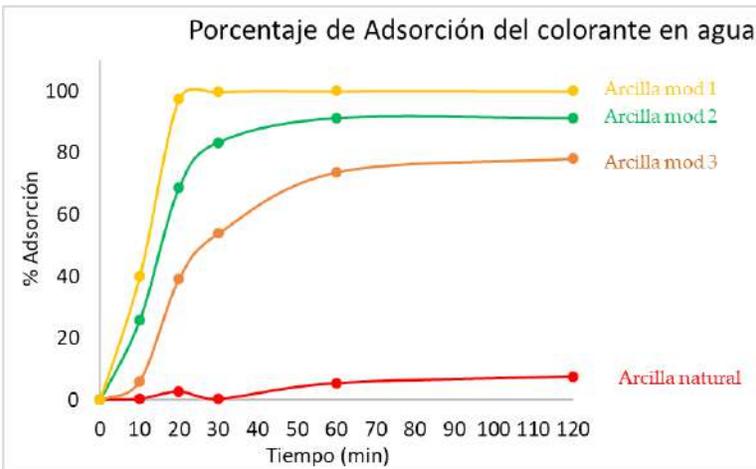


Figura 3. Porcentaje de adsorción del colorante contaminante en agua: resultados comparativos de tres Arcillas modificadas con respecto a la arcilla natural sin modificar.

Resultados y Discusión

Análisis de la arcilla tipo bentonita natural

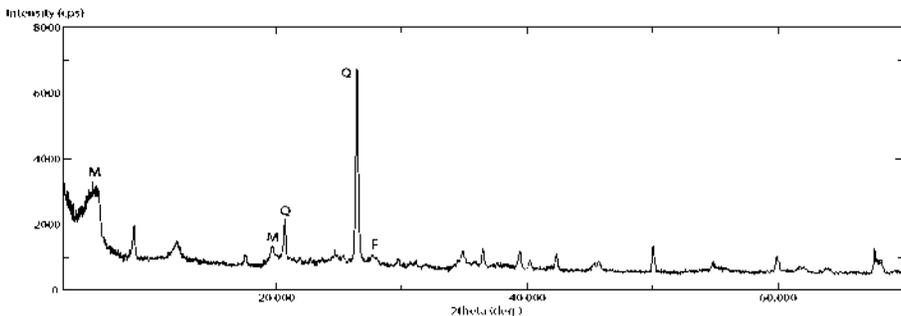


Figura 4. Patrones de dispersión de rayos X de la arcilla tipo bentonita natural

La caracterización de la arcilla tipo bentonita natural se muestra en la figura 4. El patrón de DRX indica que la muestra consiste predominantemente de montmorillonita, cantidades substanciales de cuarzo e impurezas de feldespato, además de cantidades menores de illita, kaolinita y yeso.

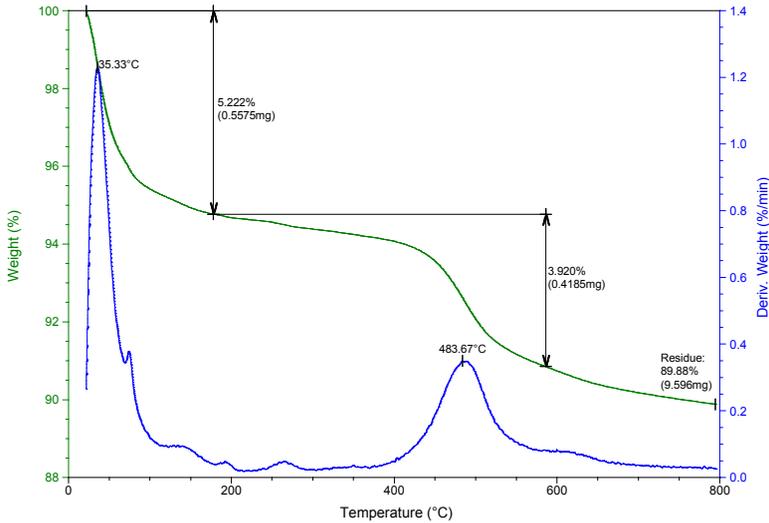


Figura 5. Análisis termogravimétrico TGA de la arcilla tipo bentonita natural

Las propiedades térmicas de la arcilla tipo bentonita natural se muestran en la figura 5, donde la curva de TGA muestra que a 180 °C se pierde 5.2 % de peso y a 580 °C se incrementa en un 3.9 % adicional, como consecuencia de la pérdida de diferentes tipos de aguas (moléculas de agua adsorbidas y enlaces químicos de grupos OH-) en la arcilla tipo bentonita natural.

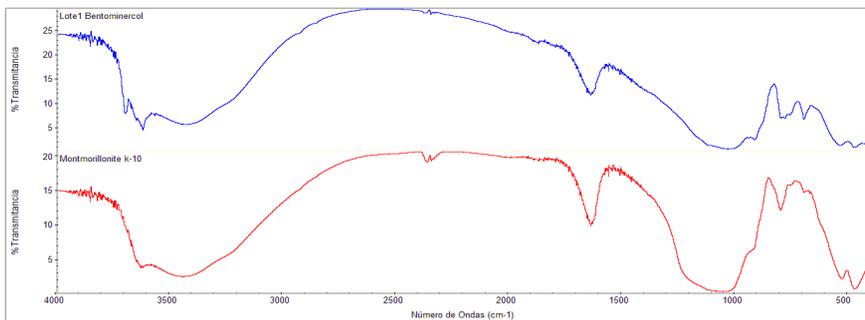


Figura 6. Espectros FTIR de la arcilla tipo bentonita natural y la motmorillonita patrón Sigma Aldrich K10.

La coincidencia de espectros FTIR (Figura 6) entre la arcilla tipo bentonita natural y el patrón Sigma Aldrich demuestran que el contenido de la arcilla tipo bentonita es primordialmente montmorillonita, además se aprecian seis bandas que corresponden a: 3614 y 3418 cm^{-1} (extensión OH y de hidratación); 1641 cm^{-1} (flexión OH y de hidratación); 1051 cm^{-1} (extensión en el plano Si-OH); 542 cm^{-1} (flexión Si-O) y 460 cm^{-1} (flexión Al-OH).

Análisis del desempeño en el blanqueamiento

Los análisis de espectroscopia de ultravioleta se hicieron a una longitud de onda de $\lambda = 450 \text{ nm}$ (para b-carotenos) en dos diluciones de aceite de palma antes y después del blanqueamiento tomando 0,19 g de aceite de palma y disolviendo en 2 mL de isooctano (dilución a) y en una dilución de esta, midiendo 1,5 mL de muestra de la dilución a y diluyendo con 2,5 mL de isooctano (dilución b).

Tabla 1.

Valores de absorbancia y capacidad de blanqueamiento (CB%) para dos diluciones del aceite antes y después del blanqueamiento.

	Dilución a	Dilución b
Blanco	0,000	0,000
Aceite blanqueado (pH = 3.77)	0,096	0,038
Aceite desgomado (pH = 3.47)	2,720	1,415
CB (%)	96	97

Conclusiones

Las arcillas naturales tipo Montmorillonita (TOT) son un material que permiten su fácil modificación o funcionalización para la obtención de nuevos materiales de aplicación técnica e industrial según los resultados aquí obtenidos.

La nueva arcilla tipo bentonita de la mina el Líbano – Tolima fue

caracterizada y activada para destinarla al blanqueamiento exitoso de aceite crudo de palma tal como se muestra en la Figura 1. Con una capacidad de blanqueamiento CB superior al 96 %, este proceso hecho a escala de laboratorio se debería escalar a planta piloto (100 kg) y hacer un estudio de mercado de viabilidad de fabricación de este producto para el creciente mercado de la extracción y refinamiento de aceite de palma y palmiste (65 millones de toneladas año), en donde Colombia tiene una participación del 5 % siendo el cuarto país en producción de este producto en el mundo.

Este procedimiento abre una gran posibilidad para la obtención de nuevos materiales con aplicación industrial y a gran escala que podría llegar a ser comercializado.

Por otro lado, según los resultados para la retención del colorante índigo carmín mediante la utilización de la arcilla modificada con Líquidos Iónicos nos da un precedente importante para la obtención de nuevos materiales adsorbentes ya que según los resultados dicho material modificado es capaz de retener el 97% del colorante en agua, lo que lo posibilita como un posible material para la remoción de agentes altamente contaminantes en aguas de procesos industriales. Este resultado permitiría reutilizar el agua en el procesos una vez se ha logrado la adsorción de los contaminantes, lo cual sería un aporte a la preservación y ahorro de un recurso tan importante como lo es el agua.

Referencias bibliográficas

Ahn. (2016), Accurate determination of ochratoxin A in Korean fermented soybean paste by isotope dilution-liquid chromatography tandem mass spectrometry, *Food Chem.*, 190, pp. 368–373.

Aftafa. (2014), Ionic liquid intercalated clay sorbents for micro solid phase extraction of steroid hormones from water samples with analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry., *J. Chromatogr. A*, 1361, pp. 43–52.

Carriazo. (2008), A study on Al and Al-Ce-Fe pillaring species and

their catalytic potential as they are supported on a bentonite, *Appl. Catal. a-General*, 334, no. 1–2, pp. 168–172.

Chalasaní. (2013), Engineering new layered solids from exfoliated inorganics: a periodically alternating hydrotalcite - montmorillonite layered hybrid., *Sci. Rep.*, 3, p. 3498.

Cotte. (2014)t, Adsorption characteristics of montmorillonite clay modified with iron oxide with respect to methylene blue in aqueous media, *Appl. Clay Sci.*, 95, pp. 25–31.

Jo. (2016), Detection of ochratoxin A (OTA) in coffee using chemiluminescence resonance energy transfer (CRET) aptasensor, *Food Chem.*, 194, pp. 1102–1107.

Mariño. (2015), A novel solid phase extraction--ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the quantification of ochratoxin A in red wines., *Food Chem.*, 172, pp. 663–8.

Sanabria. (2008), Synthesis of pillared bentonite starting from the Al-Fe polymeric precursor in solid state, and its catalytic evaluation in the phenol oxidation reaction, *Catal. Today*, 133–135, pp. 530–533.

Wu. (2015), Influence of interlayer cations on organic intercalation of montmorillonite., *J. Colloid Interface Sci.*, 454, pp. 1–7.

Biopolímeros, definiciones, caracterización y aplicaciones

Oscar Vega-Castro¹; Diego Fernando Montaña²

Resumen

Uno de los productos más utilizados en el ámbito mundial son los plásticos, debido a su versatilidad se usan en forma de utensilios para el hogar, aplicaciones en empaques, componentes electrónicos, entre otros. Sin embargo, actualmente son considerados un problema ambiental debido a su baja tasa de degradación. Dado lo anterior, se hace importante buscar otras alternativas que vayan más acordes a la protección del medio ambiente, una de ellas son los biopolímeros; los cuales son una buena opción, debido a que se degradan fácilmente y a que tienen propiedades similares a los plásticos derivados del petróleo. Los biopolímeros tienen aplicaciones en diversas industrias tales como: la militar, biomedicina y en desarrollos a nivel nanotecnológico; para lograr lo anterior, se requiere estandarizar los procesos de obtención del biopolímero, además de hacer una correcta caracterización del mismo, desde el punto de vista estructural y térmico, por medio de técnicas tales como: FTIR, RMN y el DSC, con el fin de poder determinar cuál sería la mejor aplicación del mismo. Se puede concluir que una de las opciones para reducir el impacto ambiental generado por los polímeros sintéticos, es la obtención de biopolímeros, los cuales tienen una alta tasa de degradación y poseen propiedades similares a las de los polímeros tradicionales, lo cual los hace funcionales para diversas aplicaciones, sin embargo para poder establecer la aplicación específica de cada biopolímero es importante determinar las propiedades estructurales y térmicas de cada uno de ellos, y de este modo desarrollar materiales responsables con el medio ambiente.

¹ Ingeniero Agrícola, MSc. Tecnología de Alimentos, PhD. En Ingeniería. Corporación Universitaria Americana. E-mail: oavega@americana.edu.co.

² Químico, PhD. Ciencias Químicas. Corporación Universitaria Americana. E-mail: dmontano@americana.edu.co.

Palabras Clave: biopolímero, PHA, RMN, FTIR, DSC.

Abstract

One of the most widely used products worldwide are plastics, due to their versatility they are used in the form of household utensils, packaging applications, electronic components, etc. However, they are currently considered an environmental problem due to their low rate of degradation. Given the above, it is important to search for other alternatives that are more in line with the protection of the environment, one of which is biopolymers; which are a good option, because they degrade easily and have similar properties to petroleum-derivate plastics. Biopolymers have applications in several industries such as military, biomedicine and nanotechnological developments. To achieve the above, it is required to standardize the processes of obtaining the biopolymer, in addition to characterizing the biopolymer obtained both structurally and thermally, by means of techniques such as: FTIR, NMR and the DSC, in order to determine which would be the best application of it. It can be concluded that one of the options to reduce the environmental impact generated by synthetic polymers is the obtaining of biopolymers, which have a high rate of degradation and have properties similar to those of traditional polymers, which makes them functional for different applications, however to be able to establish the specific application of each biopolymer it is important to determine the structural and thermal properties of each one of them, and in this way develop responsible materials with the environment.

Key words: biopolymer, PHA, NMR, FTIR, DSC.

Introducción

En el presente capítulo, se pretende hacer un acercamiento acerca de los conceptos básicos de los biopolímeros; desarrollando sus definiciones, y métodos de obtención. Además, de hacer definiciones de los que es un polihidroxialcanoato, describir las formas de obtención de los mismos y algunas técnicas de caracterización como es el FTIR,

DSC y RMN. Finalmente, se hace una descripción de las diversas aplicaciones que tienen los biopolímeros, los polihidroxicanoatos y de su importancia en diferentes industrias, las cuales abarcan las líneas de actuación del ingeniero, en campos tales como el desarrollo de materiales, la biomedicina, la biotecnología y la nanotecnología.

Desarrollo

Un biopolímero, es aquel material cuyo fin es el de interactuar con un sistema biológico, generando interacciones tales como: evaluar, curar, corregir o reemplazar algún tejido, órgano o función del organismo. Además, un biopolímero, puede ser una sustancia sólida tipo orgánico, inorgánico o inerte con la propiedad de ser biocompatible con el ser vivo, normalmente el cuerpo humano (Calvo Santo-Rosa, 2013).

Sin embargo, los biopolímeros también se pueden definir como una *variedad de macromoléculas, producidas por sistemas biológicos, como animales, plantas o microorganismos*". Los biopolímeros pueden ser sintetizados químicamente, pero como requisito sus unidades poliméricas deben ser derivadas de sistemas biológicos, como: aminoácidos, azúcares, lípidos, entre otros. En general los biopolímeros naturales provienen de cuatro grandes fuentes: origen animal (colágeno/gelatina), origen marino (quitina/ quitosan), origen agrícola (lípidos, grasas, hidrocoloides, proteínas y polisacáridos) y origen microbiano (ácido poliláctico (PLA) y polihidroxicanoatos (PHAs)) (Tharanathan, 2003). Algunas de estas estructuras se pueden ver en la Figura 1.

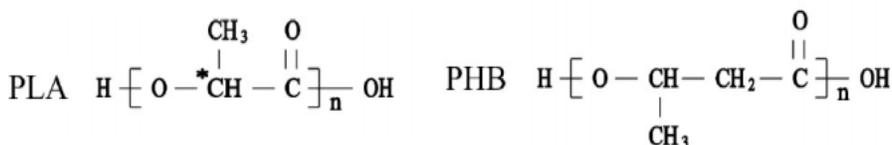


Figura 1. Fórmulas estructurales de los biopolímeros PLA (ácido poli-láctico), PHB (polihidroxibutirato)
Fuente: Calvo Santo-Rosa, (2013) en especial el caso de los biopolímeros.

Finalmente, Gallur Blanca, (2011) define a un polímero degradable, como aquellos que experimentan reacciones de degradación resultantes de la acción de microorganismos, tales como bacterias, hongos y algas, bajo condiciones que naturalmente ocurren en la biosfera en un periodo corto de tiempo.

Obtención de Biopolímeros

La obtención de polímeros biodegradables a partir de fuentes renovables representa una alternativa frente a los obtenidos a partir de petróleo y obedece al aumento de la conciencia pública sobre los problemas ambientales que generan los plásticos. Los polímeros de origen biológico tales como los derivados de almidón, ácido poliláctico, polímeros celulósicos y los PHAs juegan un papel importante, además de ser biodegradables, tienen la ventaja de ser producidos a partir de fuentes renovables (Demirbaş, 2007; Nath, Dixit, Bandiya, Chavda, & Desai, 2008).

Los poliésteres más conocidos son los PHAs los cuales son principalmente producidos en procesos de fermentación microbiana (Nath et al., 2008). Debido a su gran versatilidad estructural y a sus propiedades, tienen potencialidades en aplicaciones en biomedicina, alimentos, envases, textiles y materiales para el hogar (Keshavarz & Roy, 2010). En la Tabla 1, se muestran valores de producción de polihidroxialcanoatos así como sustratos y cepas utilizadas para la obtención de los mismos.

Tabla 1.

Algunos de los Sustratos y Cepas utilizados para obtener PHAs

Organismo	Sustrato	Tiempo de Cultivo (h).	[PHA]g/L
<i>Azotobacter vinelandi</i>	Melaza de Remolacha	40	23,0
	Glucosa + Pectonas de Pescado	47	25,0
<i>Alcaligenes eutrohus</i>	Lactato	17	29,0
	CO ₂ + H ₂	40	62,0
<i>Azotobacter choroococcum</i>	Glucosa	48	10,2
	Jarabe de Maíz	48	9,80
	Sacarosa	18	71,4
<i>Alcaligenes latus</i>	Malta	50	22,7
	Soya	50	6,00
<i>E. coli recom.</i>	Glucosa	49	157
	Sacarosa	48	34,3
	Suero	49	69,0

Fuente: Hoyos Ospina, (2003).

Polihidroxicanoatos

Los polihidroxicanoatos son poliésteres microbianos de ácidos hidroxicanoicos, los cuales son acumulados intracelularmente por microorganismo procarióticos (Eubacteria, archaea); son sintetizados en ambientes con exceso de carbono, y presencia de otros nutrientes esenciales como nitrógeno, azufre, oxígeno y fósforo (Anderson & Dawes, 1990; Steinbüchel & Lütke-Eversloh, 2003). El peso molecular y la estructura química del polímero son controladas por el tipo de cepa y por las características de los sustratos (Anderson & Dawes, 1990; Sim et al., 1997). El primer PHA identificado fue el poli(3-hidroxi-butirato) obtenido a partir del *Bacillus megaterium* por Maurice Lemoigne en 1926; 50 años después Wallen & Rohwedder, (1974), depuraron en unidades monoméricas el 3HV y el 3HHx, 3-hidroxi-valerato y 3-hidroxi-hexanoato, respectivamente.

Los PHAs son algunos de los productos que se producen a partir de biomasa, los desarrollos en esta área se enfocan a la sustitución de derivados del petróleo y a la formulación de materiales con propiedades funcionales (Frazzetto, 2003; Young, 2003). En la literatura se reportan alrededor de 150 tipos de PHAs (Steinbüchel, 2001), los cuales cubren una amplia gama de propiedades y aplicaciones que dependen de la composición química del material (Cornibert & Marchessault, 1972; Doi, Kitamura, & Abe, 1995; Jendrossek & Handrick, 2002). De acuerdo con estudios reportados por varios autores, los PHAs pueden presentar características similares a las de polímeros sintéticos tales como el polipropileno (Madison & Huisman, 1999; Steinbüchel & Fächtenbusch, 1998; Sudesh, Abe, & Doi, 2000).

Propiedades de los PHAs

Las propiedades de los PHAs, varían considerablemente. Pueden tener diferentes puntos de fusión, temperatura de transición vítrea, y grados de cristalinidad. En general tienen baja permeabilidad al O₂, pueden ser procesables por los métodos empleados para materiales termoplásticos y sus propiedades mecánicas son altamente dependientes de su estructura química (Steinbüchel & Valentin, 1995). En la Figura 2, se esquematiza la estructura general de los PHAs. Estos se pueden clasificar en tres grupos, basados en el número de carbono que tienen por cada unidad de monómero.

Los PHAs de cadena corta (scIcPHAs) que tienen de 3 a 5 carbonos, los de cadena media que tienen entre 6-14 carbonos (mcIcPHAs) y los de cadena larga que contienen más de 14 carbonos (lcIcPHAs) (Steinbüchel & Valentin, 1995). Las propiedades del material de mcIcPHA están claramente determinadas por la longitud de los grupos laterales (R en la Figura 2), su comportamiento mecánico puede asemejarse al de un elastómero o al de un plástico rígido ((Dawes & Senior, 1973; Steinbüchel & Valentin, 1995).

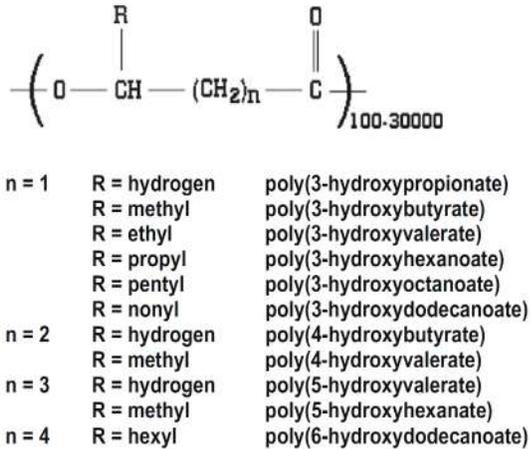


Figura 2. Esquema de la estructura general de los polihidroxicanoatos.
Fuente: F C Oliveira, (2004)

Los PHAs convencionalmente son polímeros de alto peso molecular, en el rango de 100 - 1000 KDa, presentan propiedades equiparables a polímeros termoplásticos sintéticos tales como el polipropileno, pero a diferencia del polipropileno, presentan la ventaja de ser biocompatibles y biodegradables, por lo cual presentan aplicaciones en industrias tales como la biomédica y la farmacéutica (Chen & Wu, 2005; S. K. Misra, Valappil, Roy, & Boccaccini, 2006; Steinbüchel & Lütke-Eversloh, 2003; Wu, Wang, & Chen, 2009). Según Zinn, Witholt, & Egli, (2001), aplicaciones en dichos campos requieren que los PHAs se produzcan con características reproducibles, lo cual se logra mediante la producción de bacterias en cultivo y en continuo crecimiento donde las condiciones se mantengan constantes.

Los PHAs de cadena corta pueden ser rígidos y por tanto quebradizos, por lo que sus propiedades mecánicas no son apropiadas para varias aplicaciones. Por otro lado, los mcIcPHAs pueden ser elastoméricos y

presentar baja resistencia mecánica, la formación de copolímeros a partir de los dos tipos de monómero es una alternativa viable para lograr las características mecánicas deseadas, tales como tenacidad, rigidez y resistencia tensil (Hazer & Steinbüchel, 2007).

Modificaciones en la estructura del material polimérico pueden dar lugar a diferentes aplicaciones, por ejemplo si se incrementa el carácter hidrofílico del polímero, el material puede usarse en aplicaciones en donde se requiera contacto con la sangre, haciéndolo útil para aplicaciones médicas. De manera similar, la inclusión de insaturaciones en la estructura incrementa su uso como elastómeros y permite que se obtengan estructuras termofijas, las cuales presentan mayor estabilidad mecánica y mayor resistencia (Hazer & Steinbüchel, 2007).

En la Tabla 2 se comparan las propiedades físicas de los principales PHAs y el polipropileno. Se observa que el homopolímero PHB es un termoplástico rígido y relativamente quebradizo. Estudios estructurales de este polímero han demostrado que la biosíntesis es 100% estereoespecífica y que la configuración obtenida para el carbono quiral es D(-) (Doi et al., 1995; Steinbüchel, 2001), lo cual incide en la alta cristalinidad del PHB. Adicionalmente, su alta temperatura de fusión (175oC), ligeramente inferior a la temperatura de degradación (185oC), dificulta su procesamiento por técnicas convencionales como moldeo por inyección (Ojumu, Yu, & Solomon, (2004). A pesar de estas limitaciones el PHB tiene varias propiedades útiles, como resistencia a la humedad, insolubilidad en agua, pureza óptica y también buena impermeabilidad al oxígeno, adicionalmente, puede ser degradado en presencia de enzimas hidrolíticas (Holmes, 1988; Lindsay, 1992).

Aunque los PHAs son biodegradables y pueden ser obtenidos de fuentes renovables (Castilho, Mitchell, & Freire, 2009), son costosos respecto a los plásticos no biodegradables (Choi y Lee, 2000). Por ejemplo, 1 kg de polihidroxibutirato cuesta entre US 15-30 mientras 1 kg de polipropileno vale aproximadamente US 0,70 (Witholt y Kessler, 1999). Si bien los costos de producción son un pequeño problema, su aplicación en objetos de uso masivo de bajo costo se está convirtiendo en una realidad (Keshavarz & Roy, 2010).

Tabla 2.
Algunas propiedades Físicas de PHAs Vs Polipropileno.

Propiedad	PHB	P(HB-HN)**			Polipropileno
		3% mol	14% mol	25% mol	
Punto de Fusión (°C)	175	169	150	137	176
Temperatura Transición Vítrea (°C)	15	-	-	-1	-10
Cristalinidad	80	-	-	40	70
Modulo de Young	3.5	2.9	1.5	0.7	1.7
Resistencia a la tracción.	40	38	35	30	34.5
% de elongación.	6	-	-	-	400

Fuente: Ojumu et al., (2004) . - Datos no disponibles. ** Poli(-3-hydroxybutirato-co-3-hidroxivalerato).

Aplicaciones de los PHAS

En la literatura se encuentran reportes del uso de los PHAs en aplicaciones tales como empaques para productos cosméticos y de aseo (Hocking & Marchessault, 1994; Weiner, 1997), en artefactos de bajo costo tales como bolígrafos, peines (Chen & Wu, 2005) y para la producción de productos químicos a granel obtenidos a partir de la depolimerización de los PHAs (H. Brandl, Gross, Lenz, & Fuller, 1988; Lee, Lee, & Wang, 1999).

Sin embargo, la alta relación costo beneficio ha motivado que se explore su uso como materiales funcionales en aplicaciones del sector farmacéutico y en el diseño de dispositivos biomédicos. La Tabla 3 ,presenta algunos de los usos que han sido reportados en este campo, los cuales incluyen productos cardiovasculares, scaffolds para la regeneración de los tejidos, injertos vasculares, stents cardiovasculares y válvulas cardíacas, pro-fármacos, tratamientos dentales y maxilofaciales (tejidos rectores y la regeneración ósea), administración de medicamentos (pastillas, implantes), nutrición (tanto para el hombre y animal), ortopedia, urología y materiales para el manejo de heridas (suturas y apósitos) (Williams & Martin, 2005; Zinn et al., 2001).

El potencial de los PHAs para convertirse en compuestos importantes en aplicaciones médicas, es ratificado por diferentes reportes que demuestran que este tipo de biopolímero es biocompatibles, lo

cual no es sorprendente puesto que el ácido R-3-hidroxitbutírico se encuentra disuelto en la sangre en concentraciones que oscilan entre 0,3 y 1,3 mM (Adams et al., 1987; Yajnik et al., 1997) y también se encuentra en la membrana de las células eucariotas (Reusch, 2000). Sin embargo, el PHB tiene una tasa de degradación baja en el cuerpo en comparación con heteropolímeros como por ejemplo, el poli (lactato co-glicolato) (Pouton & Akhtar, 1996). Una de las razones es su alta cristalinidad (60-90%) (Holmes, 1988), lo que dificulta el ataque enzimático (Iwata et al., 1997).

Actualmente, uno de los mayores intereses en este campo es el diseño de biomateriales que estimulen el crecimiento de las células para la reparación de tejidos, y puedan ser reabsorbidos por el cuerpo (Helmut Brandl, Bachofen, Mayer, & Wintermantel, 1995; Byrom, 1987). Algunos de los sistemas poliméricos que se usan en aplicaciones relacionadas con la medicina y son aceptados por la FDA se basan principalmente en el poli (ácido láctico) (PLA), el poli (ácido glicólico) (PGA) y sus copolímeros (Lee, 1996).

Tabla 3.

Aplicaciones de PHAs en medicina.

Tipo de aplicación.	Productos
Manejo de heridas	Suturantes, sustitutos de piel, nervios para las manos, mallas quirúrgicas, hisopos.
Sistemas Vasculares	Válvulas para corazón, injertos vasculares.
Ortopedia	Scalfoods, capsulas para la columna vertebral, sustitutos de huesos.
Urología	Stens Urológicos
Odontología	Aplicaciones periodontales.

Fuente : Zinn et al., (2001)

Caracterización de Biopolímeros.

Espectrometría de absorción en el Infrarrojo

La región del infrarrojo del espectro abarca la radiación con números de onda comprendidos entre 12800 y 10 cm^{-1} , que corresponden a longitudes de onda entre los 0,78 a 1000 μm . El espectro se puede dividir en tres regiones, infrarrojo cercano, medio y lejano; en general

las medidas en el infrarrojo cercano se hacen con un fotómetro y sus principales aplicaciones están en el análisis cuantitativo de materiales industriales agrícolas y en los procesos de control (Skoog, Holler, & Nieman, 2001). En la Tabla 4, se muestran los límites espectrales de cada una de las regiones mencionadas anteriormente.

Tabla 4.
Diferentes límites espectrales, según el tipo de región

Región	Intervalo de longitud de onda (λ), μm	Intervalo de número de onda (ν)
Cercano	0,78 a 2,5	12800 a 4000
Medio	2,5 a 50	4000 a 200
Lejano	50 a 1000	200 a 10
El más utilizado	2,5 a 15	4000 a 670

Fuente: Skoog, Holler, & Nieman, (2001)

El análisis cualitativo de esta técnica, se puede hacer mediante las frecuencias de grupo, se explica que la frecuencia aproximada, o el número de onda, a la que un grupo funcional, tal como: C=O, C=C, C-H o O-H, absorbe radiación en el infrarrojo.

Estas frecuencias, denominadas frecuencias de grupo, rara vez permanecen invariables, debido a las interacciones con otras vibraciones asociadas a uno o a los dos átomos que forman el grupo. En la Tabla 5, se enumeran las frecuencias de grupo, para algunos de los grupos funcionales más comunes.

Tabla 5.
Tabla abreviada de frecuencias de grupos funcionales.

Enlace	Tipo de Compuesto	Intervalo de frecuencias, cm^{-1}	Intensidad
C-H	Alcanos	2850-2970; 1340-1470	Fuerte; Fuerte.
C-H	Alquenos	3010-3095; 675-995	Media; Fuerte
C-H	Alquinos	330	Fuerte
C-H	Anillos Aromáticos	3010-3100; 690-900	Media; Fuerte.
O-H	Alcoholes y fenoles	3590-3650	Variable
	Ácidos Carboxílicos	3500-3650	Media
N-H	Aminas, Amidas	3300-3500	Media
C=C	Alquenos	1610-1680	Variable
C-O	Alcoholes, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres.	1050-1300	Fuerte
C=O	Aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres.	1690-1760	Fuerte.

Fuente: Skoog et al. (2001)

Con respecto a la caracterización de polihidroxicanoatos, utilizando la técnica de FTIR, por infrarrojo se tienen diversos autores. En general se buscan las señales típicas de este material, OH (3200-3500 cm^{-1}) COC (1185-1228 cm^{-1}) (Weng, Wang, & Wang, 2011), CH (2922 - 2929 cm^{-1}), CO (1000-1300 cm^{-1}) (Silverstein, Robert M. Webster & Kiemle, 2005); C=O (1600-1850 cm^{-1}) (Hong, Sun, Tian, Chen, & Huang, 1999).

Oliveira, Dias, Castilho, & Freire,(2007) y López-Cortés et al., (2010) obtuvieron un PHB y PHAs a partir de residuos de tortas de soya y de aceites de canola, quienes reportaron la presencia del grupo OH entre los 3444 cm^{-1} y 3449 cm^{-1} , respectivamente. Así mismo Barbosa, Espinosa Hernández, Malagón Romero, & Moreno Sarmiento, (2005) y Hong et al., (1999), reportaron a una longitud de onda de 2928 cm^{-1} la presencia de grupos C-H, para PHAs, obtenidos de fructuosa con diferentes tipos de cepas bacterianas. Otros autores como López-Cortés et al., (2010), López-Cuellar, Alba-Flores, Rodríguez, & Pérez-Guevara, (2011), y A. K. Misra, Thakur, Srinivas, & Karanth, (2000), encontraron que la extensión 1724 cm^{-1} , correspondía al grupo C=O, esto para diferentes tipo de PHAs, obtenidos con diferentes sustratos y cepas bacterianas. En la Figura 3 se muestran algunos espectros típicos de FTIR, para algunos PHAs.

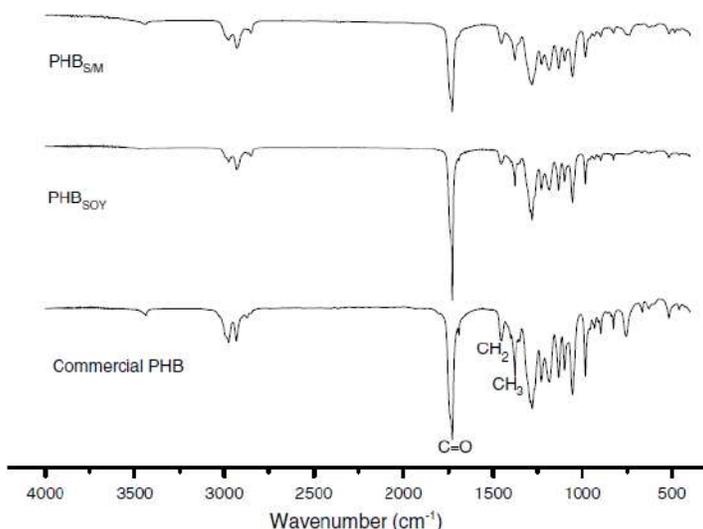


Figura 3. Espectro FTIR, para unos PHBs obtenidos de residuos de: soya y melaza (PHBSM), Soya (PHBSOY) comparados con un PHB comercial.
Fuente: Oliveira et al., (2007).

Calorimetría Diferencial del Barrido.

El análisis térmico, se refiere a una variedad de técnicas en las que una o más propiedades de una muestra se determinan continuamente a medida que la muestra se programa, a través de un perfil de temperatura predeterminado (Cheremisinoff, 1996). Las técnicas comúnmente usadas son el TGA y el DSC, análisis termo-gravimétrico y de calorimetría diferencia del barrido, respectivamente. En el TGA, se va registrando la pérdida de masa de un componente de una muestra versus el incremento de temperatura. En tanto que en el DSC, se mide la diferencia de energía que se aporta a una muestra y a una referencia, mientras ambas son sometidas a un programa de temperatura controlado. En el DSC, la medida de la diferencia de energía, se refiere al calor contenido por la muestra (entalpía), o al calor específico de la misma. El DSC, es una técnica ampliamente usada para determinar Temperatura de transición vítrea (T_g), Temperatura de fusión (T_m) y la Temperatura de Cristalización (T_c), además del calor de fusión en polímeros.

Otra propiedad importante a determinar en polímero es el grado de cristalinidad, la cual se obtiene si la entalpía de fusión del polímero completamente cristalino es conocida, entonces la cristalinidad de un polímero desconocido puede ser determinada como dice la ecuación 1:

$$\text{Grado de cristalinidad (\%)} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_u} \times 100 \quad (1)$$

Donde ΔH_f es la entalpía de fusión de un polímero completamente cristalino y ΔH_u es la entalpía de fusión de un polímero desconocido (Murillo, 2012).

En la literatura existen varios estudios con respecto a la aplicación de la técnica del DSC para caracterización de biopolímeros, los cuales están reportados en función del tipo de sustrato y microorganismo utilizado para la obtención del PHA. En ese sentido, Simon-Colin et al., (2012), encontraron que la T_m para un polihidroxialcanoato obtenido a partir de glucosa fue de 55°C; Matsusaki, Abe,

& Doi, (2000), obtuvieron un Poli(3-hidroxiбутирато-co-3-hidroxiacalcanoato), a partir de diferentes cepas de *Pseudomonas* y combinadas con *E.Coli*, quienes al caracterizarlo obtuvieron dos T_m (42 y 178°C), debido a la presencia de diferentes cadenas de biopolímeros. Randriamanhefa, Renard, Guérin, & Langlois, (2003) when they were grown on sodium octanoate. Using absorbance of the ester band of PHAs, a rapid method was reported to distinguish PHB and PHO and to determine polymer content in intact bacteria. Relative areas in which the C=O area was normalized to the area of the peak representing the amid group (1656 cm^{-1}), reportaron que la T_m para un PHOs vario entre los 40 a 52°C, estos biopolímeros producidos por diferentes cepas de *Pseudomonas*, también reportaron una ΔH de 17,3 (J/g). Finalmente, en la Figura 4, se puede ver un termograma de DSC, obtenido por López-Cortés et al., (2010)(2 para un polihidroxiacalcanoato obtenido a partir de la cepa *Paracoccus seriniphilus E71*.

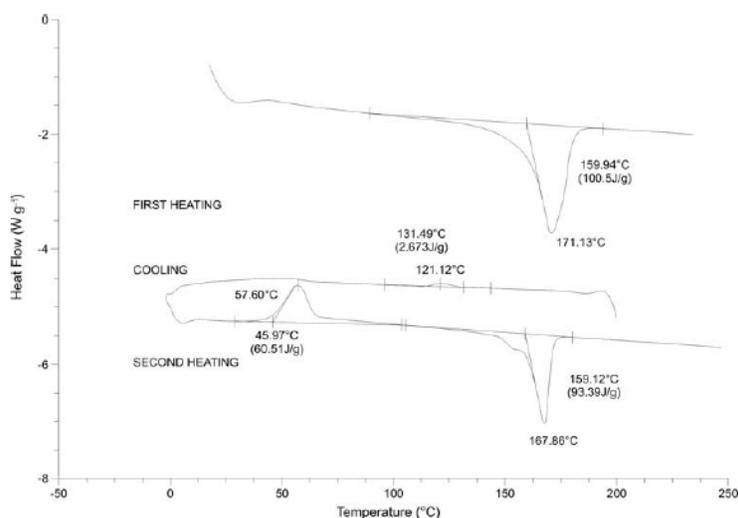


Figura 4. Termograma de un PHA. Fuente: López-Cortés et al., (2010)(2).

Resonancia Magnética Nuclear (RMN)

La resonancia magnética nuclear (RMN), se basa en la medida de la absorción de la radiación electromagnética en la región de las radiofrecuencias aproximadamente de 4 a 900 MHz. Es una técnica, en donde la absorción están implicados los núcleos de los átomos,

y se requiere de un analito en un intenso campo magnético, con el fin de que aparezcan los estados de energía de los núcleos que hagan posible la absorción (Skoog et al., 2001).

Es una técnica que solo se usa para estudiar núcleos atómicos con un número impar de protones o neutrones; lo anterior solo se da en los átomos ^1H , ^{13}C , ^{19}F y ^{31}P . Lo anterior se debe a que son núcleos magnéticamente activos, es decir poseen spin que hace que tengan un movimiento de rotación sobre un eje que hace que se comporten como si fueran imanes. Los componentes del espectrómetro de RMN, son un imán el cual posee un controlador que genera el campo magnético, además de un transmisor de radiofrecuencias con un detector para medir la absorción de energía de radiofrecuencia de la muestras; finalmente se requiere de un computador para realizar las gráficas que constituyen el espectro RMN (Skoog et al., 2001).

Diversos autores han usado la RMN, para la caracterización de PHAs alrededor del mundo, tanto con ^1H y el ^{13}C ; En este sentido Simon-Colin et al. (2012) determinaron que la señal del grupo CH estaba a 5,2ppm, para un PHAsMCL obtenido a partir de residuos de aceite de copra utilizando la cepa *P.guezennei* biovar. *Tikehau*, quienes además encontraron que la resonancia para el grupo CH_3 fue de 0,89ppm. Shrivastav et al. (2010), también reporta un espectro de RMN de un PHA obtenido de las cepas SM-P-3M y SM-P-1S, cuyas señales de resonancia fueron de 5,30 ppm para el CH y de 2,50ppm para el $-\text{CH}_2-\text{COOH}$. En la Figura 5, se observa un espectro de RMN ^1H para una combinación de β -polihidroxibutirato y β -polihidroxivalerato (Doi et al., 1986).

Existen varios trabajos respecto al análisis de ^{13}C en PHAs (Abd-Elhaleem, Amara, Zaki, Abulhamd, & Abulreesh, 2007; Ashby, Foglia, Solaiman, & Liu, 2000). En la Figura 6, se muestra un espectro de RMN para el ^{13}C , obtenido por Thakor, Trivedi, & Patel, (2005), para un PHA, obtenido durante la fermentación de la cepa *C. testosteroni* en aceite de coco. Se puede apreciar que hay presencia del grupo CH_3 para los desplazamientos $\delta = 13.7, 13.8$ y 13.9 ; en tanto que el grupo $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\delta = 18.2, 22.4, 22.5$; $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3)$ $\delta = 31.4, 31.7, 31.8$; $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2)$ $\delta = 29.1, 29.2, 29.4$; $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH})$ $\delta = 25$; (CH_2-CH) $\delta = 33.7, 35.8$; $(-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O})$ $\delta = 39$; $(\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_2)$ $\delta = 70.5$.

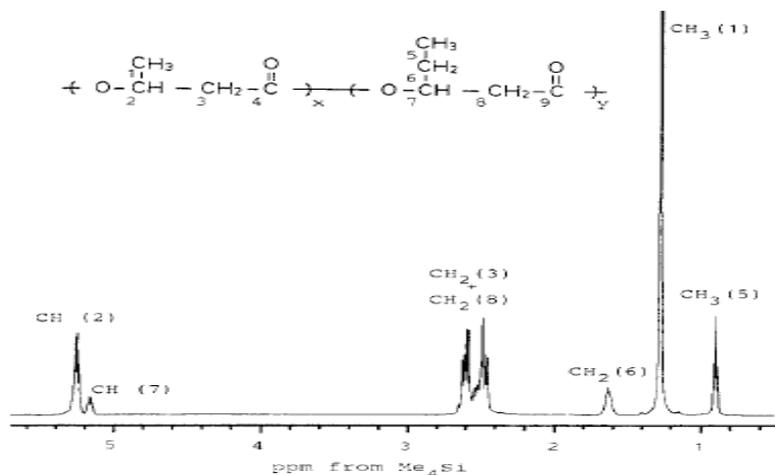


Figura 5. Espectro RMN 1H, para β -polihidroxibutirato y β -polihidroxi valerato.
Fuente: Doi et al (1986).

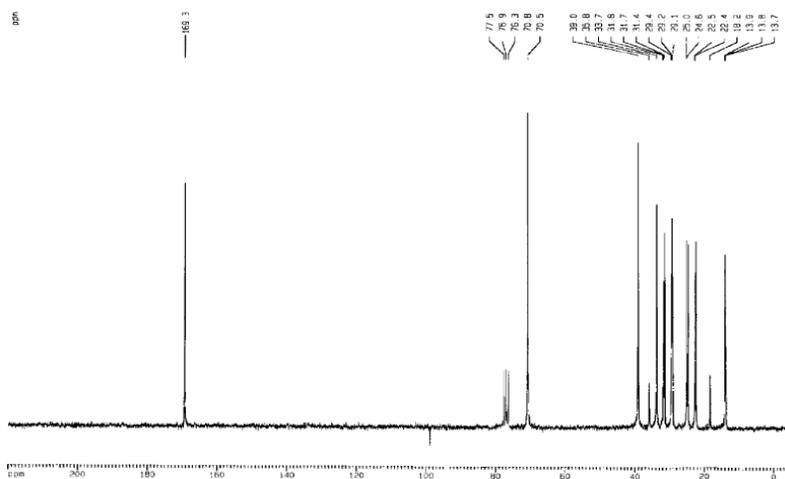


Figura 6 Espectro de RMN 13C, para un PHA obtenido a partir de aceite de coco.
Fuente: (Thakor et al., 2005).

Conclusión

Actualmente en el mundo el uso de plásticos derivados del petróleo genera un alto impacto ambiental, siendo una exigencia del mundo actual el desarrollo de tecnologías y de materiales que propendan por la salud del planeta. En ese sentido, los biopolímeros son una

opción que cumple con este objetivo de mitigar el impacto ambiental generado por los polímeros sintéticos, ya que tienen una tasa alta de degradación, además de tener propiedades similares a la de los polímeros tradicionales. Se concluye que, los biopolímeros son una alternativa como material biodegradable, el cual se puede aplicar a la industria de farmacia, cosmética, empaques, con alcances a nivel biotecnológico y nanotecnológico, siendo de importancia estandarizar el proceso de obtención y la determinación de las propiedades estructurales y térmicas del mismo, para poder definir su aplicación.

Referencias bibliográficas

Abd-El-haleem, D., Amara, A., Zaki, S., Abulhamd, A., & Abulreesh, G. (2007). Biosynthesis of biodegradable polyhydroxyalkanoates biopolymers in genetically modified yeasts. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4(4), 513–520. <https://doi.org/10.1007/BF03325988>.

Adams, J. H., Irving, G., Koeslag, J. H., Lochner, J. D., Sandell, R. C., & Wilkinson, C. (1987). Beta-adrenergic blockade restores glucose's antiketogenic activity after exercise in carbohydrate-depleted athletes. *The Journal of Physiology*, 386(1), 439–454. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1987.sp016543>.

Anderson, A. J., & Dawes, E. A. (1990). Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates. *Microbiological Reviews*, 54(4), 450–472. <https://doi.org/10.1128/0002-0923-54-4-450>

Ashby, R. D., Foglia, T. A., Solaiman, D. K. Y., & Liu, C. (2000). Viscoelastic properties of linseed oil-based medium chain length poly (hydroxyalkanoate) films: effects of epoxidation and curing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 27, 355–361.

Barbosa, M., Espinosa Hernández, A., Malagón Romero, D., & Moreno Sarmiento, N. (2005). Producción De Poli- β -Hidrobutirato (PHB) Por *Ralstonia eutropha* ATCC 17697. *Universitas Scientiarum*.

Revista de La Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana., 10(1), 45–54. Retrieved from <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/download/4936/3811>.

Brandl, H., Bachofen, R., Mayer, J., & Wintermantel, E. (1995). Degradation and applications of polyhydroxyalkanoates. *Canadian Journal of Microbiology*, 41(13), 143–153. <https://doi.org/10.1139/m95-181>.

Brandl, H., Gross, R. A., Lenz, R. W., & Fuller, R. C. (1988). *Pseudomonas oleovorans* as a source of poly (β -hydroxyalkanoates) for potential applications as biodegradable polyesters. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(8), 1977–1982.

Byrom, D. (1987). Polymer synthesis by microorganisms: technology and economics. *Trends in Biotechnology*, 5(9), 246–250. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(87\)90100-4](https://doi.org/10.1016/0167-7799(87)90100-4)

Calvo Santo-Rosa, A. (2013). *Análisis y simulación numérica del proceso de biodegradación por hidrólisis de biopolímeros en aplicaciones biomédicas*. Universidad de Sevilla. Retrieved from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5275>

Castilho, L. R., Mitchell, D. A., & Freire, D. M. G. (2009). Production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) from waste materials and by-products by submerged and solid-state fermentation. *Bioresource Technology*, 100(23), 5996–6009. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.088>

Chen, G. Q., & Wu, Q. (2005). The application of polyhydroxyalkanoates as tissue engineering materials. *Biomaterials*, 26(33), 6565–6578. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.04.036>

Cheremisinoff, N. P. (1996). *Polymer Characterization. Molecular and Cellular Probes* (Vol. 15). Westwood, New Jersey, U.S.A: Noyes Publications. <https://doi.org/10.1002/app.1981.070260429>

Choi J, Lee SY. Economic considerations in the production of poly(3-

hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by bacterial fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2000. 53, 646-649.

Cornibert, J., & Marchessault, R. H. (1972). Physical properties of poly- β -hydroxybutyrate. IV. Conformational analysis and crystalline structure. *Journal of Molecular Biology*, 71(3), 735-756. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(72\)80035-4](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(72)80035-4)

Dawes, E. A., & Senior, P. J. (1973). The Role and Regulation of Energy Reserve Polymers in Micro-organisms. *Advances in Microbial Physiology*, 10(C), 135-266. [https://doi.org/10.1016/S0065-2911\(08\)60088-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2911(08)60088-0)

Demirbaş, A. (2007). Global renewable energy resources. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 29(5), 419-424.

Doi, Y., Kunioka, M., Nakamura, Y., Soga, K., 1986. Nuclear Magnetic Resonance Studies on Poly(β -hydroxybutyrate) and a Copolyester of P-Hydroxybutyrate and P-Hydroxyvalerate Isolated from *Alcaligenes eutrophus* H16. *Macromolecules*. 19, 2860-2864.

Doi, Y., Kitamura, S., & Abe, H. (1995). Microbial Synthesis and Characterization of Poly (β -3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate). *Macromolecules*, 28(14), 4822-4828. <https://doi.org/10.1021/ma00118a007>

Frazzetto, G. (2003). White Biotechnology. The application of biotechnology to industrial production holds many promises for sustainable development, but many products still have to pass the test of economic viability. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 4(9), 835-837. <https://doi.org/10.1007/s10098-005-0018-3>.

Gallur Blanca, M. (2011). Biopolímeros como material de envase. Caso práctico: sector cosmético. Barcelona: Easyfairs-Packaging Innovations.

Hazer, B., & Steinbüchel, A. (2007). Increased diversification of polyhydroxyalkanoates by modification reactions for industrial and medical applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0732-8>

Hocking, P., & Marchessault, R. (1994). Biopolyesters: In Chemistry and Technology of Biodegradable Polymers. In Blackie Academic & Professional (Ed.) (Griffin GJ, pp. 48–96).

Holmes, P. A. (1988). Biologically produced PHA polymers and copolymers. In D. C. Bassett (Ed.) (pp. 1–65). Runcorn, Cheshire, UK: Elsevier Applied Science Publisher. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(05\)80002-6](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(05)80002-6)

Hong, K., Sun, S., Tian, W., Chen, G. Q., & Huang, W. (1999). A rapid method for detecting bacterial polyhydroxyalkanoates in intact cells by Fourier transform infrared spectroscopy. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(4), 523–526. <https://doi.org/10.1007/s002530051427>

Hoyos Ospina, D. L. (2003). *Polihidroxiálcanoatos. Monografía para optar por el título de Especialista en Biotecnología*. Universidad Nacional de Colombia.

Iwata, T., Doi, Y., Tanaka, T., Akehata, T., Shiromo, M., & Teramachi, S. (1997). Enzymatic Degradation and Adsorption on Poly[(R)-3-hydroxybutyrate] Single Crystals with Two Types of Extracellular PHB Depolymerases from *Comamonas acidovorans* YM1609 and *Alcaligenes faecalis* T1. *Macromolecules*, 30(97), 5290–5296. <https://doi.org/10.1021/ma970491g>.

Jendrossek, D., & Handrick, R. (2002). Microbial Degradation of Polyhydroxyalkanoates. *Annual Review of Microbiology*, 56(1), 403–432. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.56.012302.160838>

Keshavarz, T., & Roy, I. (2010). Polyhydroxyalkanoates: bioplastics with a green agenda. *Current Opinion in Microbiology*, 13(3), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2010.02.006>

Lee, S. Y. (1996). Bacterial Polyhydroxyalkanoates. *Biotechnology*

and *Bioengineering*, 49, 1–14. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0290\(19960105\)49:1<1::AID-BIT1>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0290(19960105)49:1<1::AID-BIT1>3.0.CO;2-P)

Lee, S. Y., Lee, Y., & Wang, F. (1999). Chiral compounds from bacterial polyesters: Sugars to plastics to fine chemicals. *Biotechnology and Bioengineering*, 65(3), 363–368. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0290\(19991105\)65:3<363::AID-BIT15>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0290(19991105)65:3<363::AID-BIT15>3.0.CO;2-1)

Lindsay, K. (1992). Truly degradable resins are now truly commercial. *Modern Plastics*, (2), 62–64.

López-Cortés, A., Rodríguez-Fernández, O., Latisnere-Barragán, H., Mejía-Ruíz, H. C., González-Gutiérrez, G., & Lomelí-Ortega, C. (2010). Characterization of polyhydroxyalkanoate and the phaC gene of *Paracoccus seriniphilus* E71 strain isolated from a polluted marine microbial mat. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(1), 109–118. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0149-5>

López-Cuellar, M. R., Alba-Flores, J., Rodríguez, J. N. G., & Pérez-Guevara, F. (2011). Production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) with canola oil as carbon source. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(1), 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.09.016>

Madison, L. L., & Huisman, G. W. (1999). Metabolic engineering of poly(3-hydroxyalkanoates): from DNA to plastic. *Microbiology and Molecular Biology Reviews: MMBR*, 63(1), 21–53. <https://doi.org/10.1093/mmb/63.1.21>

Matsusaki, H., Abe, H., & Doi, Y. (2000). Biosynthesis and properties of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyalkanoates) by recombinant strains of *Pseudomonas* sp. 61-3. *Biomacromolecules*, 1, 17–22. <https://doi.org/10.1021/bm9900040>

Misra, A. K., Thakur, M. S., Srinivas, P., & Karanth, N. G. (2000). Screening of poly- β -hydroxybutyrate-producing microorganisms using Fourier transform infrared spectroscopy. *Biotechnology Letters*, 22, 1217–1219. <https://doi.org/10.1023/A:1005602911977>

Misra, S. K., Valappil, S. P., Roy, I., & Boccaccini, A. R. (2006). Polyhydroxyalkanoate (PHA)/inorganic phase composites for tissue engineering applications. *Biomacromolecules*, 7(8), 2249–2258. <https://doi.org/10.1021/bm060317c>

Murillo, E. (2012). Caracterización de Polímeros. In *Notas de clase*.

Nath, A., Dixit, M., Bandiya, A., Chavda, S., & Desai, A. J. (2008). Enhanced PHB production and scale up studies using cheese whey in fed batch culture of *Methylobacterium* sp. ZP24. *Bioresource Technology*, 99(13), 5749–5755. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.10.017>

Ojumu, T. V., Yu, J., & Solomon, B. O. (2004). Production of Polyhydroxyalkanoates, a bacterial biodegradable polymer. *African Journal of Biotechnology*, 3(1), 18–24. <https://doi.org/10.5897/AJB2004.000-2004>

Oliveira, F. C. (2004). *Produção de Polihidroxialcanoatos por fermentação no estado sólido*. Federal University of Rio de Janeiro.

Oliveira, F. C., Dias, M. L., Castilho, L. R., & Freire, D. M. G. (2007). Characterization of poly(3-hydroxybutyrate) produced by *Cupriavidus necator* in solid-state fermentation. *Bioresource Technology*, 98(3), 633–638. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.022>

Pouton, C. W., & Akhtar, S. (1996). Biosynthetic polyhydroxyalkanoates and their potential in drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 18(2), 133–162. [https://doi.org/10.1016/0169-409X\(95\)00092-L](https://doi.org/10.1016/0169-409X(95)00092-L)

Randriamanhefa, S., Renard, E., Guérin, P., & Langlois, V. (2003). Fourier transform infrared spectroscopy for screening and quantifying production of PHAs by *Pseudomonas* grown on sodium octanoate. *Biomacromolecules*, 4(4), 1092–1097. <https://doi.org/10.1021/bm034104o>.

Reusch, R. N. (2000). Transmembrane ion transport by

polyphosphate/poly-(R)-3-hydroxybutyrate complexes. *Biochemistry. Biokhimiia*, 65(3), 280–295. <https://doi.org/BCM65030335> [pii]

Shrivastav, A., Mishra, S. K., Shethia, B., Pancha, I., Jain, D., & Mishra, S. (2010). Isolation of promising bacterial strains from soil and marine environment for polyhydroxyalkanoates (PHAs) production utilizing *Jatropha* biodiesel byproduct. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(2), 283–287. <https://doi.org/10.1016/j.IJBIOMAC.2010.04.007>

Silverstein, Robert M. Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (2005). *Spectrometric identification of organic compounds*. (D. Brennan, Ed.), *Journal of Molecular Structure* (John Wiley). Unites States of America. [https://doi.org/10.1016/0022-2860\(76\)87024-X](https://doi.org/10.1016/0022-2860(76)87024-X)

Sim, S. J., Snell, K. D., Hogan, S. A., Stubbe, J. A., Rha, C., & Sinskey, A. J. (1997). PHA synthase activity controls the molecular weight and polydispersity of polyhydroxybutyrate in vivo. *Nature Biotechnology*, 15(1), 63–67. <https://doi.org/10.1038/nbt0197-63>.

Simon-Colin, C., Gouin, C., Lemeckko, P., Schmitt, S., Senant, A., Kervarec, N., & Guezennec, J. (2012). Biosynthesis and characterization of polyhydroxyalkanoates by *Pseudomonas guezenneci* from alkanolates and glucose. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(5), 1063–1069. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.08.018>

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de Análisis Instrumental*. (C. fernandez Madrid, Ed.), *Principios de Análisis Instrumental* (5th ed.). España: McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Steinbüchel, A. (2001). Perspectives for Biotechnological Production and Utilization of Biopolymers: Metabolic Engineering of Polyhydroxyalkanoate Biosynthesis Pathways as a Successful Example. *Macromolecular Bioscience*, 1(1), 1–24. [https://doi.org/10.1002/1616-5195\(200101\)1:1<1::AID-MABI1>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1616-5195(200101)1:1<1::AID-MABI1>3.0.CO;2-B)

Steinbüchel, A., & Fächtenbusch, B. (1998). Bacterial and other biological systems for polyester production. *Trends in Biotechnology*, 16(10), 419–427. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(98\)01194-9](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(98)01194-9)

Steinbüchel, A., & Lütke-Eversloh, T. (2003). Metabolic engineering and pathway construction for biotechnological production of relevant polyhydroxyalkanoates in microorganisms. *Biochemical Engineering Journal*, 16(2), 81–96. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(03\)00036-6](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(03)00036-6)

Steinbüchel, A., & Valentin, H. E. (1995). Diversity of bacterial polyhydroxyalkanoic. *FEMS Microbiology Letters*, 128, 219–228. [https://doi.org/10.1016/0378-1097\(95\)00125-0](https://doi.org/10.1016/0378-1097(95)00125-0)

Sudesh, K., Abe, H., & Doi, Y. (2000). Synthesis, structure and properties of polyhydroxyalkanoates: Biological polyesters. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 25(10), 1503–1555. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(00\)00035-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(00)00035-6)

Thakor, N., Trivedi, U., & Patel, K. C. (2005). Biosynthesis of medium chain length poly(3-hydroxyalkanoates) (mcl-PHAs) by *Comamonas testosteroni* during cultivation on vegetable oils. *Bioresource Technology*, 96(17), 1843–1850. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.01.030>

Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14(3), 71–78. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00280-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00280-7)

Wallen, L. L., & Rohwedder, W. K. (1974). Poly- β -hydroxyalkanoate from Activated Sludge. *Environmental Science and Technology*, 8(6), 576–579. <https://doi.org/10.1021/es60091a007>

Weiner, R. M. (1997). Biopolymers from marine prokaryotes. *Trends in Biotechnology*, 15(10), 390–394. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(97\)01099-8](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(97)01099-8)

Weng, Y. X., Wang, X. L., & Wang, Y. Z. (2011). Biodegradation behavior of PHAs with different chemical structures under controlled composting conditions. *Polymer Testing*, 30(4), 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.02.001>

Witholt, B., & Kessler, B. (1999). Perspectives of medium chain length poly(hydroxyalkanoates), a versatile set of bacterial bioplastics. *Current Opinion in Biotechnology*, 10(3), 279–285. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(99\)80049-4](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(99)80049-4)

Wu, Q., Wang, Y., & Chen, G. Q. (2009). Medical application of microbial biopolyesters polyhydroxyalkanoates. *Artificial Cells, Blood Substitutes, and Biotechnology*, 37(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/10731190802664429>.

Yajnik, C. S., Sardesai, B. S., Bhat, D. S., Naik, S. S., Raut, K. N., Shelgikar, K. M., ... Hockaday, T. D. R. (1997). Ketosis resistance in fibrocalculous pancreatic diabetes: II. Hepatic ketogenesis after oral medium-chain triglycerides. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 46(1), 1–4. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(97\)90158-X](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(97)90158-X)

Young, A. L. (2003). Biotechnology for Food, Energy, and Industrial Products: New Opportunities for Bio-Based Products. *Environmental Science and Pollution Research International*, 10(5), 273–276. <https://doi.org/10.1007/BF02980256>

Zinn, M., Witholt, B., & Egli, T. (2001). Occurrence, synthesis and medical application of bacterial polyhydroxyalkanoate. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 53(1), 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(01\)00218-6](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(01)00218-6).

Desarrollo de una propuesta metodológica basada en la filosofía de manufactura ágil aplicada en el sector salud (*lean health*) en la estructuración de un sistema de costeo directo: caso de estudio¹

Gustavo Andrés Araque González²; David Alberto García Arango³; Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez⁴; Leidy Catalina González Durango⁵

Resumen

Uno de los factores de productividad en la Ingeniería Industrial está enmarcado en la planeación, desarrollo, análisis y evolución de herramientas de mejoramiento continuo en el sector productivo y de servicios. Como ejemplo de lo anterior, es conocida la manufactura ágil (*Lean Manufacturing*), filosofía de calidad que es aplicada e implementada en un caso de estudio en la determinación de costeo directo en el sector de salud (*Lean Health*). La presente investigación de carácter mixto se divide en tres fases principales: 1) diagnóstico inicial de estudio de tiempos y métodos, a partir de un primer caso ejecutado en una investigación previa del área de alistamiento de la organización de estudio y determinación de estándares de tiempos; 2) Desarrollo de una propuesta metodológica de costeo directo en los trabajadores y determinación de los factores salariales actuales, tiempo de procesamiento y rendimiento de trabajo; 3) Análisis y toma de decisiones final en el estudio de los factores salariales actuales y desarrollo de la metodología kaizen de mejoramiento continuo, utilizando la estrategia de costeo directo a partir de las técnicas *Lean Health* como ciclo de evolución del trabajo. Los resultados de la presente investigación evidencian un aumento de la

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado "Implementación de costeo abc basada en el proceso de cuentas médicas de una empresa del sector salud", realizado entre 2017-2018.

² Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería de Producción. Corporación Universitaria Americana. E-mail: garaque@americana.edu.co.

³ Licenciado en Matemáticas y Física. Magíster en Matemáticas aplicadas. Corporación Universitaria Americana. E-mail: dagarcia@coruniamericana.edu.co.

⁴ Contador Público. Magíster en Administración Empresarial. Corporación Universitaria Americana. E-mail: cecheverri@coruniamericana.edu.co.

⁵ Semillerista de Investigación del programa de Ingeniería Industrial. Trabajadora independiente. E-mail: gonzalezleidy7505@coruniamericana.edu.co.

productividad de facturas procesadas en el área de alistamiento de la empresa en un 10% aproximadamente, utilizando la propuesta de valor de la presente investigación.

Palabras clave: lean Health, estructuración de costeo directo, sistema de mejoramiento continuo kaizen, proceso de alistamiento de facturas médicas, productividad y calidad de la salud.

Abstract

One of the factors of productivity in the Industrial Engineering is framed in the planning, development, analysis and evolution of tools of continuous improvement in the productive sector and of services. As an example of the above, it is known the agile manufacturing (Lean Manufacturing), philosophy of quality that is applied and implemented in a case study in the determination of direct costing in the health sector (Lean Health). The present investigation of mixed character is divided in three main phases: 1) initial diagnosis of study of times and methods, from a first case executed in a previous investigation of the area of enlistment of the organization of study and determination of standards of times ; 2) Development of a methodological proposal of direct costing in the workers and determination of the current salary factors, processing time and work performance; 3) Analysis and final decision making in the study of the current salary factors and development of the kaizen methodology of continuous improvement, using the direct costing strategy from the Lean Health techniques as work evolution cycle. The results of the present investigation show an increase in the productivity of invoices processed in the area of enlistment of the company in approximately 10%, using the value proposal of the present investigation.

Key words: lean Health, direct costing structure, continuous kaizen improvement system, process of medical invoice preparation, productivity and quality of health.

Introducción

En la actualidad es conocimiento de la sociedad que el campo

de la salud se ha venido deteriorando cada vez más por falta de intervención del estado, y a causa de esto se evidencia que la manufactura debe cumplir un papel muy importante en la búsqueda de nuevos recursos para sostenibilidad del campo de la salud. Es por cuanto que el método “Lean Health” busca eliminar aquellas operaciones innecesarias, basándose en el respeto por el trabajador y la satisfacción del paciente, es decir, es una estrategia que integra diversos beneficios a través de un solo pensamiento y por este motivo es la estrategia elegida para llevar a cabo este propósito de mejoras en el sector de la salud.

De acuerdo a lo anterior es importante mencionar que este método de prestación del servicio involucra no solo una alternativa de cómo hacerlo, sino también poder obtener indicadores de rentabilidad y productividad estratégicos relacionados con la mano de obra directa del sector mencionado, por tal motivo en el presente capítulo se busca esclarecer los beneficios y aplicación de dicho método para así proporcionar mejores resultados para el desarrollo del sector de salud, convirtiéndose en un elemento clave para la eficiencia operativa de los servicios de salud junto la reestructuración de un sistema que consiste a mayor calidad menor costo.

Paralelamente se mencionara el mejoramiento continuo, gradual y ordenado por medio de la metodología kaizen, mostrando algunos retos y desafíos que conlleva aplicar esta metodología que consiste a groso modo en la eliminación de los desperdicios de tiempo de procesamiento de facturas en el área de alistamiento de la empresa de estudio convirtiendo esto en un cambio progresivo periódico ya que en ningún momento se puede descuidar dicho método.

Por tal motivo se desarrollará de manera más específica el análisis y toma de decisiones final en el estudio de los factores salariales actuales y desarrollo de la metodología kaizen de mejoramiento continuo, utilizando la estrategia de costeo directo a partir de las técnicas Lean Health , tomando como base un estudio de tiempos y métodos desarrollado en la fase uno de la presente investigación y aporte en la evolución y desarrollo cíclico del trabajo y así poder a hondear con mayor claridad y precisión la presente investigación.

Manufactura Ágil en el Sector de la Salud – Lean Health

La manufactura ágil conocida como (*Lean Manufacturing*), se desarrolla con base en la filosofía de calidad implementada en la década de 1950 por Toyota y con el transcurso del tiempo esta filosofía ha sido aplicada en diferentes sectores de las organizaciones optimizando los costos por medio de la eliminación en los desperdicios, aumentando la productividad y generando más valor hacia los clientes y optimizando la rentabilidad de las empresas (Nordin, 2010; Jabbour, 2013). Si bien es cierto a medida que el sector de la salud lucha contra los problemas causados por el gobierno evidenciados en la reducción de fondos, de recursos, de las expectativas públicas y sobre todo la baja moral del personal, por medio de este método se han enfocado en alcanzar y mantener los estándares de calidad convirtiéndose esto en un tema importante del sector de la salud buscando un recurso muy necesario para todos los involucrados en el desarrollo, inicio y monitoreo de programas de aseguramiento en el cuidado de la salud.

La implantación de la metodología Lean tiene como objetivo mejorar la calidad, eliminar los despilfarros y reducir los tiempos de espera, además persigue la reducción de costes y el incremento de la productividad sin que esto suponga un aumento de presión para el personal o una disminución de la calidad del servicio al cliente final. Kim (2006) y Chadha (2012) argumentan que la filosofía Lean Health se basa en los elementos de Lean a la asistencia de servicios sanitarios, implica la eliminación de las ineficiencias para lograr que todo el trabajo ejecutado proporcione valor y cumpla con las necesidades del paciente. Para la aplicación del método Lean Health es necesaria la identificación de todas aquellas actividades que suponen un coste para la empresa, que no añaden valor pero están consumiendo recursos. Este método mejora la calidad y reduce los costes improductivos de una forma objetiva y rápida, mejorando o rediseñando todos los procesos o actividades clave para eliminar los despilfarros, lo que genera una mejor calidad de forma continua. La inversión en el método Lean resulta muy rentable ya que soluciona problemas reales del lugar de trabajo, ayuda a evitar errores y a mejorar la seguridad de los

pacientes, la satisfacción de los profesionales y la sostenibilidad del sistema sanitario. La aplicación de Mejora Continua basada en la metodología Lean y espíritu Kaizen, considera que la Metodología Lean ha demostrado en todos los sectores que su correcta aplicación genera organizaciones más flexibles y permiten hacer frente a la nuevas exigencias del mercado.

Dahlggaard (2011) y Toussaint (2013). Identifican cinco principios del *Lean Management* aplicados al sector Hospitalario:

1. Identificación de los consumidores y del valor añadido:
En un centro hospitalario el mayor activo son sus pacientes pero también las compañías de seguros, los familiares de los pacientes o el gobierno. Cada tipo de cliente tendrá un punto de vista diferente respecto al valor añadido que desea recibir.
2. Identificación del mapa de transmisión de valor:
Los procesos de admisión y alta hospitalaria son frecuentemente actividades ineficientes que no aportan valor debido a las barreras administrativas, los tiempos de espera y desacuerdos entre médicos. Identificar los problemas y las ineficiencias existentes de la cadena de valor ayuda a detectar las oportunidades de mejora y sentar las bases para la optimización y la implantación de la metodología Lean.
3. Crear flujos eliminando los despilfarros en el hospital:
El objetivo es obtener procesos sin desperdicios aplicando los conceptos del Lean Hospitalario. Para lograrlo resulta indispensable un pensamiento interdisciplinar, es decir, valorar cada uno de los departamentos del hospital como un conjunto y no actuar de forma individual para cada uno de ellos ya que puede conllevar efectos negativos en otros departamentos.
4. Organización basada en el cliente:
Cada servicio se realiza en el momento en el que el cliente lo solicite y de la forma adecuada, para ello en la aplicación del Lean Management será un requisito básico la asignación de tareas, responsabilidades y competencias. Esto mejora la colaboración, reduce las actividades redundantes que resultan de responsabilidades poco claras y permite que la estancia del

paciente en el hospital sea el menor tiempo posible.

5. Mejora continua:

El Lean Hospitalario intenta crear una mejora continua sostenible como cultura de la empresa, para tratar de alcanzar cada día la máxima optimización en las operaciones del hospital y mejorar no sólo el trabajo diario, sino también contribuir a la mejora constante de todo el hospital (UK, 2015).

Metodología de mejoramiento continuo en el sector de la salud (sistema kaizen): retos y desafíos

En primer lugar para poder comenzar a hondear en el tema debemos entender que significa la metodología y/o sistema Kaizen, la cual “surgió entonces como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tejido económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses” (Salazar, 2016).

El punto de partida de Kaizen es identificar el desperdicio en los movimientos de trabajo. Con frecuencia los trabajadores no están conscientes de los movimientos innecesarios que hacen. Sólo después que todos estos movimientos innecesarios son identificados y eliminados se puede pasar a la siguiente fase de Kaizen en las máquinas y en los sistemas. Cuando se hace un enfoque en las Instalaciones se encuentran infinidad de oportunidades para el mejoramiento. Cambiar la disposición de la planta para mayor eficiencia es una de las máximas prioridades y esfuerzos de Kaizen, los cuales se dirigen a reducir las bandas transportadoras o a eliminarlas por completo.

La administración de la planta, se trate de la producción de bienes o servicios, debe empeñarse en los cinco objetivos siguientes:

6. Lograr la máxima calidad con la máxima eficiencia.
7. Mantener un inventario mínimo.
8. Eliminar el trabajo pesado.

9. Usar las herramientas e instalaciones para maximizar la calidad y eficiencia, y minimizar el esfuerzo.
10. Mantener una actitud de mente abierta e inquisitiva para el mejoramiento continuo, basado en el trabajo en equipo y la cooperación (Lefcovich, 2003).

Tan pronto como se hace un mejoramiento se convierte en un estándar que será refutado con nuevos planes para más mejoramientos. El PREA (Planear-Ejecutar-Revisar-Actuar) es un proceso mediante el cual se fijan nuevos estándares sólo para ser refutados, revisados y reemplazados por estándares más nuevos y mejorados. El ciclo de PREA es una herramienta esencial para realizar mejoramientos y asegurar que los beneficios de éstos duren. Pero antes de que se emplee el ciclo PREA, es esencial que los estándares corrientes se estabilicen. Este proceso de estabilización recibe el nombre de EREA (Estandarizar-Realizar-EvaluarActuar). Sólo cuando el ciclo de EREA está en operación podemos movernos para mejorar los estándares corrientes por medio del ciclo PREA. La administración debe tener trabajando en concierto tanto el ciclo EREA como el PREA todo el tiempo.

Desarrollo Metodológico – manufactura ágil en el sector de la salud (*Lean Health*) en la estructuración de costeo directo: caso de estudio

La presente etapa de investigación contiene una descripción metodológica de las herramientas Lean aplicadas al sector de la Salud (*Lean Health*), integrada en el sistema de estructuración de costeo directo de la fuerza laboral de una empresa de estudio. Se aborda un estudio de investigación de carácter mixto, involucrando estudios cualitativos a partir de encuestas diagnóstico de los puestos de trabajo de los empleados, identificación de estrategias de mejoramiento y oportunidades de eficiencia operacional en el departamento de estudio (alistamiento) y consecución de los indicadores iniciales de producción de la muestra poblacional descrita en el estudio previo de tiempos y métodos realizado en la organización (Araque, Garcia, Echeverry, & Bedoya, 2018).

Esta fase de investigación, es desarrollada con el propósito de realizar la respectiva medición, análisis y construcción de la estructura de costos ABC en una empresa de salud. Se inicia con el desarrollo de una propuesta de diseño matricial tangible para la organización en búsqueda de la planeación, control, y mejoramiento de los servicios prestados a cada uno de sus clientes y gestión financiera y administrativa.

Fase 1: Diagnóstico inicial- toma de datos de procesamiento de facturas

Es a partir de la toma de datos en cada uno de los puestos de trabajo, en donde se extrae la información de entrada, en donde se analiza los recursos utilizados por cada uno de los trabajadores y el cómo estos impactan en la ejecución de cada una de sus actividades laborales pertenecientes a su perfil profesional. Se realiza un desarrollo metodológico basado en la estructuración de costos ABC para la empresa, con la ejecución metodológica de cada uno de los pasos que esta abarca, como es explicado en el presente informe final. Como resultado final se llegan al cálculo de los costos directos de mano de obra, siendo uno de los objetivos finales a ser costeadado al interior de la organización para cada uno de sus clientes.

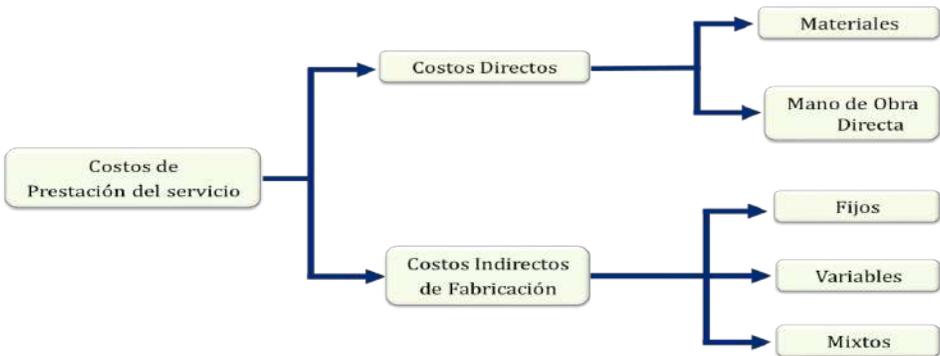


Figura 1. Estructura de sistema de costos directos e indirectos.
Fuente: (Araque, Garcia, Echeverry, & Bedoya, 2018)

Para realizar el cálculo del sistema de costo total de la organización, se debe realizar la debida distribución de sus costos en dos grupos principales como es ilustrado en la figura 1. De acuerdo con la presente investigación, una primera fase es el costo directo, basado en las actividades directas que involucra el proceso de auditoría de cuentas médicas de la organización en el departamento de alistamiento de facturas.

Fase 2: Identificación de la metodología utilizada- estructuración de costeo ABC

Para el estudio de estructuración de costos ABC se cuentan con diferentes técnicas entre las cuales podemos destacar:

- Administración Basada en Actividades
- Costeo ABC
- Costeo tradicional
- Costeo completo por absorción
- Costeo Variable

La metodología bajo la cual se ha ejecutado la estructuración de costos en la compañía de estudio es la Estructuración de costos ABC, para lo cual el equipo de consultores de la Corporación Universitaria Americana, junto con el personal del área de tecnología de la empresa investigada, ha realizado un a extracción de la información generada por el sistema, siendo esta denominada como el Balance de Prueba (BP) lo que permite contar con datos cuantitativos financieros representativos del trabajo a partir de los registros generados en la ejecución del servicio a lo largo del proceso.

Fase 3: Procedimiento para la estructuración del costeo directo – caso de estudio

Se realiza el respectivo estudio contable en la aplicación de la metodología de estructuración de costos ABC de la empresa de salud de acuerdo a 8 fases principales, presentadas a seguir:

Identificación y determinación del objeto de estudio

Para la estructuración de costo directo el primer paso es definir el proyecto (cliente) en el cual será desarrollada y ejecutada la presente metodología. En base al portafolio de clientes con los cuales cuenta la empresa de salud y de acuerdo con previa reunión con el cuerpo administrativo, fue escogido como objeto de estudio su cliente principal y el personal operacional responsable por la gestión y administración del cliente relacionado.

Diagnóstico actual – estudio de tiempos y métodos

Como es mencionado en el presente capítulo, fue realizado un estudio de tiempos y métodos previo para la determinación de los

tiempos y unidades estándar de producción de los operarios del área de alistamiento inicial (Araque, Garcia, Echeverry, & Bedoya, 2018). A partir de esta información inicial, se determinan los ritmos de trabajo asociados en cada uno de los perfiles de cargo al interior del departamento de alistamiento de la empresa de estudio y se valora una propuesta de reingeniería de indicadores de productividad/operario. De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera fase de investigación, se pudo identificar que los indicadores de producción de la organización eran divergentes en relación con la producción real de la organización, en un 10% aproximadamente.

Identificación de los factores de tolerancia: suplementos

Una vez determinado los indicadores de producción estándar de la organización, se procede a seguir con el cálculo de los suplementos en la actividad de alistamiento de la presente investigación. Si bien es cierto que el Tiempo Estándar de procesamiento, resultado del promedio de los datos, suele ser un valor referencia en el presente estudio, Brey (1928) y Prior (2005) argumentan la relevancia en la identificación de factores de tiempo relacionados a tolerancias de tiempo que los trabajadores deben obtener como consecuencia de sus actividades. Las operaciones continuas, horarios laborales y localización centralizada generan fatiga de trabajo, y se presentan como algunos de los factores que determinan la importancia de asociar proporciones de tiempo adicionales a las actividades desarrolladas y determinación de criterios de tiempos adicionales (suplementos) como resultado de la tarea desempeñada.

Cálculo de los indicadores meta de la organización / mes

Un primer estudio para la determinación de los indicadores meta de la organización hace referencia al caculo de los tiempos de operación ejecutados por cada uno de sus colaboradores en el área de trabajo. Si bien es cierto que un correcto abordaje de determinación de tiempos puede ser analizado a partir de cronometraje en físico en el puesto de trabajo en búsqueda de la estandarización de las actividades, existen ciertos factores internos y externos de trabajo que influyen el correcto y normal desempeño de las funciones ejercidas por los empleados y deben ser considerados como

suplementos (tolerancias) de tiempo dentro del proceso de estudio de tiempos y métodos. Los factores de suplementos, de acuerdo con Cruelles (2013) Argote (2015) y Galvis (2007) “son aquellos tiempos que buscan compensar las necesidades básicas personales de los operarios, demoras en el proceso productivo y retrasos inevitables. El concepto de suplemento nace de la premisa que “ningún operario puede trabajar todo el día sin ningún tipo de interrupción, en donde el trabajador se ve expuesto a paradas parciales para descansos, desplazamientos al baños, etc., afectando el tiempo final de procesamiento de sus actividades cotidianas”.

De acuerdo con la información anterior, el departamento estratégico-gerencial de la organización determina, en trabajo colaborativo con los jefes de área, los estándares de tiempos “rígidos”, es decir sin un factor de tolerancia o suplemento, en donde el empleado debe ejecutar la tarea diariamente y establece los indicadores de producción y seguimiento periódico, como puede ser observado en la Figura 2:

Usuario que Verifica	Fecha de Verificación	Hora Inicio Verificación	Hora de Terminación verificación	Tiempo Total/Unidad (Minutos)	Tiempo Total/Unidad (Unidades)	Tiempo Total/Unidad (Minutos)	Minutos/día	Descanso promedio (almuerzo, t descanso,	Tiempo Neto	Producción Unidades/día	Indicador de Producción-Area de Verificación
Trabajador 1	2017-01-10 07:27:10:000000	7:27	7:27	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	124,03125
Trabajador 1	2017-01-10 07:31:56:000000	7:31	7:31	00:04:00	0,07	4	480	75	405	101,25	
Trabajador 1	2017-01-10 07:45:53:000000	7:45	7:45	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	
Trabajador 1	2017-01-10 08:27:22:000000	8:27	8:27	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	
Trabajador 1	2017-01-10 08:34:43:000000	8:34	8:34	00:05:00	0,08	5	480	75	405	81	
Trabajador 1	2017-01-10 11:20:24:000000	11:20	11:20	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	
Trabajador 1	2017-01-10 13:48:27:000000	13:48	13:48	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	
Trabajador 1	2017-01-10 14:00:18:000000	14:0	14:0	00:03:00	0,05	3	480	75	405	135	

Figura 2. Ejemplo de cálculo de indicador de producción del departamento administrativo (Araque, Garcia, Echeverry, & Bedoya, 2018)

En la figura número 2 se ilustra el gerenciamiento de los indicadores de producción y la metodología de cálculo, siguiendo el modelo de tiempo estándar “rígido”. Se ilustra en la columna (Tiempo total/ Unidad) el valor de procesamiento por unidad de factura que implementa el colaborador 1 para la ejecución de su trabajo.

De acuerdo con el dato anterior, se calcula el tiempo de operación ideal (Minutos/día) que la persona tiene disponible para ejecutar sus labores diariamente, extrayendo los tiempos no contributivos, referentes a tiempos que no agregan valor al producto final. A seguir, se determina el tiempo neto y la cantidad de tiempo para cada una de las actividades, resultando en el valor de Producción de Unidades/día. Finalmente, se promedia esta valor con los tiempos de trabajo neto de los operarios en el área analizada para indicar un valor fijo, que en el caso del ejemplo presentado se establece como 124,03125 Unidades /día. Para efectos de control y administración, se determina un valor de indicador entero, resultante al 125 unidades/día. Este procedimiento es ejecutado de la misma forma para el análisis de las metas del departamento de alistamiento de la presente investigación

Cálculo de los Indicadores Meta de la organización de acuerdo al estudio de tiempos y métodos

Una vez analizados los datos anteriores, fue realizado el estudio de tiempos y métodos como fase 1 en el análisis de la organización, ejecutado por (Araque, Garcia, Echeverry, & Bedoya, 2018) en un primer abordaje del método investigativo. El primer momento de la presente investigación es la identificación del objeto de estudio, siendo éste al área operativa de alistamiento la empresa de estudio, en donde se establece el tamaño muestral óptimo para estudios de tiempos y métodos identificado en Niebel (1996). También son definidas variables como el tiempo observado, siendo este el tiempo promedio de las actividades ejecutadas por el operario de alistamiento; tiempo básico, calculado a partir del tiempo promedio y considerando el ritmo de trabajo en su área laboral y previamente definido por el Coordinador del área de alistamiento para cada uno de sus empleados. Con los tiempos anteriores, se establece el tiempo estándar, el cual considera los factores de tolerancia (suplementos) definidos. Este último dato de tiempo, es el insumo de entrada para el análisis de los trabajadores de alistamiento en el inicio de la identificación del costeo directo.

Asociación de factor salarial para las metas de la organización y de acuerdo al estudio de tiempos y métodos.

De acuerdo con los cálculos del numeral 4.3.5, el paso a seguir es la determinación de las unidades de producción como indicador meta que el trabajador debe ejecutar de acuerdo a los datos obtenidos por cada uno de los empleados de alistamiento de la empresa de estudio. Se debe considerar en esta fase del estudio las unidades estándar (Unidades/hora) que el trabajador invierte de su tiempo para el procesamiento de una unidad de factura en el trabajo.

Con este dato por unidad / hora y sabiendo cuantas horas y días de trabajo el colaborador labora en el mes, se procede a calcular el número de facturas que se pueden procesar, de acuerdo a los indicadores de la organización. El mismo ejercicio debe ser practicado para la estandarización de tiempo, considerando el número de unidades/ mes ejecutadas a partir del estudio de tiempos y métodos.

Una vez realizado lo anterior, se procede a calcular: ¿cuánto le cuesta una unidad de factura procesada a la empresa de estudio de acuerdo a los indicadores actuales? , la respuesta anterior se obtiene cuando se analiza el factor salarial que devenga cada uno de los empleados por mes, considerando la meta de unidades facturadas por mes , de acuerdo a los indicadores de la organización, y la meta de unidades que podrían ser procesadas por mes, de acuerdo al estudio de tiempos y métodos desarrollado.

Determinación de rangos salariales de acuerdo al estudio de tiempos y métodos

Una vez obtenidos los datos de la Meta de Unidades por mes de acuerdo al rendimiento de trabajo de los empleados del área de alistamiento de la organización de estudio, se procede a determinar el rango salarial adecuado y ajustado, de acuerdo al estudio de tiempos y métodos. Para conseguir lo anterior, se multiplica el salario devengado por el colaborador por las metas de unidades por mes de la organización y por el precio por unidad de factura del estudio de tiempos calculado. Con este dato, se procede a analizar si lo devengado por el colaborador es coherente en relación con su rendimiento de trabajo y toma de decisiones para la creación de estrategias de productividad.

Análisis de factores salariales y toma de decisión final

Con los datos procesados, el paso siguiente dentro de la presente investigación es la determinación del costo no productivo del trabajo ejecutado por el empleado, entendiéndose este como la diferencia de salario que devenga por mes en relación con el salario que debería devengar, de acuerdo al estudio de tiempos y métodos. Para la presente investigación, si el valor de la diferencia es negativo, significa que el colaborador está contribuyendo con un ahorro a la organización, resultado de la diferencia de salario estudio de tiempo – salario /mes. Como caso contrario, si se presenta un valor positivo para este análisis, significa que el colaborador está invirtiendo mayor cantidad de su tiempo para la ejecución de las actividades, lo cual va a generar como resultado mayor costo por unidad de factura procesada y a su vez un valor de costo positivo, que la empresa debe asumir por la baja productividad del empleado.

Análisis de los resultados: estructuración de costos ABC- metodología de cálculo de costo directo

El proceso realizado en la organización de salud ha permitido, a partir de un previo estudio de tiempos y métodos, generar estándares de producción necesarios para mantener y mejorar los indicadores de productividad en cada una de las áreas operativas (Alistamiento físico, alistamiento digital, verificación y auditoría de cuentas médicas). De acuerdo con la información anterior, la empresa cuenta con datos relevantes en la identificación de las horas hombre por unidad de factura en el proceso de cuentas médicas (hh/Unid.). Un ejemplo de lo anterior se presenta en la figura 3:

Figura 3. Ejemplo de estudio de tiempos y métodos-Área de Alistamiento (Elaboración propia)

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario			TIEMPO ESTANDAR (hrs)/Unidad	UNIDAD ESTANDAR Unidad/ (hrs)
Proceso de Alistamiento_eventoF	Camen Teresa Mena			0,005980538	17,1710
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego			0,014795827	67,58662438
Proceso de Alistamiento_Subfacturaf	Camen Teresa Mena			0,007856578	127,28187
Proceso de Alistamiento_Subfacturaf	Claudia Urrego			0,008868207	112,7623601
Proceso de Alistamiento-Total	Andres Colorado			0,026414321	138,5068781
Proceso de Alistamiento-Total	BUITAMANTE DAZA ANGE			0,026414321	113,5721731
Proceso de Alistamiento-Total	ARANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN			0,026414321	113,1786145
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN RICHARD DIXON			0,026414321	113,5721731
Proceso de Alistamiento-Total	Adiana Patricia Correa Gonzalez			0,028980525	106,8358107

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	F	n	Tiempo Observado (hrs)	Tiempo Básico	Suplementos%	TIEMPO ESTANDAR (hrs)/Unidad
Proceso de Alistamiento_eventoF	Camen Teresa Mena	1	20	0,00622979	0,004984	1,2	17,1710
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego	1	30	0,009484504	0,01233	1,2	0,014795827
Proceso de Alistamiento_Subfacturaf	Camen Teresa Mena	1	27	0,008183936	0,008547	1,2	0,007856578
Proceso de Alistamiento_Subfacturaf	Claudia Urrego	1	16	0,005584748	0,00739	1,2	0,008868207
Proceso de Alistamiento-Total	Andres Colorado	1	296	0,02370983	0,02371	1,14	0,026414321
Proceso de Alistamiento-Total	BUITAMANTE DAZA ANGE			0,02370983	0,02371	1,14	0,026414321
Proceso de Alistamiento-Total	ARANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN			0,02370983	0,02371	1,14	0,026414321
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN RICHARD DIXON			0,02370983	0,02371	1,14	0,026414321
Proceso de Alistamiento-Total	Adiana Patricia Correa Gonzalez			0,023797055	0,023797	1,18	0,028980525

Como se evidencia en la figura anterior, el proceso de estudio de tiempos y métodos inicia con la identificación de las principales áreas operativas en la organización (en este caso alistamiento) y la toma de tiempos para una muestra representativa de trabajadores al interior de este departamento, esto con el objetivo de construir el estándar de producción óptimo a partir del rendimiento de las actividades de cada uno de sus empleados. El dato F es el número de Unidades que van a ser analizados por muestra de tiempos (para efectos de estudio, una factura por cada toma de tiempos), y n hace referencia al tamaño muestral necesario para generar el nivel de confianza requerido en el estudio (95% de nivel de confianza, 5% de margen de errores). Cuando se habla de tiempo observado es el cálculo promedio del tiempo que emplea esa persona por unidad de factura, de acuerdo a las mediciones de tiempos realizadas previamente. El tiempo Básico determina el ritmo de trabajo en el cual el trabajador puede ejecutar sus actividades; finalmente se encuentra el factor de suplementos, siendo estos conocidos como factores de tiempo no productivo que afectan la ejecución de las actividades diarias de los operarios y son de carácter interno y externo. La organización Internacional de Trabajo (OIT) ha determinado un estándar de suplementos para las actividades ejecutadas por los trabajadores a nivel mundial. Ésta se puede evidenciar en la tabla a seguir:

Tabla 1.
Tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)

		SUPLEMENTOS CONSTANTES				Hombres	Mujeres
		Hombres	Mujeres	7	Condiciones atmosféricas (calor y humedad variables)	0 -10	0 -10
1	Por necesidades personales	5	7	8	Concentración intensa		
2	Base por fatiga	4	4		Trabajos de cierta precisión	0	0
					Trabajo de precisión o fatigosos	2	2
					Trabajos de gran precisión	5	5
		SUPLEMENTOS VARIABLES					
		Hombres	Mujeres	9	Ruido		
3	Por trabajar de pie	2	4		Continuo	0	0
4	Por postura Anormal :				Intermitente y fuerte	2	2
	Ligeramente incomodo	0	1		Intermitente y muy fuerte	5	5
	Incómodo (inclinado)	2	3		Estridente y fuerte	5	5
	Muy incómodo (echado, estirado)	7	7	10	Tensión mental		
5	Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar, empujar) Peso levantado en Kilos				Proceso moderadamente complejo	1	1
	2,5	0	1		Proceso complejo-atencion dividida entre muchos objetos	4	4
	5	1	2		Muy complejo	8	8
	7,5	2	3	11	Monotonía		
	10	3	4		Trabajo algo monotonico	0	0
	12,5	4	6		Trabajo bastante monotonico	1	1
	15	5	8		Trabajo muy monotonico	4	4
	17,5	7	10	12	Tedio		
	20	9	13		Trabajo algo aburrido	0	0
	22,5	11	16		trabajo aburrido	2	2
	25	13	20		trabajo muy aburrido	5	5
	30	17	máx				
	35,5	22					
6	Mala iluminación						
	Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0				
	Bastante por debajo	2	2				
	Absolutamente insuficiente	5	5				

Fuente: Organización Internacional del Trabajo (OIT)

En el caso de la empresa de salud y para determinar los factores de suplementos adecuados, es necesario como primer paso identificar la muestra poblacional que mayor representa la empresa, esto con el objetivo de identificar el género en el cual se van a aplicar los suplementos (hombres o mujeres). En el caso de la empresa de salud, se puede evidenciar una representación de 70-85% de población femenina. A seguir, para el cálculo de cada uno de los criterios, se realiza una reunión con cada uno de los líderes de las áreas operacionales (Líderes de alistamiento, verificación, y auditoría) con el objetivo de determinar los factores porcentuales que van a ser considerados como suplementos. Un ejemplo del ejercicio anterior, es evidenciado en la Figura 4:

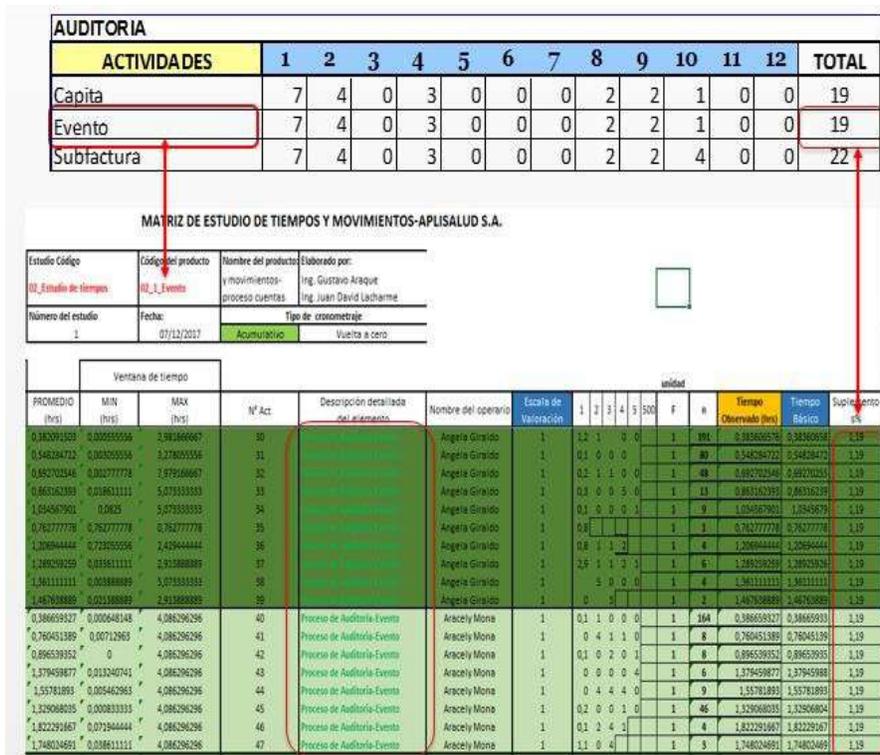


Figura 4. Ejemplo de estudio de tiempos y métodos-Área de Alistamiento (Elaboración propia).

Esta figura evidencia la inclusión de puntos porcentuales para los criterios 1,2,4,8,9 y 10 en el departamento de auditoría, en cada una de las facturas que procesan (Facturas tipo cápita, evento y subfactura) . A seguir se realiza la suma de los puntos porcentuales

para cada una de las facturas analizadas y se incluyen en la matriz inferior, como se ilustra en la figura anterior.

Con el proceso de suplementos concluido, se determina el tiempo estándar de la actividad, considerando este factor porcentual de tiempo. Es a partir de esta factor de tiempo estándar es posible conocer el tiempo empleado por el empleado para la ejecución de una unidad de factura. De acuerdo con la metodología de estudio de tiempos y lo análisis realizados por las áreas administrativas y gerenciales de la organización, es indispensable el trabajo de unidades de producción por hora, conocida como la Unidad estándar por hora, como se ilustra en la figura 3.

Una vez estandarizada las unidades de producción y el tiempo implementado, el siguiente paso en nuestro proceso es el cálculo de la Meta de Unidades de producción para cada uno de los trabajadores en la organización, esto se ilustra en la figura 5:

Descripción del elemento	Nombre del operario	Tiempo Observado (hrs)	Tiempo Cíclico	Suplementos %	TEMPO ESTANDAR (hrs/Unidad)	UNIDAD ESTANDAR (Unidad/hrs)	HORAS DE TRABAJO DIA	RENDIMIENTO DIA	META APLUSALUDY DIA	Unidades/mes	Mes	Semana/mes	Días/semana	Horas/día	META UNIDADES/mes	Meta de Unidades/mes estándar	Meta de Unidades/mes estudio de tiempos
Proceso de Alistamiento_evento	Carmen Teresa Mena	0,003622579	0,004984	1,2	0,005900596	167,2079462	8	1330	1100	1.240.019,32	1	4	6	8	1100	1.240.019,32	14
Proceso de Alistamiento_evento	David Urrego	0,005494524	0,01023	1,2	0,004755827	67,5060438	8	541	700	1.240.019,32	1	4	6	8	192	26400	12577
Proceso de Alistamiento_Subactiva	Carmen Teresa Mena	0,001903336	0,006547	1,2	0,007666578	127,29167	8	108	700	1.240.019,32	1	4	6	8	192	26400	24438
Proceso de Alistamiento_Subactiva	David Urrego	0,0055894749	0,00779	1,2	0,006662017	102,7623601	8	302	700	1.240.019,32	1	4	6	8	192	26400	24550
Proceso de Alistamiento-Total	Aldemir Córdova	0,023703803	0,023707	1,04	0,023449207	108,5368781	8	668	300	1.240.019,32	1	4	6	8	192	24600	20003
Proceso de Alistamiento-Total	BUTWINPEZUECA ANDRE	0,023703803	0,023707	1,04	0,023449207	103,5707071	8	309	300	1.240.019,32	1	4	6	8	192	24600	24806
Proceso de Alistamiento-Total	HANZO DEYOLIVERA DANIEL STEVEN	0,023703803	0,023707	1,04	0,023449207	103,709645	8	305	300	1.240.019,32	1	4	6	8	192	24600	24700
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN RODRIGUEZ DAVID	0,023703803	0,023707	1,04	0,023449207	103,5707071	8	309	300	1.240.019,32	1	4	6	8	192	24600	24806
Proceso de Alistamiento-Total	Aldemir Córdova	0,023703803	0,023707	1,04	0,023449207	108,5368781	8	668	300	1.240.019,32	1	4	6	8	192	24600	20003

Figura 5. Cálculo de Meta Unidades/mes Estándar en el Área de Alistamiento (Elaboración propia).

Para el cálculo de la meta del trabajador por mes (Unidades/mes estándar), es necesario contra la meta por día que debe realizar cada uno de los departamento (en el caso del ejemplo el alistamiento físico de 1100 unidades de factura diarias) y multiplicar por el número de días laborados y las semanas contenidas en un mes de trabajo. De esta forma, se establece la meta que cada persona debe cumplir

desde su área operativa para satisfacer los objetivos. Un segundo análisis realizado es el cálculo de la Meta de Unidades/ mes de acuerdo al estudio de tiempos. Si bien es cierto que cada uno de los empleados tiene un objetivo mensual de desempeño, existen casos particulares en donde el personal de la organización presenta unos indicadores de desempeño superiores/inferiores a los actualmente establecidos por la compañía, lo cual es relevante identificar en el presente estudio. Para llegar al valor ideal de acuerdo al desempeño del trabajador, se ilustra la figura 6:

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Suplemento	TIEMPO ESTANDAR (hrs/Unidad)	UNIDAD ESTANDAR (Unidad/hrs)	Costo Estándar	Mes	Semanales	Días semana	Horales	HRAS TRABAJADAS	IFCA	Meta de Unidades/mes estándar	Meta de Unidades/mes estudio de tiempos
Proceso de Alistamiento_evento	Carmen Teresa Mena	1,2	0,005905936	167,2073462	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26400	26400
Proceso de Alistamiento_evento	Claudia Urrego	1,2	0,014795927	67,58862438	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26400	2577
Proceso de Alistamiento_Subfactor	Carmen Teresa Mena	1,2	0,007895970	127,28187	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26400	24438
Proceso de Alistamiento_Subfactor	Claudia Urrego	1,2	0,008888207	112,7822801	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26400	2850
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	1,14	0,029449321	136,5369781	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26800	20833
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE DASH ANDE	1,14	0,029449321	113,5721731	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26800	2808
Proceso de Alistamiento-Total	ARANGO REPUYEDA DANIEL ITIBEN	1,14	0,029449321	113,178645	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26800	21730
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN ROMERO DION	1,14	0,029449321	113,5721731	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26800	2808
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	1,18	0,020300525	136,8358107	1.248.099,92	1	4	6	8	192	6.500,00	26800	2852

Figura 6. Cálculo de Meta Unidades/mes Estándar estudio de tiempos y métodos-Área de Alistamiento (Elaboración Propia).

Como se evidencia en la figura anterior, de acuerdo al ritmo de producción en unidades por hora del trabajador (Unidad Estándar) y conociendo la disponibilidad horaria de cada uno de los empleados de la empresa de salud (Horas totales /mes), se puede calcular el número de Unidades que la persona podría ejecutar (Meta de Unidades/mes de estudio de tiempos), de acuerdo al análisis. Si este valor mensual de rendimiento es superior a la meta de Unidades / mes estándar, se podría concluir que la persona está contribuyendo a generar un mayor nivel de eficiencia y productividad desde su puesto de trabajo. Si el valor de la Meta de estudio de tiempos es inferior al establecido por la empresa por mes, es importante evaluar en dónde están las falencias que no le están permitiendo al empleado alcanzar los indicadores mínimos desde su perfil ocupacional. Es aquí donde inicia la tarea de cada uno de los líderes operacionales de los departamentos de alistamiento, verificación y auditoría

en identificar las áreas en donde el empleado presente niveles de producción óptimos y se obtenga una redistribución de funcionarios con el fin de alcanzar los objetivos establecidos para cada uno de los departamentos de estudio.

El siguiente escenario que es analizado en el presente estudio es el siguiente: Cada trabajador de en la empresa devenga un salario por mes , el cual fue tratado como dato académico, monto monetario propio de cada uno de los perfiles ocupacionales en los cuales desempeña sus labores diarias. Si se analiza que con ese monto la persona procesa las facturas que están bajo su responsabilidad en los indicadores del perfil del cargo, se puede calcular exactamente el costo de procesamiento de cada una de estas facturas, considerando el monto salarial recibido por cada uno de ellos. Este indicador es conocido como el precio por Unidad de factura estándar (\$ / Unidad de Factura estándar) y se ilustra en la figura 7:

Nombre del operario	Tiempo Observado (hrs)	Tiempo Estándar	Suplementos %	TEMPO ESTANDAR (hrs/Unidad)	UNIDAD ESTANDAR (Unidad/hrs)	HORAS DE TRABAJO DIA	RENDIMIENTO DIA	META APLICALUDY DIA	Salario mensual	Por Mes	Por Semana	Por Quincena	Por Día	Por Hora	Meta de Unidades/mes estándar	Meta de Unidades/semana estándar	Meta de Unidades/quincena estándar	Meta de Unidades/día estándar	Costo por Unidad de Factura estándar	Costo por Unidad de Factura estudio de tiempos
Carmen Teresa/Neia	0.0022575	0.004394	1.2	0.05530336	187.207462	8	1000	100	1,240,019.92	1	4	6	8	192	25400	3204	1177.01	30.97	1.12	
Claudia/Urgo	0.00549524	0.0133	1.2	0.04795207	67.59662430	8	541	100	1,240,019.92	1	4	6	8	192	26400	1277	47.27	56.07	1.15	
Carmen Teresa/Neia	0.00983336	0.00547	1.2	0.007695376	127.12487	8	1016	100	1,240,019.92	1	4	6	8	192	26400	34436	47.27	57.07	1.13	
Claudia/Urgo	0.00594748	0.01735	1.2	0.008662017	102.7623601	8	302	100	1,240,019.92	1	4	6	8	192	26400	2652	47.27	57.64	1.15	
Andrés/Carola	0.02377663	0.021971	1.14	0.02644927	148.526767	8	369	300	1,240,019.92	1	4	6	8	192	27600	20923	57.78	59.31	1.12	
SUSTANANTE/DIA/ANDE	0.02377663	0.021971	1.14	0.02644927	113.572071	8	305	300	1,240,019.92	1	4	6	8	192	27600	21036	57.78	57.23	1.12	
MANEJO DE PLANOS/ANDE/MT/EN	0.02377663	0.021971	1.14	0.02644927	113.572071	8	305	300	1,240,019.92	1	4	6	8	192	27600	21730	57.78	57.43	1.12	
ALBERGUE/ANDE/MT/EN	0.02377663	0.021971	1.14	0.02644927	113.572071	8	305	300	1,240,019.92	1	4	6	8	192	27600	21636	57.78	57.23	1.12	

Figura 7. Cálculo de Precio por unidad de factura estándar en el Área de Alistamiento (Elaboración Propia).

A seguir se establece el indicador de Precio por unidad de Factura de acuerdo al estudio de tiempos (\$/Unidad de Factura estudio de tiempos) y se interpreta de la siguiente forma: Cada operario devenga su salario mensual y , de acuerdo al estudio de tiempos y métodos previamente realizado, cada uno de ellos tiene un rendimiento propio, resultado de las mediciones previamente establecidas para cada uno de los puestos de trabajo. Si tomamos como base el monto salarial y lo analizamos con la producción/mes de cada uno de los trabajadores, se puede calcular el costo de procesamiento de cada unidad de factura en cada uno de los empleados. Lo anteriormente mencionado se ilustra en la Figura 8:

Salario Estándar	Mes	Semana/mes	Día/semana	Horas/día	HORAS TOTALES/MES	\$/HORA	Mera de Unidades Monetarias de Aplicación/mes estándar	Mera de Unidades/mes estándar	Mera de Unidades/mes estudio de tiempos	\$/Unidad de Factura estándar	\$/Unidad de Factura estudio de tiempos
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	26400	32104	47,27	36,17
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	12977	24438	47,27	51,07
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	21730	21730	57,78	57,43
\$ 2.866.467,18	1	4	6	8	192	14.929,52	26400	21730	21730	106,58	132,40
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	20833	20833	57,78	59,91
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21806	21806	57,78	57,23
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21730	21730	57,78	57,43
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21806	21806	57,78	57,23
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	20512	20512	57,78	60,84

Figura 8. Cálculo de Precio por unidad de factura - estudio de tiempos en el Área de Alistamiento (Elaboración Propia).

Si se analiza el factor anteriormente mencionado, se puede evidenciar lo siguiente: En la medida en que la persona va generando mayor número de facturas procesadas (de acuerdo a su indicador de producción en las Unidades / hora ejecutadas) el costo de procesamiento de cada una de ellas tiende a ser menor, con la justificativa del monto que está siendo procesado. De esta forma, se hace identificable el conjunto de personas que está contribuyendo para que este costo de procesamiento sea mayor con la eficiencia y productividad en el área de trabajo en donde desempeña sus labores.

Con los cálculos de los costos de procesamiento de factura de acuerdo a los indicadores de la organización (\$/Unidad de factura estándar) y el costo de procesamiento de cada una unidad de factura de acuerdo al estudio de tiempo y métodos (\$ /Unidad de factura estudio de tiempos), el siguiente paso es empezar a analizar desde el salario devengado de cada uno de ellos la eficiencia en el procesamiento de los productos mencionados (facturas), lo anterior se ilustra en la figura 9:

Salario Estándar	Mes	Semana/mes	Día/semana	Horas/día	HORAS TOTALES/MES	\$/HORA	Mera de Unidades Monetarias de Aplicación/mes estándar	Mera de Unidades/mes estándar	Mera de Unidades/mes estudio de tiempos	\$/Unidad de Factura estándar	\$/Unidad de Factura estudio de tiempos	UNIDAD MES	TOTAL / MES	operario	Salario estándar tiempo
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	26400	32104	47,27	36,17	8,40	221.732,04	18%	111071010
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	12977	24438	47,27	36,17	48,30	1.290.394,52	-100%	2.528.004,44
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26400	24438	24438	47,27	51,07	3,60	100.191,47	-8%	1.348.210,39
\$ 2.866.467,18	1	4	6	8	192	14.929,52	26400	21806	21806	106,58	132,40	23,82	828.941,33	-22%	3.495.308,52
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	20833	20833	57,78	59,91	2,10	45.508,70	-4%	1.293.950,10
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21806	21806	57,78	57,23	0,95	10.781,88	1%	1.236.238,05
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21730	21730	57,78	57,43	0,35	7.460,00	0%	1.240.538,05
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	21806	21806	57,78	57,23	0,95	10.781,88	1%	1.236.238,05
\$ 1.248.019,32	1	4	6	8	192	6.500,10	26000	20512	20512	57,78	60,84	3,08	68.193,81	-8%	1.194.193,53

Figura 9. Cálculo de Salario de estudio de tiempos en el Área de Alistamiento (Elaboración Propia).

De acuerdo con el gráfico anterior, se cuenta con el indicador de precio por unidad de factura de acuerdo al desempeño del trabajador a partir del estudio de tiempos y métodos (\$/Unidad de factura estudio e tiempos). Si se analiza con respecto a la meta de unidades por mes estándar que debe cumplir la persona, se puede establecer la cantidad en la cual la persona está contribuyendo o no, desde su monto salarial, para que el costo de procesamiento de cada unidad de factura sea menor. Lo anteriormente mencionado es conocido como el salario en base al estudio de tiempos y resulta de la multiplicación del \$ / unidad de factura de estudio de tiempos por el indicador de meta/unidades por mes estándar.

El siguiente análisis desarrollado es denominado como el costo no productivo. Éste indicador determina la cantidad exacta en la cual la persona está contribuyendo para que el costo de procesamiento de facturas sean menor o mayor de acuerdo al rendimiento de las actividades analizadas. El dato resulta de la diferencia del salario de estudio de tiempos por el valor del salario estándar, lo anterior se puede evidenciar en la figura 10:

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Salario Estándar	salario estudio tiempos	Costo no productivo	SI ES NEGATIVO ES PORQUE LA PERSONA ES EFICIENTE, ESTÁ GENERANDO UN AHORRO A LA ORGANIZACIÓN	TO ESTUDIO TIEMPOS	EXCESO DE PERSONAS
Proceso de Alistamiento_avenioF	Carmen Teresa Mena	\$ 1248.019,92	\$ 1006.287,08	- \$ 221.732,84	SI ES POSITIVO LA PERSONA ESTA GENERANDO UN SOBRECOSTO A LA ORGANIZACIÓN POR SU BAJO RENDIMIENTO	3.217.655,30	0,58
Proceso de Alistamiento_avenioF	Claudia Lirago	\$ 1248.019,92	\$ 2.539.004,44	\$ 1.290.984,52			
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Carmen Teresa Mena	\$ 1248.019,92	\$ 1.348.210,39	\$ 100.790,47			
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Claudia Lirago	\$ 1248.019,92	\$ 1.521.808,69	\$ 273.788,77			
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	\$ 1248.019,92	\$ 1.293.955,10	\$ 45.338,16		6.321.160,56	0,06
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE DARZANGE	\$ 1248.019,92	\$ 1.236.238,05	- \$ 11.781,88			
Proceso de Alistamiento-Total	APANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN	\$ 1248.019,92	\$ 1.240.536,85	- \$ 7.483,06			
Proceso de Alistamiento-Total	ALSAFRACIN RICHARD DIXON	\$ 1248.019,92	\$ 1.236.230,05	- \$ 11.789,86			
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	\$ 1248.019,92	\$ 1.314.189,53	\$ 86.169,61			
TOTAL				\$ 8.736.139,47	\$ 5.536.815,88	0,64	

Figura 10. Cálculo del costo no productivo (Elaboración Propia)

De acuerdo con la figura anterior, cuando la diferencia entre los dos valores de salario es negativa, se puede establecer que la persona está procesando mayor cantidad de facturas de las que demanda su puesto de trabajo, lo cual es un factor positivo para el costo desde el área operativa en la cual desempeña sus labores en el día a día. El costo de procesamiento por unidad de factura resulta menor y como consecuencia el salario de procesamiento obtiene un valor menor que el denominado para el cumplimiento de los indicadores mensuales desde su puesto de trabajo. Si el valor del costo no productivo es positivo significa que la persona está realizando sus funciones con un nivel de producción que no alcanza la meta

establecida por la organización, por tanto el costo de la unidad de factura procesada de acuerdo al desempeño de trabajo presenta un valor superior del que está establecido para este cargo, lo cual genera como resultado un sobrecosto de este tipo de actividad. Es importante en estos casos identificar las causas por las cuales se está presentando este tipo de comportamiento y tomar decisiones que no afecten los indicadores de cada una de las áreas operacionales en donde están desempeñando sus labores en el día a día.

El paso a seguir es el cálculo del costo estándar, siendo éste conocido como el salario bruto que devenga el empleado como resultado de las actividades que ejecuta. Dentro de este valor se incluye el Salario Neto del trabajador, subsidio de transporte auxilio de alimentación y prestaciones sociales. Se toma de referencia cada una de las áreas operativas de la organización y las personas que la integran para su cálculo. Lo anterior se presenta en la Figura 11:

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Salario Estandar	salario estudio tiempos	Costo no productivo	COSTO TOTAL ESTANDAR	COSTO ESTUDIO DE TIEMPOS	EXCESO DE PERSONAS
Proceso de Alistamiento_eventoF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,92	\$ 1.026.287,08	-\$ 221.732,84			
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,92	\$ 2.539.004,44	\$ 1.290.984,52	\$ 2.496.039,65	\$ 3.217.655,30	0,58
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,92	\$ 1.346.210,39	\$ 100.190,47			
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,92	\$ 1.521.808,69	\$ 273.788,77			
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	\$ 1.248.019,92	\$ 1.236.958,10	\$ 45.938,18			
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE DAZA ANGE	\$ 1.248.019,92	\$ 1.236.238,05	-\$ 11.761,88			
Proceso de Alistamiento-Total	AFRANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN	\$ 1.248.019,92	\$ 1.240.536,85	-\$ 7.483,08			
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN RICHARD DION	\$ 1.248.019,92	\$ 1.236.238,05	-\$ 11.761,88			
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	\$ 1.248.019,92	\$ 1.314.189,53	\$ 66.169,61			
TOTAL					\$ 8.736.139,47	\$ 9.538.815,88	0,64

Figura 11. Cálculo del costo total estándar (Elaboración Propia)

En esta fase del periodo analizado y considerando la figura anterior es relevante resaltar que, cuando una persona cumple varios roles dentro de un mismo departamento (como por ejemplo, el caso de la empleada Carmen Teresa Mena, en Alistamiento) es necesario distribuir su valor nominal en proporciones de acuerdo a las funciones que cumple en cada uno de los departamentos. En el presente caso, la trabajadora desempeña sus actividades en proporción de dedicación de 50 % de tiempo para las actividades de Alistamiento físico y el 50 % restante es implementado para la ejecución de las actividades de alistamiento digital.

De acuerdo con lo anterior, la distribución de su salario en el departamento de alistamiento sería: $(\$1.248.019 * 0.50) + (\$1.248.019 * 0.50)$. Este tipo de análisis puede ser realizado para el costo estándar en el caso que existan trabajadores que desempeñen varios roles desde un mismo departamento, de acuerdo a la proporción de tiempo de dedicación de cada una de las actividades asignadas.

El siguiente análisis a ser ejecutado es el Costo de estudio de tiempos. Para ver el cálculo, se hace necesario determinar cada uno de los costos salariales de acuerdo al estudio de tiempos y métodos y finalmente calcular el monto total. Lo anterior se ilustra en la figura 12:

Descripción de la actividad del elemento	Nombre del operario	Salario Estandar	salario estudio tiempos	Costo no productivo	COSTO TOTAL ESTANDAR	COSTO ESTUDIO DE TIEMPOS	EXCESO DE PERSONAS
Proceso de Alistamiento_eventoF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,92	\$ 1.026.287,08	-> 221.732,84			
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,92	\$ 2.539.004,44	\$ 1.290.984,52	\$ 2.496.039,85	\$ 3.217.655,30	0,58
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,92	\$ 1.348.210,39	\$ 100.190,47			
Proceso de Alistamiento_SubfacturaF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,92	\$ 1.521.808,63	\$ 273.788,77			
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	\$ 1.248.019,92	\$ 1.293.958,70	-> 45.938,18			
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE OAZA ANGE	\$ 1.248.019,92	\$ 1.236.238,05	-> 11.781,88			
Proceso de Alistamiento-Total	AFANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN	\$ 1.248.019,92	\$ 1.240.538,85	-> 7.483,08	\$ 6.240.099,62	=SUMA(Tiempo T x 10)	0,06
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARRACIN RICHARD DION	\$ 1.248.019,92	\$ 1.236.238,05	-> 11.781,88		SUMA(número1; [número2]; ...)	
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	\$ 1.248.019,92	\$ 1.314.189,53	\$ 66.169,61			
TOTAL					\$ 8.736.139,47	\$ 9.538.815,88	0,64

Figura 12. Cálculo del costo estudio de tiempos (Elaboración propia)

La interpretación del indicador de costo estudio de tiempos se puede designar como el “valor que le cuesta a la organización el procesamiento de las facturas, de acuerdo al desempeño de sus empleados en cada una de las áreas operativas de la organización (Alistamiento, Verificación y Auditoría). Aquí es donde se establece un diagnóstico inicial de costo de procesamiento del departamento en General: Si el valor del costo de estudio de tiempo es superior del valor del costo estándar, esto significa que el área operacional está presentando falencias de operación que deben ser revisadas, analizadas y mejoradas por el departamento administrativo de la empresa de salud, como resultado de la ineficiencia en el cumplimiento de los objetivos organizacionales que persigue la compañía. Si el valor de costo estudio de tiempos es inferior de

costo estándar, esto establece que la compañía está cumpliendo los objetivos organizacionales que tiene establecidos a partir de los indicadores o meta objetivo. Como medida final en la metodología de cálculo del costo directo, se analiza el indicador de exceso de personas, siendo interpretado como el exceso o faltante de personas desde cada una de las áreas operativas de la organización. Este valor resulta de la diferencia del Costo estándar total y el costo de estudio de tiempos, dividiendo por el salario bruto del trabajador del área. Lo anterior es evidenciado en la Figura 13:

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Salario Estándar	Mes	COSTO TOTAL ESTANDAR	COSTO ESTUDIO DE TIEMPOS	EXCESO DE PERSONAS
Proceso de Alistamiento_eventoF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,32	1	\$ 2.496.039,85	\$ 3,1	=(0,411-1)*0,06
Proceso de Alistamiento_SublacturaF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento_SublacturaF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE DAZA ANGE	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento-Total	ARANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN	\$ 1.248.019,32	1	\$ 6.240.099,62	\$ 6.321.160,58	0,06
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARFACIN RICHARD DIXON	\$ 1.248.019,32	1			
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	\$ 1.248.019,32	1			
TOTAL				\$ 8.736.139,47	\$ 9.538.815,88	0,64

Figura 13. Cálculo de exceso de personas- alistamiento (Elaboración Propia)

Una vez conocido el indicador de exceso/faltante de personal en cada una de las áreas, se hace necesario realizar un análisis particular de cada una de ellas. El primero de ellos en ser analizado es el departamento de alistamiento. Lo anterior está representado en la figura 14:

Descripción detallada del elemento	Nombre del operario	Salario Estándar	salario estudio tiempos	Costo no productivo	COSTO TOTAL ESTANDAR	COSTO ESTUDIO DE TIEMPOS	EXCESO DE PERSONAS
Proceso de Alistamiento_eventoF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,32	\$ 1.026.267,08	-\$ 221.752,24			
Proceso de Alistamiento_eventoF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,32	\$ 2.539.004,44	\$ 1.290.984,52	\$ 2.496.039,85	\$ 3.217.655,30	0,59
Proceso de Alistamiento_SublacturaF	Carmen Teresa Mena	\$ 1.248.019,32	\$ 1.948.210,39	-\$ 300.809,47			
Proceso de Alistamiento_SublacturaF	Claudia Urrego	\$ 1.248.019,32	\$ 1.521.808,69	-\$ 273.788,77			
Proceso de Alistamiento-Total	Anderson Colorado	\$ 1.248.019,32	\$ 1.293.956,10	-\$ 45.939,18			
Proceso de Alistamiento-Total	BUSTAMANTE DAZA ANGE	\$ 1.248.019,32	\$ 1.236.238,05	-\$ 1.781,86			
Proceso de Alistamiento-Total	ARANGO SEPULVEDA DANIEL STEVEN	\$ 1.248.019,32	\$ 1.240.538,85	-\$ 7.493,06	\$ 6.240.099,62	\$ 6.321.160,58	0,06
Proceso de Alistamiento-Total	ALBARFACIN RICHARD DIXON	\$ 1.248.019,32	\$ 1.236.238,05	-\$ 1.781,86			
Proceso de Alistamiento-Total	Adriana Patricia Correa Gonzalez	\$ 1.248.019,32	\$ 1.314.169,53	-\$ 66.163,61			
TOTAL					\$ 8.736.139,47	\$ 9.538.815,88	0,64

Figura 14. Costo directo del departamento de Alistamiento (Elaboración Propia)

Como se puede ilustrar, el valor nominal del departamento de Alistamiento (Costo total estándar) está en \$ 8.736.139 , de acuerdo a los 7 empleados que integran el área. Este es el costo actual del procesamiento de las facturas, considerando los indicadores de cada uno de los trabajadores en cada una de las áreas que opera. Si se analiza a partir del rendimiento del operario de acuerdo al estudio de tiempos y métodos ejecutado en la presente consultoría, el costo de estudio de tiempos total está en \$ 9.538.815 , lo cual significa que el departamento actualmente está sobrecostado , de acuerdo al rendimiento de las facturas procesadas en alistamiento por los trabajadores responsables. Como consecuencia de lo anterior, el indicador establece que actualmente existe un exceso de personal en esta área por improductividad, exactamente 0.64 personas.

En esta etapa y como recomendación del presente estudio, se sugiere que el líder responsable del departamento actual tome decisiones sobre redistribución de empleados al interior de esta área, identificado en donde está su potencial de trabajo en búsqueda del cumplimiento de los indicadores de gestión. Un segundo factor que se recomienda es trabajar con tamaños muestrales superiores, que permitan que la confiabilidad de los datos suministrados aumenten y sean argumento suficiente para la ejecución de los planes de acción que el departamento demanda. Como se evidencia actualmente, la toma muestral es de 7 personas y la falencia principal se identifica en el área de alistamiento físico, en donde solamente se encuentra el estudio para dos personas.

Conclusiones

No es posible concebir una adecuada estructura de costos dentro de una organización, sin antes estandarizar los procesos, procedimientos y actividades que generan los costos, así como los recursos que se requieren para su ejecución. Es por eso que para el caso de estudio del proceso de Auditoría de Cuentas, se ha realizado un análisis exhaustivo al recurso (mano de obra) que mayor consumo de costo representa.

La estructuración del Sistema de Costos por Actividad resulta

sumamente valioso para la empresa, porque proporciona información sobre el costo y consumo de las actividades operativas, y al mismo tiempo reduce las actividades que no agregan valor al proceso. Así mismo este constituye una herramienta estratégica para el análisis y gestión de la empresa.

Referencias bibliográficas

Araque, G., Garcia, D., Echeverry, C., & Bedoya, L. (2018). Estudio de tiempos y métodos en el proceso de verificación de cuentas médicas en una compañía del sector salud colombiano: un caso de estudio. *Retos Profesionales en un contexto cambiante*.

Argote, F. E. (2015). Estudio de métodos y tiempos para obtención de carne de cuy (*Cavia porcellus*) empacada a vacío. *Revista Biotecnología*, 103-111.

Brey, E. (1928). Fatigue Research in Its Relation to Tiem Study Practice. *Proceedings*, 280-288.

Chadha, R. S. (2012). Lean and queuing integration for the transformation of health care processes: a lean health care model. *Clinical Governance: An International Journal*, 191-199.

Cruelles, J. A. (2013). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. Alfaomega Grupo Editor SA de CV.

Dahlgaard, J. J.-P. (2011). Quality and lean health care: A system for assessing and improving the health of healthcare organisations. *Total Quality Management & Business Excellence*, 673-689.

Galvis, B. (2007). Estudio de tiempos en la línea de comidas listas tipo ración de campaña en la planta de la empresa la huerta de oriente LTDA. Bogotá: Universidad De La Salle.

Jabbour, C. J. (2013). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing. *Journal of Cleaner*

Production, 129-140.

Kim, C. S. (2006). Lean health care: what can hospitals learn from a world-class automaker? *Journal of Hospital Medicine: an official publication of the Society of Hospital Medicine*, 191-199.

Niebel, B. W. (1996). *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. Alfaomega.

Nordin, N. D. (2010). A survey on lean manufacturing implementation in Malaysian automotive industry. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 374.

Prior, R. L. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 4290-4302.

Salazar, B. (2016). *Ingeniería Industrial online*. Fonte: *Ingeniería Industrial online*: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>

Toussaint, J. S. (2013). The promise of Lean in health care. *Mayo clinic proceedings*, 74-82.

UK, c. (08 de 09 de 2015). *Consultancy United Kingdom*. Fonte: *Consultancy United Kingdom*: <https://www.consultancy.uk/news/2556/hospitals-are-adopting-leanmanagement-principles>

En la investigación tecnológica e ingenieril actual, el sujeto que investiga no un personaje con genialidad, totalmente aislado para poder desarrollar diferentes herramientas y soluciones, sino que, la investigación en la actualidad se trata de grupos en los cuales se detectan habilidades y potencialidades para que en conjunto se busquen soluciones a problemáticas específico dentro de una visión multi e inter disciplinaria.

De eso se tratan los resultados presentados en este texto titulado “Aportes en investigación para la ingeniería”, donde se muestran los diferentes aportes en generación de conocimiento que se realizan desde diferentes grupos de investigación en el ámbito nacional, como forma de aportar desde la investigación y de la academia hacia un futuro sostenible.