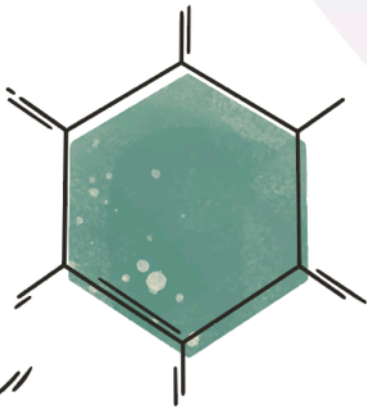


AUTORES

Agudelo Villa, Johan Alexis - Araujo Cubides, Santiago Araujo Cubides -
Bravo Guamán, Marco Fernando - Caicedo Valencia, Viethor Manuel -
Casagua Cano, Johan Sebastián - Córdoba Nieto, Ernesto - Díaz Fernández,
Adris - Díaz Vargas, Esperanza - Escobar Mora, Nelson Javier - Forero
García, Edwin Francisco - García Pineda, Vanessa - Gómez Vélez, Paula
Andrea - Hernández Arroyave, Cindy - Ledesma Gómez, Rodrigo Daniel
Gustavo - León García, Omar Alexander - Loaiza Salazar, Diana Milena -
Lopez Correa, Francisco Javier - Macías Urrego, Jackeline Andrea -
Marín Vanegas, Daniel - Paz Velásquez, Luis Miguel - Quintana Páez,
Nicolás - Quintero Hincapié, Javier Darío - Ramírez Espejo,
Carolina - Restrepo Castañeda, Juan Pablo - Rivera Calle, Fredy
Marcelo - Rivera Pardo, Sebastián - Rivera Vega, María del
Pilar - Segura Torres, Dario Alejandro - Tamayo Arias,
Juan David - Tamayo López, Valentina - Tosse Muñoz,
David Felipe - Vélez Saldarriaga, Gloria Liliana -
Villa Rodas, Carlos Andrés

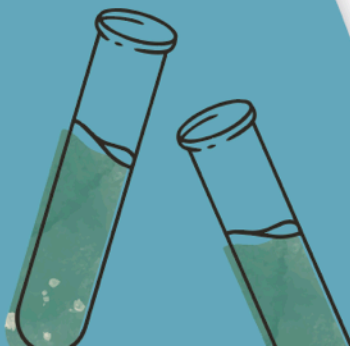


Tecnociencia y Sociedad



Editorial CIMTED
Editado en Colombia
2020
Publicación electrónica

ISBN: 978-958-52748-2-2



PÁGINA LEGAL

Título de la obra: Tecnociencia y sociedad

ISBN: 978-958-52748-2-2

Sello editorial: Corporación Centro Internacional de Marketing Territorial para la Educación y el Desarrollo. (978-958-52748)

Tipo de contenido: Ciencia y tecnología

Materia: Investigación

Clasificación THEMA: Análisis de datos : Generalidades

Colección: Investigación

Serie: CIFCOM

Edición: Primera

Público objetivo: profesional/académico

Tipo de soporte: digital descargable

Formato: Pdf/A(.pdf)

Tipo de contenido: Texto (legible a simple vista)

Editorial

Corporación
CIMTED

Autores

Agudelo Villa, Johan Alexis - Araujo Cubides, Santiago - Bravo Guamán, Marco Fernando - Caicedo Valencia, Víctor Manuel - Casagua Cano, Johan Sebastián - Córdoba Nieto, Ernesto - Díaz Fernández, Adris - Díaz Vargas, Esperanza - Escobar Mora, Nelson Javier - Forero García, Edwin Francisco - García Pineda, Vanessa - Gómez Vélez, Paula Andrea - Hernández Arroyave, Cindy - Ledesma Gómez, Rodrigo Daniel Gustavo - León García, Omar Alexander - Loaiza Salazar, Diana Milena - Lopez Correa, Francisco Javier - Macías Urrego, Jackeline Andrea - Marín Vanegas, Daniel - Paz Velásquez, Luis Miguel - Quintana Páez, Nicolás - Quintero Hincapié, Javier Darío - Ramírez Espejo, Carolina - Restrepo Castañeda, Juan Pablo - Rivera Calle, Fredy Marcelo - Rivera Pardo, Sebastián - Rivera Vega, María del Pilar - Segura Torres, Dario Alejandro - Tamayo Arias, Juan David - Tamayo López, Valentina - Tosse Muñoz, David Felipe - Vélez Saldarriaga, Gloria Liliana - Villa Rodas, Carlos Andrés

Comité académico y científico

Phd. Sergio Tobón Tobón, CIFE (México)

Mg. Roger Alberto Loaiza Álvarez, Corporación CIMTED (Colombia)

Phd. Andrés de Andrés Mosquera, EAE Business School (España)

Dr. Alejandro Valencia Arias, Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

Phd. Álvaro Hernán Galvis Panqueva, Universidad de Los Andes (Colombia)

Phd. Alex William Slater Morales, Universidad Tecnológica de Chile INACAP (Chile)

Phd. Reynier Israel Ramírez Molina (Colombia)

Phd. Vivian Aurelia Minnaard, UFASTA (Argentina)

Phd. Martín Gabriel De Los Heros Rondénil, FLACSO (México)

Phd. Javier Darío Canabal Guzmán, Universidad del Sinú (Colombia)

Phd. Francisco Javier Maldonado Virgen, Universidad de Guadalajara (México)

Dra. Carolina Soto Carrión, Universidad Tecnológica de los Andes (Perú)

Phd. Helmer Muñoz Hernández, Universidad del Sinú, (Colombia)

Dr. Francisco Jaime Arroyo Rodríguez, Ins Tecnológico Superior de Huichapan (México) Phd. María Lorena Serna Antelo, ITSON (México) Phd. Judith Francisco Pérez, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado UCLA (Venezuela)

Comité editorial:

Comité Editorial Los artículos que lleva el presente libro fueron evaluados bajo la modalidad de doble ciego, por los pares evaluadores de la Corporación CIMTED

Comité evaluador:

Adriana Esquivel Sánchez - Adriana María Ruiz Restrepo - Ana Cristina Parra Armando Lopez - Armando Sofonias Muñoz del Castillo - Beatriz Eugenia Rubio Campos - Carlos Julio Lozano - Carolina Soto Carrión - Cesar Matín Agurto Castillo David Blanco Fernández - Edim Marínez Rodríguez - Elvia Tomasa Sosa Vergara Fanny Puentes Buitrago - Francisco Nabor Velzco Bórquez - Graciela Leonor Disandro - Gustavo Martínez Villalobos - Helmer Muñoz - Hernán Dario Bermudez Ruíz Jaime A. Huincahue Arco - Javier Alejandro Jiménez Toledo - Jhoany Alejandro Valencia Arias - José Rafael Arrieta Vergara - Lina Paola Gómez Martínez - Luis Carlos Araya - Luis Eduardo García Jaimes - Luisa María Jimenez Ramos - Margarita Graciano - Margarita Graciano Alcaraz - Maria Alejandra Sarmiento Bojórquez Maria de Lourdes Peralta - Mario Oleg García González - Reynier Ramírez - Rómulo Andres Gallego - Rubén Dario Cárdenas - Saul Gonzalo Galindo Cárdenas - Susana Juanto - Wilbe Jiménez Mendoza

Editor: Corporación Centro Internacional de Marketing Territorial para la Educación y el Desarrollo. Corporación CIMTED Nit:811043395-0

editorialcimted@gmail.com Cuidado de la Edición: Juliana Escobar Gómez Calle 41 no 80 B 120 Medellín -Colombia www.cimted.org www.memoriascimted.com Las opiniones expresadas en los artículos son de exclusiva responsabilidad de los autores y no indican, necesariamente, el punto de vista de la Corporación CIMTED Todo el contenido de este Libro está protegido por la ley según los derechos Materiales e intelectuales del editor (corporación CIMTED) y autores, que participaron en este libro, Por tanto, no está permitido copiar o fragmentar con propósitos comerciales todo su contenido sin la respectiva autorización de los anteriores. Si se hace como un servicio académico o investigativo debe contar igualmente con permiso escrito de sus autores y citar las respectivas fuentes. Más informes editorialcimted@gmail.com, y con los respectivos autores, cuyas direcciones aparecen al inicio de cada capítulo. Publicación electrónica editada en Colombia.

Editado en Medellín, Antioquia – Colombia Editor: Corporación Cimted© 2020

TABLA DE CONTENIDO

Página Legal	i
Tabla de contenido	iv
Presentación	vii
Tema 1: INDUSTRIA 4.0 Y EDUCACIÓN	9
CAPÍTULO 1: Enseñanza de las TIC en educación básica secundaria, como mecanismo de apoyo al tránsito de los estudiantes a la educación superior: Una mirada desde la industria 4.0	10
Autores: Vanessa García Pineda - Jackeline Andrea Macías Urrego (Colombia)	
CAPÍTULO 2: Industria 4.0 en las carreras de ingeniería: Caso Materias optativas Universidad Politécnica Salesiana	37
Autores: Fredy Marcelo Rivera Calle, Marco Fernando Bravo Guamán (Ecuador)	
CAPÍTULO 3: El papel de la industria 4.0 en la estrategia de internacionalización y rendimiento empresarial	60
Autor: Omar Alexánder León García (Colombia)	
CAPÍTULO 4: Sistema remoto para prácticas de laboratorio como estrategia Educación 4.0 en la formación de Ingenieros Electrónicos	82
Autores: Johan Sebastián Casagua Cano, Edwin Francisco Forero García, Darío Alejandro Segura Torres (Colombia)	
CAPÍTULO 5: Metodología STEM+H como herramienta para la formación de estudiantes de posgrado en la Universidad Pontificia Bolivariana	103
Autores: Paula Andrea Gómez Vélez, Nelson Javier Escobar Mora, Gloria Liliana Vélez Saldarriaga, María del Pilar Rivera Vega (Colombia)	

CAPÍTULO 6: Plataforma para integración de máquinas en laboratorio fábrica experimental con enfoque de Industria 4.0	125
<i>AUTORES:</i> David Felipe Tosse Muñoz, Santiago Araujo Cubidesb, Ernesto Córdoba Nieto (Colombia)	
TEMA 2: GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO	147
CAPÍTULO 7: Diseño y Aplicación de una Metodología de Planeación Estratégica para Pequeñas Empresas	148
<i>Autores:</i> Viethor Manuel Caicedo Valencia, Diana Milena Loaiza Salazar, Johan Alexis Agudelo Villa (Colombia)	
CAPÍTULO 8: Aprendizaje organizacional : Estrategia infalible de la competitividad Empresarial	172
<i>Autores:</i> Esperanza Díaz Vargas (Colombia)	
CAPÍTULO 9: Implementación 5'S en la empresa Vehículos Del Camino FORD	191
<i>Autor:</i> Viethor Manuel Caicedo Valencia, Daniel Marín Vanegas, Carlos Andrés Villa Rodas, Francisco Javier López Correa (Colombia)	
CAPÍTULO 10: Plan de mejora de la calidad del servicio a partir de la aplicación del Modelo SERVQUAL para la empresa SUPER BEBIDAS S.A.S	216
<i>Autores:</i> Cindy Hernández Arroyave, Viethor Manuel Caicedo Valencia (Colombia)	
CAPÍTULO 11: Diseño de una Metodología de Medición de Clima Laboral	244
<i>Autores:</i> Carolina Ramírez Espejo, Javier Darío Quintero Hincapié, Juan David Tamayo Arias, Valentina Tamayo López, Viethor Manuel Caicedo Valencia (Colombia)	
CAPÍTULO 12: Estudio de los asentamientos en superficie para la selección de la geometría óptima de un túnel	272
<i>Autores:</i> Sebastián Rivera Pardo, Nicolás Quintana Páez , (Colombia)	

CAPÍTULO 13: App para la asistencia de movilidad para invidentes	300
Autores: Juan Pablo Restrepo Castañeda, Luis Miguel Paz Velásquez (Colombia)	
CAPÍTULO 14: Modelo de intervención educativo Leer para Crear: una vía para el desarrollo creativo y social inclusivo en niños y jóvenes	316
Autores: Adris Díaz Fernández, Rodrigo Ledesma Gómez (México)	

PRESENTACIÓN

La tecnociencia es hoy una sintaxis inseparable en muchos avances tecnológicos: Es un tejido social donde la urdimbre está compuesta por la ciencia y la tecnología, y la trama es la sociedad y la naturaleza. Esta mirada holística debe permanecer en todos los procesos de innovación, en particular en los educativos, de vista a los nuevos enfoques y tendencias que hoy estamos viviendo en la sociedad del conocimiento. El físico americano Michio Kaku (2014), afirma que la **nueva edad cibernética** que vendría **es la del capital intelectual**. Con los nuevos millonarios, o los habitantes de la infosfera de hoy, se está tramitando información competitiva de la tecnosfera a la sociosfera de la tercera ola, según Toffler, pasando de un capitalismo de bienes tangibles a un capitalismo intelectual, o capitalismo digital que Kaku llama el “capitalismo perfecto”. Gracias a la innovación abierta de las TICs, el consumidor de la sociosfera tendrá a su alcance toda la información sobre los mejores productos del mercado y “ello aumentará la competitividad entre las empresas, que tendrán que esforzarse por ofrecer a un precio competitivo, la mejor opción. Incluso será posible la personalización en masa de los productos de consumo” (M, Kaku 2014).

La formación y la educación en la sociedad del conocimiento, con visión innovadora, son una estrategia generadora de acuerdos y compromisos entre el gestor de procesos de formación y entrenamiento, con el sujeto y su entorno, para que alcancen un propósito común y tengan una estrecha relación con las competencias laborales y profesionales que inciten al aprendizaje, mediante la solución de los problemas de su contexto. Esto es viable si existe pertinencia de los currículos con la sociedad del conocimiento, que faciliten una mayor sistematicidad en los procesos de gestión del talento humano 4.0, en los centros de formación y estos con la visión holística de la nueva industria 4.0. Con la interacción de la actividad investigativa y académica soportada por la ciencia y la tecnología, esta obra pretende aportar experiencias al tejido social de América latina, con orientación y sentido, de acuerdo al rumbo de su desarrollo socioeconómico y educativo.

Finalmente agradecemos a los autores y coautores de la presente obra, la cual considero un aporte al avance de la frontera del conocimiento.

Roger Loaiza Álvarez

Director Ejecutivo de la Corporación CIMTED

INDUSTRIA 4.0 Y EDUCACIÓN

Según el último informe del BID, Banco Interamericano de Desarrollo, la economía latinoamericana está en un mundo incierto, pues sus principales economías, Argentina y Brasil, están colapsadas y por tanto en shock a causa de variables externas, dadas las características de países dependientes, que llevan a que las principales economías de América latina estén en un proceso de ajuste externo condicionadas a sus reformas tributarias y el fortalecimiento de un proceso de integración regional donde confluyan en forma ordenada y apolítica, redes de ciencia y tecnología que den valor agregado al esfuerzo institucional de científicos y tecnólogos que empieza por la socialización de saber y del hacer . Pero ante este futuro incierto, ¿qué suceder en nuestras universidades y centros de desarrollo tecnológico de América latina? Si bien la industria 4.0 liberará a la humanidad de tener que competir con máquinas, especialmente en velocidad y calidad en tareas repetitivas; en cambio si podemos aprovechar las fortalezas humanas como la creatividad, la innovación, la imaginación, la intuición y la ética para lograr el máximo efecto. Pero hay muchos pequeños pasos a lo largo de este viaje de la Industria 4.0. donde la tecnología es solo un facilitador. La industria 4.0 orienta sobre los procesos y la estructura dentro de una organización y en sus cadenas de valor. “Se trata del elemento humano y de cómo nuestros trabajadores pueden realmente agregar valor con su creatividad e innovación”. (S. Zippel, 2019).

En este tema queremos crear interlocución de saberes a través de la divulgación de las actividades técnico-científicas por medio de la educación . Somos optimistas de que América latina, en particular, recupere su horizonte planetario a través de actividades como este evento: la socialización de los esfuerzos de la comunidad científica para equiparnos a los países desarrollados lo antes posible con la modernización de los procesos industriales con talento humano propio.

PALABRAS CLAVES

INDUSTRIA 4.0,
EDUCACIÓN BÁSICA,
TIC, EDUCACIÓN
SUPERIOR,
ENSEÑANZA.

CAPÍTULO I

ENSEÑANZA DE LAS TIC EN EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA, COMO MECANISMO DE APOYO AL TRÁNSITO DE LOS ESTUDIANTES A LA EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA MIRADA DESDE LA INDUSTRIA 4.0

Vanessa García Pineda,

Jackeline Andrea Macías Urrego

Instituto Tecnológico Metropolitano

Colombia

Sobre los autores



Vanessa García Pineda: Tecnóloga e ingeniera de telecomunicaciones y estudiante de la maestría en gestión de innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), durante el año 2019 joven investigadora e innovadora de la facultad de Ciencias Económicas y Administrativas en el grupo de ciencias administrativas y actualmente docente de cátedra de especializada.

Correspondencia: vanessagarcia150983@correo.itm.edu.co

Jackeline Andrea Macías Urrego: Tecnóloga en gestión comercial y negociadora internacional del Tecnológico de Antioquia, especializada en gestión



empresarial y Magister en ingeniería administrativa de la Universidad Nacional de Colombia, actualmente profesora del departamento de ciencias administrativas del Instituto Tecnológico Metropolitano e investigadora junior de Colciencias.

Correspondencia: jackelinemacias@itm.edu.co

Resumen

La industria 4.0, no solo se refiere a la transformación del sector productivo, a las exigencias actuales, sino que también exige adaptación o cambios de los modelos de enseñanza de las Instituciones Educativas (IE) y las Instituciones de Educación Superior (IES). Uno de los factores que exige la adaptación a los modelos de industria 4.0 es el uso y aplicación de tecnologías de información y comunicación (TIC), lo que implica replantear los currículos y metodologías de enseñanza dentro de los proyectos educativos institucionales (PEI). El objetivo de la investigación consistió en identificar la importancia de la incorporación de las TIC en la enseñanza de la educación básica secundaria como mecanismo que de apoyo al tránsito de los estudiantes a la educación superior. La metodología fue en primera instancia una revisión sistemática de literatura (RSL) y posteriormente se aplicaron encuestas a diferentes actores estratégicos pertenecientes a las IE, lo cual pretendía identificar la incorporación de lineamientos de enseñanza TIC dentro de los modelos o procesos de las IE. Los resultados obtenidos estuvieron orientados a la identificación de elementos estratégicos que deben ser incorporados en los PEI de las IE. Una de las conclusiones representativas, hace referencia a que las IE deben incorporar mayores esfuerzos en la mejora de dichos componentes dentro de su PEI dada la demanda de profesionales preparados para resolver necesidades referentes a la industria 4.0.

Palabras Claves: Industria 4.0, educación básica, TIC, educación superior, enseñanza.

Teaching ICT in secondary basic education, as a mechanism to support the transit of students to higher education: A look from industry 4.0:

Abstract

Industry 4.0 not only refers to the transformation of the productive sector, to current requirements, but also requires adaptation or changes in the teaching models of Educational Institutions (IE) and Higher Education Institutions (IES). One of the factors that requires adaptation to industry 4.0 models is the use and application of information and communication technologies (ICT), which implies rethinking teaching curricula and methodologies within institutional educational projects (PEI). The objective of the research was to identify the importance of the incorporation of ICTs in the teaching of secondary basic education as a mechanism that supports the transit of students to higher education. The methodology was, in the first instance, a systematic review of literature (RSL) and subsequently, surveys were applied to different strategic actors belonging to the EI, which sought to identify the incorporation of ICT teaching guidelines into the EI models or processes. The results obtained were oriented to the identification of strategic elements that should be incorporated in the EIP of the EI. One of the representative conclusions refers to the fact that EIs should incorporate greater efforts in the improvement of these components within their PEI, given the demand of professionals prepared to solve needs related to industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0, secondary education, ICT, higher education, teaching.

Introducción

En la actualidad la educación ha sufrido diferentes cambios debido a la sistematización y digitalización de los diferentes ámbitos de la vida cotidiana, tanto el ámbito laboral, personal como los procesos de formación educativos se han visto envueltos en procesos de modificación que puedan ajustarse a las necesidades actuales (Martínez, Amaro, Gálvez, & Delgado, 2016). La Industria 4.0 está redefiniendo no solo la forma en cómo operan las organizaciones sino también el mercado laboral (Ellahi, Ali, & Shah, 2019). Por otra parte, una de las bases de la Industria 4.0 son las TIC, debido al enorme componente informático, digital y

electrónico sobre el que se soporta esta nueva era. Algunos autores, han expresado la necesidad de formar jóvenes competentes en el área de las TIC dado que así lo exige la demanda laboral y de mercado hoy (Siddiq, Hatlevik, Olsen, Throndsen, & Scherer, 2016), los futuros profesionales deben estar preparados para asumir y responder a los retos digitales que hoy se presentan. Se habla entonces de la necesidad de que tanto bachilleres como universitarios, incluso jóvenes que cursando educación básica primaria cuenten con un grado suficiente de alfabetización informática (AI) para poder responder a las exigencias educativas y laborales del mundo actual (Osuna, 2016).

A pesar de las exigencias y las demandas mencionadas anteriormente, en las IE la enseñanza y la incorporación de temáticas o áreas enfocadas en las TIC es necesario reforzarla, ya sea por falta de recursos, políticas o personal calificado (Donnelly, Mcgarr, & O'reilly, 2011), es por ello que los bachilleres al momento de realizar el tránsito a la educación superior pueden encontrar obstáculos al enfrentarse con una alta exigencia en el uso y conocimiento de las TIC en las diferentes áreas del conocimiento.

Sin embargo, a la fecha aunque existen diversos estudios sobre las TIC y la educación (Ortega, 2014) la mayoría se han centrado en identificar las barreras de adopción tecnológica (AT), o en estudiar el uso de las TIC en las diferentes áreas de conocimiento o en el grado de alfabetización de los jóvenes en las TIC y no se han centrado en la alfabetización de las TIC como tal y en cómo se refleja esto en su tránsito a la educación superior.

De acuerdo a lo anterior, este estudio se centra en la enseñanza de las TIC en educación básica secundaria como mecanismo de apoyo al tránsito de los estudiantes a la educación superior y en cómo ello se refleja en la demanda de la industria 4.0 dada la era informática y del conocimiento que transcurre actualmente (Duque & Villa, 2016) y en el crecimiento exponencial de la misma, se plantea entonces la hipótesis de que las I.E. deben fortalecer el componente de enseñanza en la alfabetización de las TIC como transito facilitador de los jóvenes a la educación superior. El estudio cuenta con dos componentes metodológicas que son en primera instancia una revisión sistemática de literatura y como segunda instancia una encuesta a actores estratégicos-pertenecientes a instituciones de educación básica primaria y secundaria.

Metodología:

Revisión sistemática de literatura (RSL):

La RSL, es un método cuyo fin se trata de realizar una búsqueda de literatura en diferentes bases de datos bibliográficas especializadas con el fin de encontrar los aportes que diferentes autores a nivel mundial han realizado a través del tiempo en un tema específico, “las Revisiones Sistemáticas son un diseño de investigación observacional y retrospectivo, que sintetiza los resultados de múltiples investigaciones primarias” (Beltrán, 2005). La importancia de las RSL radica en que “permiten realizar un estudio a profundidad para determinar la respuesta a una pregunta de investigación” (Melendez & Dávila, 2018), además “permite identificar, evaluar y sintetizar todos los estudios pertinentes (de cualquier diseño), con el fin de responder a una pregunta en particular (o un conjunto de preguntas)” (Macías, 2014).

Respecto al procedimiento que se llevó a cabo para la realización la RSL (Beltrán, 2005) propone los siguientes 5 pasos:

1) Definir una pregunta de investigación clara: se planteó de acuerdo entonces al objetivo e hipótesis de la investigación la siguiente pregunta: ¿están las I.E. formando bases sólidas de conocimiento en TIC en los jóvenes estudiantes de educación básica secundaria?

2) Especificación de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios: con la intención de obtener resultados más cercanos y exactos a la investigación, solo se tuvieron en cuenta artículos que trataran el tema de las TIC en la formación educativa y artículos relacionados con la inclusión de enseñanza de las TIC en diferentes procesos de aprendizaje, adicional solo se tomaron en cuenta artículos en el rango de tiempo de 2009 a 2019.

3) Definición de la estrategia de búsqueda: de acuerdo al planteamiento y la definición de los criterios que se debían tener en cuenta para que la búsqueda arrojara los resultados posibles más relacionados y teniendo en cuenta que “el planteamiento y desarrollo de una estrategia de búsqueda permitirá una más eficiente localización y

recuperación de la información relevante y de calidad” (Barderas, Estrada, & Gonzalez, 2008). Se define la siguiente estrategia de búsqueda:

- Las bases de datos seleccionadas fueron: ScienceDirect, Scopus y Redalyc, el motivo de esta selección ha sido que las 2 primeras, cuentan con revistas de alto impacto a nivel internacional y abarcan todos los campos del conocimiento. Por otro lado, Redalyc es una red de revistas científicas de Iberoamérica que cuenta con información de todos los campos del conocimiento y al igual que las dos anteriores contiene en su base de datos revistas de alto impacto.

- Definición de la ecuación(es) de búsqueda: De acuerdo con las necesidades y las características de las bases de datos seleccionadas, se definieron entonces las ecuaciones de búsqueda para cada base de datos.

4) Registro de los datos y evaluación de los documentos seleccionados: De acuerdo con la información y los resultados arrojados por la base de datos, se procedió entonces a seleccionar los artículos de acuerdo a los siguientes criterios:

- Las revistas en las cuales han sido publicados los artículos debían tener asignados de acuerdo con la plataforma web Scimago Journal & Country Rank los cuartiles Q1, Q2, Q3 y Q4. Esto con el fin de brindar a la RSL mayor calidad y brindar mayor confiabilidad a la investigación.

- Los artículos debían encontrarse en las áreas de conocimiento de las ciencias sociales, administración, licenciaturas, ciencias computacionales e ingenierías, ya que eran las que tenían relación con el tema principal del artículo.

- Con el fin de dar precisión a los resultados, el contenido de los artículos debía estar relacionado con la educación, la innovación, las TIC y la alfabetización digital.

5) Interpretación y presentación de los resultados: Se analizaron los resultados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión de los artículos y se procedió a crear una base de datos en Excel donde se organizó la información de acuerdo con los siguientes ítems:

- ID
- Nombre de la revista,
- Año de publicación,
- Impacto de la revista,
- Título del artículo,
- Diseño metodológico utilizado,
- Tipo de población analizada,
- Variables identificadas en los artículos,
- Tipo de medición de la variable,
- Variables que tienen relación causal con la variable especificada.

Encuesta:

Para tener en cuenta la situación actual y la realidad cercana a la enseñanza de las TIC en las IE de Colombia, además de dar respuesta al objetivo específico; estimar la incorporación de elementos de las TIC dentro de los PEI de las diferentes IE, se procedió a aplicar la encuesta a diferentes actores de IE públicas y privadas tales como: docentes, directivos y expertos en educación con el fin de detectar diferentes características que pudieran brindar mayor aporte a los resultados de la investigación. La pertinencia del uso de las encuestas tiene caso en este estudio dado que, “el procedimiento de recolección de información conocido popularmente bajo el nombre de “encuesta” constituye una técnica propia —y casi exclusiva—de investigaciones sociales y políticas que permiten generar datos cuantitativos” (Cabrera, 2010).

El procedimiento para la aplicación de las encuestas fue por medio de un correo electrónico y la encuesta se diseñó en Google Docs. Las preguntas de la encuesta fueron organizadas cuidadosamente de tal manera que el encuestado pudiera llevar un hilo conductor de las preguntas a las cuales estaba respondiendo. La misma está compuesta por 11 preguntas, 9 correspondieron a preguntas diseñadas en el modelo de escala Likert, “donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación” (Matas, 2018), 1 correspondió a selección de múltiple respuesta y 1 correspondió a pregunta de respuesta abierta. La escala de valoración para las 9 preguntas tipo Likert fue entonces la siguiente:

- Muy de acuerdo
- Algo de acuerdo

- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Algo en desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Una vez todos los actores respondieron la encuesta mediante Google Docs, se procedió a procesar la información mediante la herramienta informática Excel, la cual nos permitió generar gráficos, tendencias y de esa forma poder llevar a cabo el análisis de los datos para establecer parte de los resultados que se presentan en este documento.

Finalmente, la realización tanto de la revisión sistemática de literatura como la aplicación de la encuesta permitió fortalecer el componente cualitativo y cuantitativo del estudio, generando así mayor confiabilidad en los resultados obtenidos en el estudio.

Marco Teórico:

Industria 4.0 y las TIC:

Los procesos industriales y de manufactura han estado cambiando con el transcurrir del tiempo de acuerdo a las innovaciones y necesidades que van surgiendo, más exactamente el causal de estos cambios se ha dado por el desarrollo y evolución de la tecnología, el efecto que esta ha tenido sobre la producción manufacturera y la economía mundial ha impulsado también cambios en la sociedad, primero con la “máquina de vapor y la mecanización de los procesos, luego con la producción en masa, la automatización y robótica; y más recientemente, con la que ha sido llamada “industria 4.0” y es considerada ya como la “Cuarta Revolución Industrial” (Ynzunza, Izar, Bocarando, Aguilar, & Larios, 2017).

El término Industria 4.0 surge entonces como una forma de posicionar la cuarta revolución industrial y con la finalidad de imponer una marca a un proceso manufacturero digitalizado, “el término Industria 4.0 fue utilizado por primera vez en Alemania en el año 2011 como una oportunidad para lograr el liderazgo tecnológico y establecerse como líder de mercado” (Jacquez & López, 2018). Luego, la Industria 4.0 está compuesta por algunos factores que son los determinantes de su base, estas bases corresponden a las TIC, es decir que tienen un componente digital, electrónico e

informático que determinan una industria siempre interconectada, dicho lo anterior, la industria 4.0 se sostiene sobre hardware y software.

La transformación digital de los diferentes sectores económicos ha llevado a las empresas a sumergirse en diferentes modelos de “innovación, sistemas embebidos, automatización de la manufactura e inteligencia artificial” (Gutarra & Valente, 2018). Con la industria entonces en un proceso de transformación digital, es necesario que la sociedad adquiera habilidades con las cuales puedan responder a las exigencias de la cuarta revolución industrial y el sistema educativo no puede ser ajeno a ello. “La industria 4.0 se considera una nueva etapa industrial en la que la integración de procesos de fabricación vertical y horizontal y la conectividad del producto pueden ayudar a las empresas a lograr un mayor rendimiento industrial” (Santos Dalenogare, Brittes Benitez, Fabián Ayala, & Germán Frank, 2018).

Las principales tecnologías que hacen parte de la cuarta revolución son; “Internet de las cosas (IoT), el sistema cibernético (CPS), la tecnología de la información y las comunicaciones (ICT), la arquitectura empresarial (EA) y la integración empresarial (EI)” (Lu, 2017), es allí donde radica la importancia de que las I.E. eduquen jóvenes con fuertes bases en competencias digitales (CD), las cuales incluyen desde conocimientos en bases de datos, lenguaje de programación básica, manejo de la web 2.0, manejo de herramientas ofimáticas, conocimiento básico en redes de computadoras, etc;.

Las TIC y la educación básica secundaria:

Con el fin de cubrir las necesidades que la sociedad exige para adaptarse a los modelos de Industria 4.0, requiere de una alfabetización informática (AI) que debe ser incluida desde la educación básica secundaria, así de esta forma los jóvenes que realicen su tránsito a la educación superior tendrán un soporte adecuado para responder a las exigencias en el área de las TIC que las instituciones de educación superior les demandan, es por esto que (Llamas & Macías, 2018) indica que según (Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente, Diario Oficial L 394 de 30.12.2006).:

el sistema educativo, en su conjunto, debe considerar las competencias clave, en tanto que estas se dirigen a “garantizan una mayor flexibilidad de la mano de obra que permita adaptarse a los profesionales más rápidamente a la evolución constante de un mundo laboral”.

Ahora bien, para lograr incluir la enseñanza de las TIC en los Proyectos Educativos Institucionales (PEI), es necesario “el mejoramiento de la calidad en educación que reciben los estudiantes y, motivado bajo la necesidad de incrementar sus competencias” (Gamboa, Montes, & Hernández, 2018). Por otro lado, “resulta ya muy evidente la estrecha relación entre las TIC y la educación, ya que van unidas de la mano en los procesos de aprendizaje” (Ramos, Del Mar, Guerrero, & Guerrero, 2016). Luego, es importante resaltar que la actual sociedad del conocimiento (SC) demanda fuertemente la necesidad de que los jóvenes desde edades tempranas tengan un vasto conocimiento en el uso apropiado de las TIC, tanto dentro como fuera del aula, además algunos autores resaltan la importancia de propiciar un espacio para que los jóvenes desarrollen CD, las cuales “se conciben como la capacidad del estudiante para afrontar los desafíos de las situaciones de aprendizaje” (Núñez, Biencinto, Carpintero, & García, 2014).

Sin embargo, para poder incluir dentro de los currículos y/o PEI la enseñanza de las TIC, es necesaria la innovación educativa y/o curricular, lo cual es notable “porque existe gran preocupación por atender al llamado de cambio que propone la globalización” (García, Guzmán, & Murillo, 2014), además, “el avance de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación favorecen nuevas formas de aprender y de enseñar” (García et al., 2014). Es por esto por lo que las I.E. deben implementar diferentes estrategias de innovación o propuestas de innovación dentro de sus PEI de tal manera que se puedan articular a las demandas y necesidades del medio. Es así como en diferentes países “el currículo desarrollado en los centros educativos ha incluido la adquisición de habilidades en el uso de la tecnología para descubrir, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información” (Gil, Rodríguez, & Torres, 2017).

Es tal la importancia de la renovación y adecuación de los currículos que en algunos países se “han desarrollado programas específicos para el suministro de infraestructuras de TIC a las escuelas, como en el caso de España (el Programa Escolar 2.0), Hungría (El Plan Escolar Digital), Italia (Programa de Escuela Inteligente) y

Turquía. (El proyecto FATIH)” (Gil et al., 2017). Luego, “en la mayoría de países de Latinoamérica se están implementando programas de infraestructura tecnológica con computadores, y tabletas, programas de conectividad a internet escolar, de apropiación y acompañamiento escolar con TIC, contenidos educativos digitales, formación docente con TIC” (Bedoya, Hernández, Rivera, & Silva, 2017). En Colombia “la principal innovación en la última década para el sector educativo ha sido la incorporación de las TIC en el aula de clase, tanto en la educación básica y media, como en la educación superior” (Bedoya et al., 2017). Pero, de acuerdo a la (OECD, 2016) “los trabajadores del sector de la educación tienen una probabilidad menor de 15 puntos porcentuales para tener buenas habilidades en TIC y para la resolución de problemas que aquellos que trabajan en sectores de actividades profesionales, científicas y técnicas”.

Finalmente, con el fin de romper la brecha digital “en determinados grupos de población sin acceso o sin capacidades optimizadas en el uso de las TIC, nuevas capacidades tecnológicas que se han ido incorporando con naturalidad por la mayoría de la población, han facilitado el desarrollo personal y social” (Osuna, 2016), adicional a lo anterior “las TIC en los sistemas educativos nacionales sirven como un catalizador para el desarrollo de un sistema nacional de innovación que responde y potencialmente guía la innovación a nivel nacional” (Wiseman & Anderson, 2012). Por lo tanto, es necesario reflexionar acerca del sistema educativo actual y la brecha en cuanto a AI es necesario romper.

Barreras en la enseñanza de las TIC:

Aunque el entorno educativo ha definido diversas políticas y ha invertido recursos en equipos e infraestructura de las TIC para la enseñanza, aún no se logra identificar un gran avance, uso y provecho práctico que favorezca el aprendizaje de las TIC en los jóvenes bachilleres, es por esto que se hace necesario realizar una evaluación de las diferentes barreras u obstáculos que se presentan en el proceso de AT en la enseñanza, además, “las TIC favorecen la modernización e innovación en los sistemas educativos, lo cual disminuye las posibles brechas de aprendizaje en la sociedad internacional del conocimiento” (Said et al., 2015). Ahora bien, revisando algunas cifras de la AT; “los últimos datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) indican que copiar y adjuntar ficheros en el correo

electrónico son las únicas competencias utilizadas por más de uno de cada tres encuestados en los países característicos de ingresos medianos” (UNESCO, 2019).

Adicional a lo anterior, además de tener aún un porcentaje general en conocimientos TIC minoritario, “menos del 40% de los docentes de los países participantes en el Estudio Internacional sobre Enseñanza y Aprendizaje (TALIS, por sus siglas en inglés) dicen usar las TIC en su práctica docente diaria” (OECD, 2015), esta es una de las barreras que más han sido señaladas por los autores respecto a la AT en las aulas de clase y Colombia tampoco es ajeno a ello. A pesar de que “el gobierno nacional, a través del Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación [MinTIC] y programas como Computadores para Educar, Kiosco Vive Digital, entre otras, ha buscado dotar de recursos y estrategias tecnológicas a las I.E.” (Molina & Mesa, 2018), y de que las instituciones han incluido dentro de la misión, visión y objetivos de los PEI, aún en IE de ciudades como Cartagena se denota una integración mínima de estrategias de AT, “lo que denota el escaso interés y compromiso de los establecimientos educativos oficiales por responder a las exigencias del contexto actual, mediatizado por las tecnologías de la información y comunicación, que implica una interacción con el mundo del conocimiento” (Said et al., 2015). Por otro lado, también se puede observar una barrera desde el ámbito social y cultural dado que, “mientras que en las zonas urbanas el 69% de los jóvenes usa computadora, en las áreas rurales solo lo hace el 36,7%, develando una disparidad considerable” (Molina & Mesa, 2018).

Lo anterior, se puede afirmar que es causado por diferentes aspectos que en parte se deben a falta de inyección en recursos para adquisición de infraestructura, pero, “es claro que la simple disponibilidad y el acceso a las TICs no son condiciones suficientes para asegurar la transformación de la práctica docente” (Talanquer, 2009) y la innovación en la educación, es necesario entonces una fuerte capacitación para “fortalecer la formación docente en el uso pedagógico de estas, porque a pesar de que manifiestan claramente saber cómo aprovecharlas en la enseñanza” (Rodríguez, Fernando, Betancur, & Aranzazu, 2014) existen aún brechas que debido a diversas barreras no logran cubrir el aprendizaje suficiente por parte de los estudiantes, de acuerdo es necesario entonces “situar el uso de las TIC en una cultura escolar profesional” (Vanderlinde, Aesaert, & Van Braak, 2014).

Sin embargo, la sola capacitación y conocimiento de los docentes no es suficiente para lograr implementar y desarrollar procesos de enseñanza TIC en las aulas de aprendizaje, “el conocimiento técnico sobre el uso de herramientas informáticas no es suficiente para que los docentes integren las tecnologías en la docencia, sino que se

trata de un proceso en el que inciden otros factores” (Rodríguez et al., 2014), por lo que “se ha argumentado que existen relaciones estrechas entre muchas de las barreras identificadas para el uso de las TIC” (Al-Senaidi, Lin, & Poirot, 2009). Por otro lado, es necesario para tener una implementación de las TIC satisfactoria en el aula, “ante la gran cantidad de recursos disponibles en la actualidad y la elevada profusión de medios informáticos que se aplican a la enseñanza, el docente debe seleccionar los más adecuados desde su punto de vista” (Ramos et al., 2016). Por otro lado, ha sido observado que “las ventajas aportadas por las tecnologías son a menudo atenuadas por los inconvenientes que ellas traen” (Cormier, 2010), por esto, algunos autores han indicado que “la integración exitosa de las TIC está claramente relacionada con los procesos de pensamiento de los docentes del aula, como las creencias, la eficacia y las actitudes de los docentes hacia las TIC” (Sang, Valcke, Braak, & Tondeur, 2010).

Resultados:

En relación con la RSL, se obtuvo a partir de la ecuación de búsqueda 33 artículos, de los cuales de acuerdo con las necesidades se descartaron 2, debido a que algunos otros no cumplieron con los cuartiles exigidos, finalmente, el resultado fue de 28 artículos en total. Respecto a los años de publicación, se obtuvo que el 36% fueron publicados del 2009 al 2013 y 64% fueron artículos publicados del 2014 al 2018. Con relación a la calidad de las revistas, en la Gráfico 1 se puede visualizar que el 50% de las revistas se encuentran en el cuartil Q1 y el 50% restante están entre los cuartiles Q2 a Q4.

Clasificación de cuartiles de las revistas seleccionadas

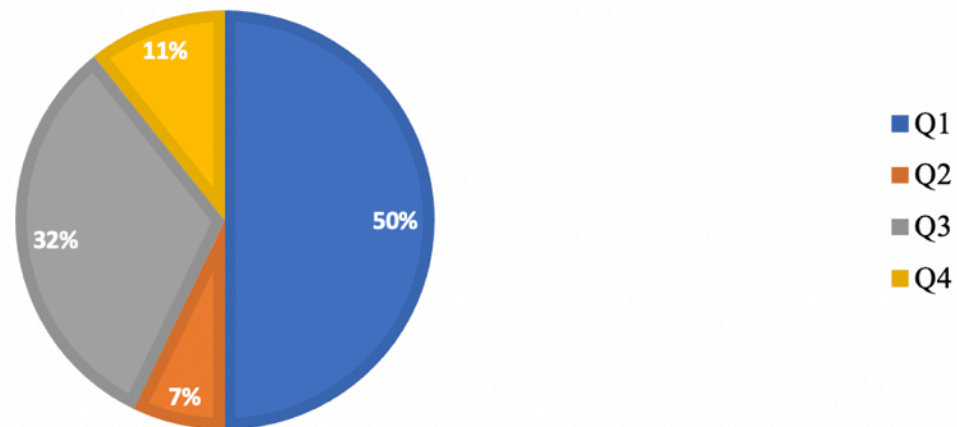


Gráfico 1: cuartiles de las revistas

Fuente: elaboración propia en Excel

Con relación a las variables encontradas en los artículos se puede observar en la Gráfico 2 que el 50% de los artículos tenían como variable principal las TIC.

Cuenta de título del artículo por variables identificadas en los artículos

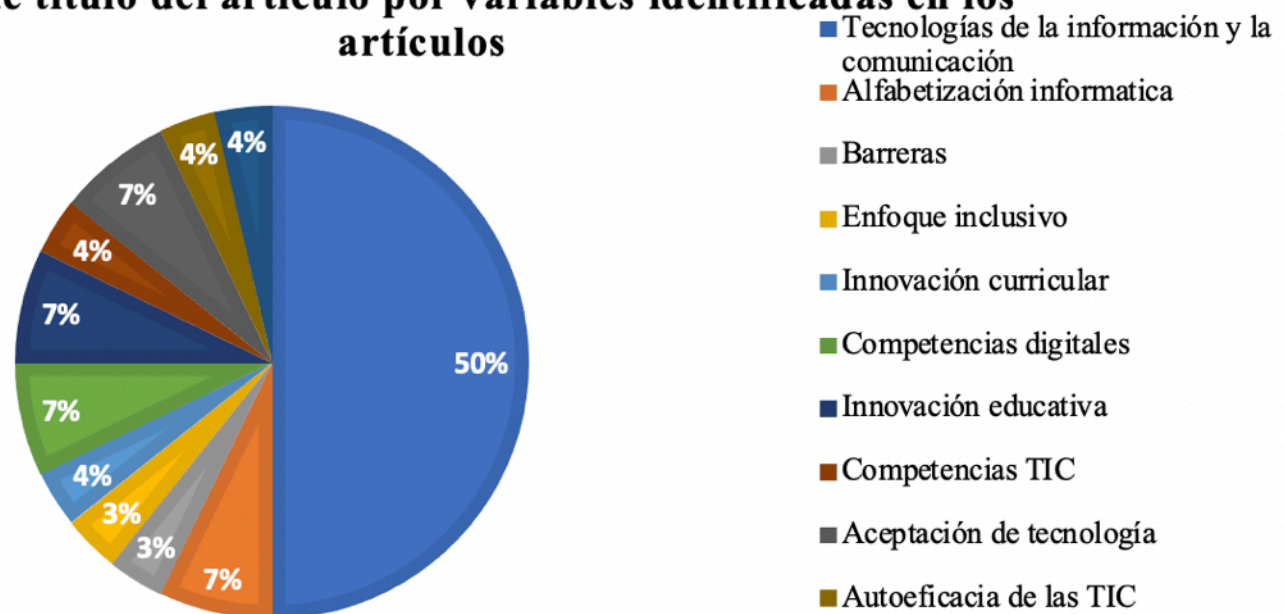


Gráfico 2: variables encontradas en los artículos

Fuente: elaboración propia realizada en el software Excel

Se encontró que para las revistas en las cuales fueron publicados los artículos seleccionados, como se visualiza en la Gráfico 3, fueron, la revista Computers &

Education las que contaron con el mayor porcentaje de las publicaciones con un 11,39%.

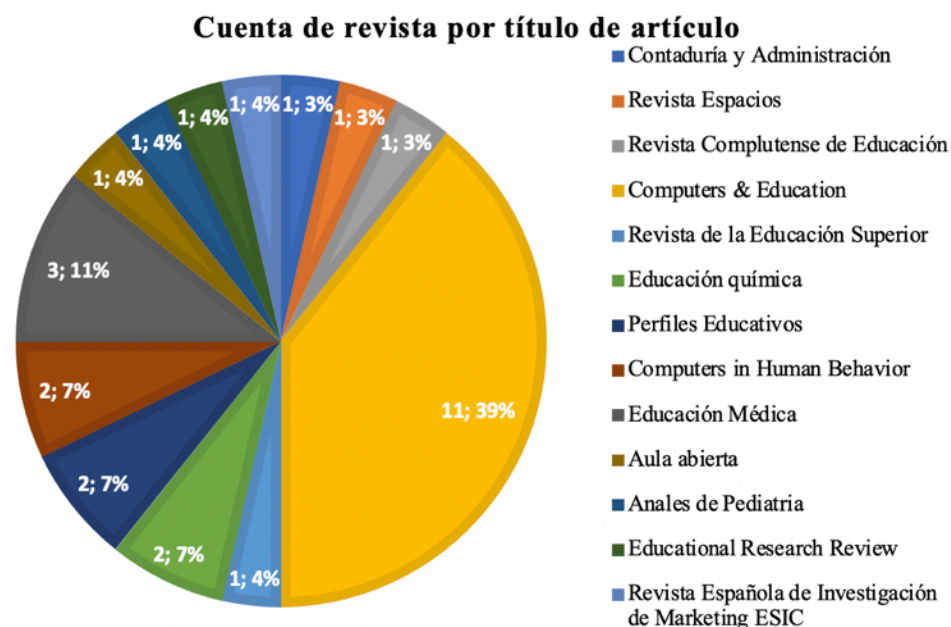


Gráfico 3: revistas de las publicaciones

Fuente: elaboración propia en Excel

Con respecto a los diseños metodológicos utilizados, en la Gráfica 4 se observa que el mayormente implementado correspondió a las Encuestas contando con 13 de los 28 artículos seleccionados.

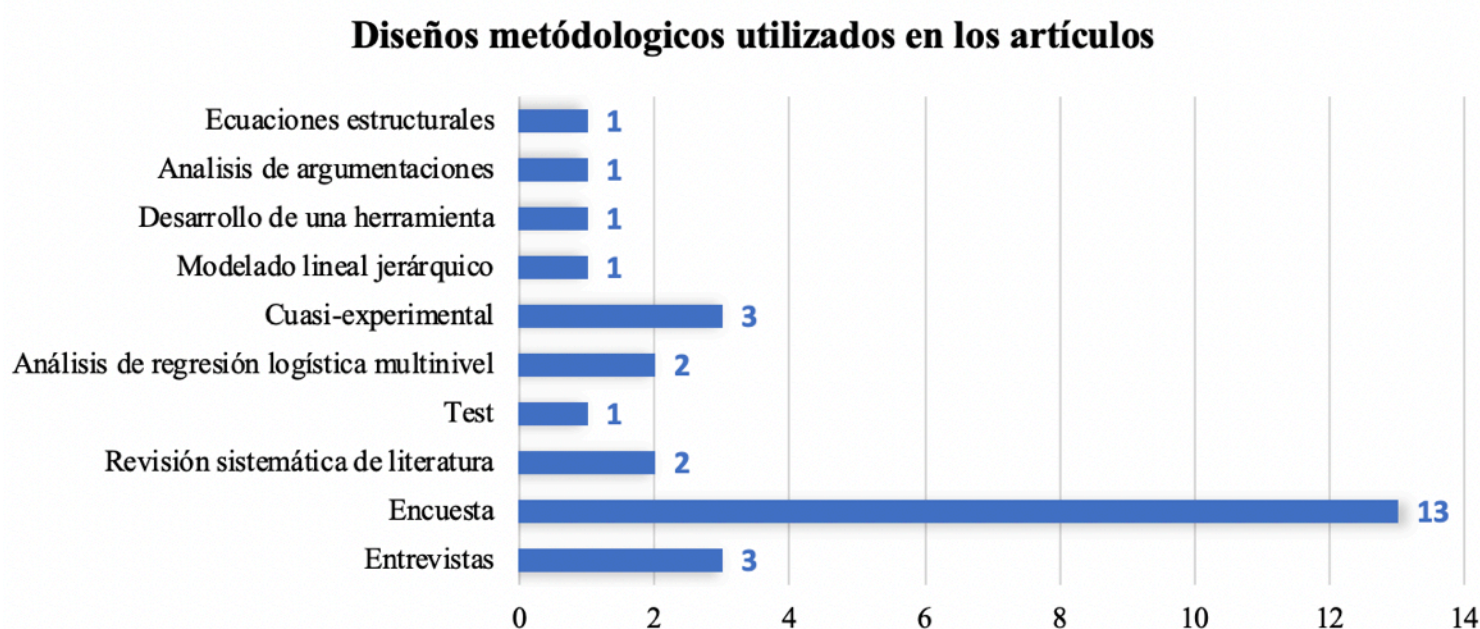


Gráfico 4: diseños metodológicos implementados en los artículos

Fuente: elaboración propia en Excel

Finalmente, con respecto a la población analizada, se encontró que en su mayoría los estudios se concentraron en analizar docentes de educación básica con el 21% del total como se observa en la Gráfico 5.

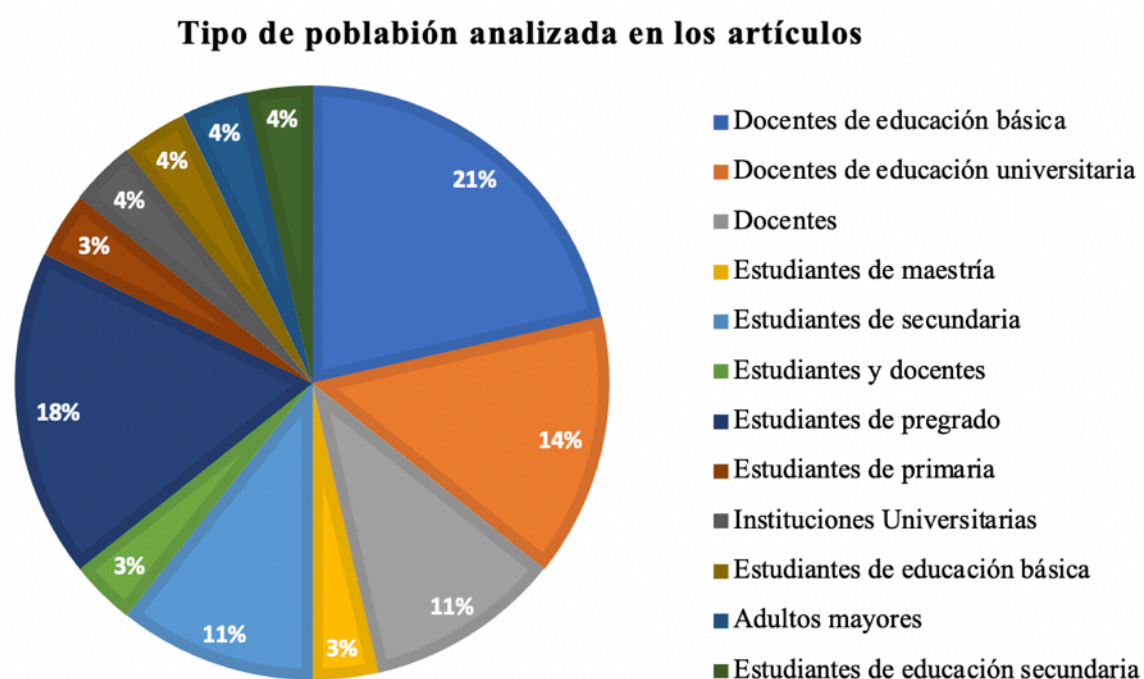


Gráfico 5: población analizada en los artículos

Fuente: elaboración propia en Excel

Por otro lado, los resultados arrojados por la encuesta realizada a directivos y docentes de diferentes IE seleccionadas a partir de una base de datos que guarda los datos de las principales IE del país muestran en la pregunta 1 que para el 58% de los encuestados, los PEI aún carecen de la incorporación de elementos TIC, tal como lo muestra la Gráfico 6.

¿Considera usted que la educación básica y secundaria cuenta con proyectos educativos institucionales que incorporen elementos de las tic que respondan a las necesidades de la industria 4.0?

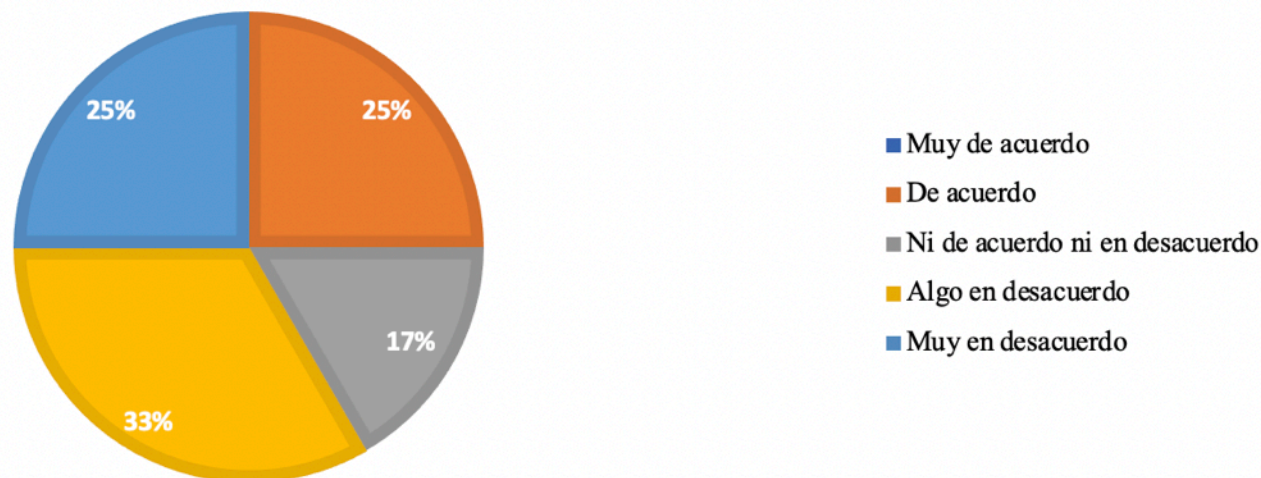


Gráfico 6 : opinión acerca de la incorporación de elementos TIC dentro de los PEI

Fuente: elaboración propia en Excel tomada a partir de formularios de Google.

En las preguntas 2 y 3, las cuales se refieren a la incorporación de las TIC, tanto en metodologías de enseñanza dentro y fuera del aula de clase como en los currículos y materias, las respuestas mostraron “De acuerdo” en un 50% y 33% respectivamente, las cuales han sido las respuestas con mayor porcentaje. Por otro lado, respecto a la pregunta 4, ¿considera usted que la incorporación de la enseñanza de las TIC en la educación básica y secundaria puede ser de apoyo a los jóvenes bachilleres para la continuación de su formación en otros niveles de Educación Superior?, se obtuvo una respuesta de 67% en “Muy de acuerdo”. La pregunta 5, acerca de si los jóvenes bachilleres se encontraban preparados para asumir retos relacionados con las TIC en una instancia de educación superior, los directivos docentes señalan como mayor opción “De acuerdo” con un 33%. Luego, respecto a la pregunta 6, ¿considera que las instituciones educativas deben enfatizar en la enseñanza de las TIC?, la respuesta fue positiva, teniendo un 42% como “Muy de acuerdo” y 58% “De acuerdo” siendo estos los valores más altos para ambas preguntas. Para la pregunta 7, la cual se puede observar en la Gráfico 7 se encuentran “Base de datos” como el tema más relevante para enfatizar en la enseñanza de las TIC.

¿en cuál de los siguientes temas considera usted que sería pertinente enfatizar en el momento de la enseñanza de las tic en la educación básica y secundaria?

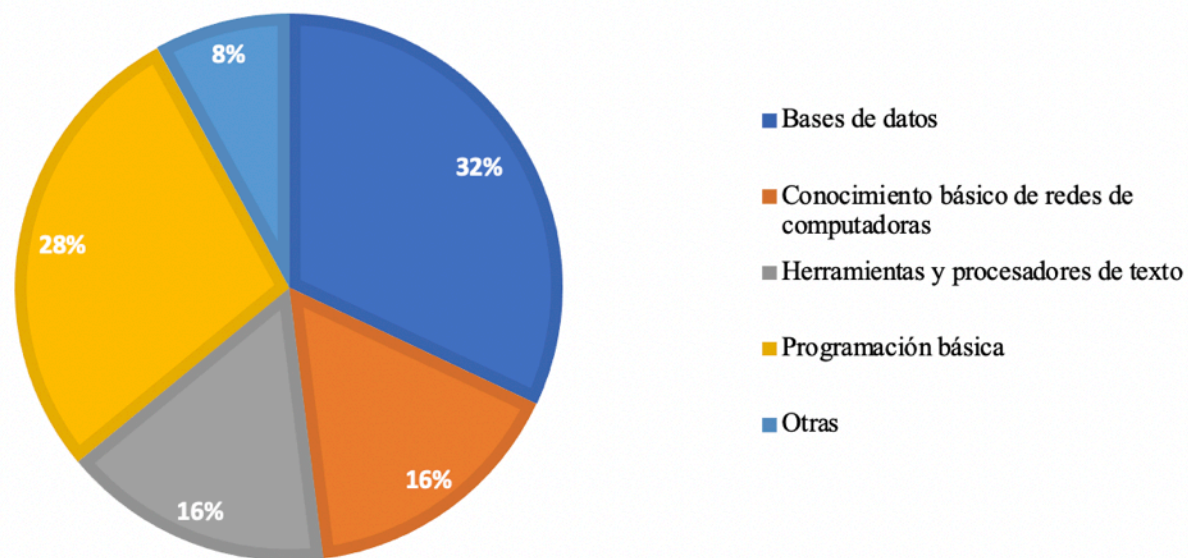


Gráfico 7: temas en los cuales se debe enfatizar durante la enseñanza de las TIC

Fuente: elaboración propia en Excel tomada a partir de formularios de Google.

Adicionalmente, en las preguntas 8 y 9 en las cuales se consultó si las IE cuentan con infraestructura tecnológica y personal calificado para la enseñanza de las TIC, las respuestas fueron 33% y 50% respectivamente, señalando “Algo en desacuerdo” como el valor más alto en ambas preguntas. Finalmente, para la pregunta 10, se observó como aún hace falta capacitación y entrenamiento para los docentes en relación con la Industria 4.0, teniendo como resultado que el 67% de encuestados se encontraba “Algo en desacuerdo” respecto a haber recibido capacitación en el tema.

Discusión de resultados:

Respecto a los resultados de la RSL, el hecho de que la mayor cantidad de artículos hayan sido publicados entre el 2014 y 2018 era algo de esperar dado que aunque desde años atrás se ha iniciado la implementación y se han impartido practicas relacionadas a las TIC en las I.E. es desde “la implementación de la primera fase de la Estrategia Regional de Profesores en ALC, liderada por OREALC/ UNESCO” (Cortés, 2017) que el tema tratado comenzó a tomar fuerza.

En cuanto a las variables encontradas, la variable “Tecnologías de la información y la comunicación” hace referencia a las herramientas digitales que permita la innovación en el aula de clase y dinamicen la enseñanza, en su mayoría se trata de una variable cuantitativa y el hecho de que la mitad de los artículos la planteen como variable principal es clave, esto porque en pro de establecer la “SC, la interrelación

entre la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación cumple un papel central en el planeamiento estratégico de toda organización educativa” (Gloria, Pérez, Washington, & Pino, 2018). En lo que corresponde a las demás variables y su significado, a continuación, se describen brevemente las más relevantes:

- Alfabetización informática: Se trata del conocimiento o aprendizaje en TIC
- Competencias digitales: conjunto de destrezas, habilidades, conocimientos y actitudes en cuanto a sistemas informáticos.
- Innovación educativa: Implica cambios significativos y deliberados asociados a una necesidad sentida referente a soluciones tecnológicas en las IE.
- Aceptación de tecnología: Se refiere a la confianza, la relación y aceptación de la tecnología.

En lo que se refiere a los resultados de las revistas, el hecho de que en su mayoría los artículos hayan sido publicados en la revista *Computers & Education* es predecible dado que es una revista de alto impacto Q1 y que se centra en temas relacionados a la educación desde la tecnología digital, por lo cual es la más apropiada al tema de investigación consultado. En cuanto al diseño metodológico utilizado, no es sorpresa que en su mayoría son encuestas, “ya que el término de búsqueda referidos a pruebas y evaluaciones que usualmente son de naturaleza cuantitativa” (Siddiq et al., 2016). Finalmente, la razón de que la población mayormente analizada sean docentes educación básica, da cuenta de lo que afirmaba (Almerich, Orellana, Suárez, & Díaz, 2016) cuando indica que “las competencias en TIC son elementos clave en términos del uso que los profesores les confieren y su capacitación en ellos”.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la encuesta reflejan de manera cercana lo señalado en la RSL respecto a la alfabetización informática por parte tanto de los docentes como de los estudiantes. La pregunta 1, hace hincapié a lo señalado por el MEN (Ministerio de Educación Nacional) en articulación con el MinTic respecto a la inclusión de estrategias TIC dentro los PEI, debido a que el 55% están de acuerdo en que existe incorporación de la enseñanza de las TIC, sin embargo el hecho de un 45% opinen que no se encuentran “Ni de acuerdo, ni en desacuerdo” o algo en desacuerdo se puede inferir que la estrategia no es clara o no se desarrolla en su totalidad, lo anterior, se puede observar de igual manera en las preguntas 2 y 3, en donde las opiniones se encuentran claramente divididas.

En lo que respecta a la pregunta 4, confirma la posición de las autoras respecto a la importancia de que los jóvenes bachilleres deben contar con una fuerte alfabetización en las TIC que sirva como apoyo para el paso a la educación superior, así como el hecho de que “se debería determinar los niveles de competencias digitales que poseen los estudiantes cuando llegan a la universidad” (Humanante, Solís, Fernández, & Silva, 2019), esto se apoya con la pregunta 6, en la cual los encuestados concuerdan con el hecho de que las IE deben enfatizar en la enseñanza de las TIC dado que la utilización de las mismas “favorece el aprendizaje” (Garrido, Santiago, Márquez, Poggio, & Gómez, 2018). Por otro lado, la pregunta 5 refleja claramente una contraposición dado que las opiniones se encuentran divididas respecto a la preparación de los jóvenes bachilleres en las TIC. En cuanto a los temas en los cuales se debe hacer énfasis, la mayoría se encuentran de acuerdo en que se debe hacer fuerza en temas como bases de datos y programación básica, esto no es de sorprender ya que son tópicos base de las TIC y que se encuentran en los entornos laborales, además se encuentran actualmente en varias mallas curriculares de diferentes programas académicos universitarios.

Respecto a las preguntas 8, 9 y 10, apoyan claramente las hipótesis de diversos autores respecto a que son varias las barreras de adopción de las TIC y que no siempre se relacionan directamente con los docentes dado que “las principales barreras se relacionan con la falta de infraestructura (hardware y software), la falta de competencia digital entre los maestros” (Gil et al., 2017). En la pregunta 11, la cual correspondió a una pregunta abierta acerca de las barreras que tienen las instituciones educativas para la incorporación de la enseñanza de las TIC dentro de sus PEI, las opiniones apoyan el hecho de que las mismas se relacionan con infraestructura, docente capacitado y apoyo por parte del MEN.

Si bien, los datos recolectados en la encuesta permitieron realizar un análisis a la situación actual que enfrentan las I.E respecto a su incorporación de las TIC y cercanía con los temas de la industria 4.0, los resultados obtenidos no son determinantes para definir si los PEI incluyen realmente elementos propios de la industria 4.0 y por lo tanto es necesario en primera instancia realizar una encuesta que cobije una mayor población de la comunidad de las IE y adicionalmente incluir un análisis y estudio a fondo de los PEI actuales, con los cuales se pueda complementar y fortalecer el aporte que se hace en este estudio, así como contribuir a nuevas líneas de investigación de las temáticas relacionadas con la industria 4.0 y la educación, además, esta investigación

permitirá a la comunidad científica y educativa tener mayores elementos académicos y científicos para realizar recomendaciones, con el fin de mejorar la implantación de mayores elementos TIC dentro de los PEI o currículos dentro de la educación básica secundaria.

Conclusiones:

Es necesario brindar a la comunidad educativa herramientas y capacitaciones con las cuales se puedan romper las barreras de aceptación tecnológica y así responder no solo a las necesidades del mercado que exige la industria 4.0 sino también apoyar el tránsito de los jóvenes hacia su formación universitaria con el fin de evitar procesos de retraso complejos en el manejo de las herramientas digitales, fortalecer las competencias digitales y nutrir la alfabetización informática de los jóvenes que se encuentran cursando la educación básica secundaria. Por otro lado, es necesario que los entes gubernamentales, establezcan políticas e incorporen en los planes de desarrollo programas de capacitación y formación docente en temas relacionados con la Industria 4.0 y herramientas TIC.

Es importante, destacar que el Ministerio de Educación Nacional, también incorpora dentro de las modalidades de educación la “Media Técnica”, esta se ve reflejada entre los grados 10 y 11, la cual se enmarca en la preparación de los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, para la continuación de la educación superior, la media técnica está dirigida a la formación calificada en especialidades tales como: agropecuaria, comercio, finanzas, administración, informática, entre otras (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 1994). Sobre esto, cabe anotar, que no todas las Instituciones Educativas, contemplan dentro de su oferta educativa la Media Técnica, y tampoco están obligadas desde las políticas contempladas por el MEN a acogerse a esta modalidad, lo que puede generar que la brecha de alfabetización de TIC se incremente en mayor medida, si no se busca otras alternativas de incorporación de la industria 4.0 y herramientas TIC en los PEI o currículos.

Por otro lado, para Colombia es una realidad que “aunque las TIC se han difundido ampliamente en muchos países, el uso real de las TIC depende de los contextos y las culturas en las que tiene lugar” (Scherer, Rohatgi, & Hatlevik, 2017) y este es un país aún en vía de desarrollo en el cual es necesario implementar con mayor

fuerza las estrategias que han sido recomendadas por la OCDE en línea con el plan Vive Digital (MINTIC, 2017) para Innovar en el sector educativo y poder estar con los países que ya han desarrollado fuertes políticas de las TIC en las IE.

Finalmente, se recomienda la generación de política pública con la cual se puedan generar acciones que permitan mejorar la infraestructura tecnológica de las IE, los espacios para la formación en TIC y generar capacitaciones a los docentes de las IE de todas las áreas de conocimiento acerca de la inclusión de elementos de las TIC para la enseñanza de todas las áreas, así como el manejo y apropiación de las TIC. Por otro lado, la política pública, podría generar una demanda de mayores recursos humanos, políticos y económicos que permitan a los jóvenes estudiantes el acercamiento a la industria 4.0 y a exigir una educación que los aproxime más a la formación en educación superior. Partiendo de lo anterior, podría crearse un programa que les permita a los docentes interactuar con los diferentes centros creados para la innovación y desarrollo, ejemplo de ello en Medellín es el vivero del software, y el centro de innovación para el maestro MOVA, los cuales trabajando en conjunto podrían crear estrategias para la transferencia del conocimiento, fortaleciendo las diferentes competencias bajo las cuales se logre alinear las necesidades actuales de la educación en herramientas y componentes de las TIC a la industria 4.0.

Como trabajo futuro se pretende ahondar más en los PEI de algunas I.E, así como la aplicación de una encuesta revisado por un grupo de expertos que le otorgue mayor rigurosidad, así como abarcar una mayor población de tal manera que se logren resultados más cercanos a la realidad y de esta manera reducir el sesgo de los datos recolectados. Por otro lado, se pretende a la vez, investigar la incorporación de elementos de las TIC, en los planes curriculares de las carreras del área de las ciencias económicas y administrativas de las IES.

Agradecimientos:

Las autoras agradecen al Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) por su apoyo y colaboración durante todo el proceso de investigación, así como al programa Jóvenes Investigadores e Innovadores del ITM por hacer posible la participación de la población estudiantil en proyectos de investigación. Por último, las autoras del artículo agradecen a todos a todos aquellos actores que dieron respuesta a la encuesta.

Referencias:

Al-Senaidi, S., Lin, L., & Poirot, J. (2009). Barriers to adopting technology for teaching and learning in Oman. *Computers & Education*, 53(3), 575–590. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.03.015>

Almerich, G., Orellana, N., Suárez, J., & Díaz, I. (2016). Teachers' information and communication technology competences: A structural approach. *Computers & Education*, 100, 110–125. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.002>

Barderas, A., Estrada, J. M., & Gonzalez, T. (2008). Estrategias para la búsqueda bibliográfica de información científica. *Educare* 21, 55. Recuperado de <http://www.enfermeria21.com/educare/secciones/casosclinicos/index.php?Mg%3D%3D&MTc5&Mzg%3D>

Bedoya, F., Hernández, L. G., Rivera, P., & Silva, M. (2017). LA INNOVACIÓN EDUCATIVA EN COLOMBIA Buenas Prácticas para la Innovación y las TIC en educación. Bogotá. Recuperado de [https://aprende.colombiaaprende.edu.co/ckfinder/userfiles/files/Libro](https://aprende.colombiaaprende.edu.co/ckfinder/userfiles/files/Libro%20Innovacion%20MEN%20-%20V2.pdf) Innovacion MEN - V2.pdf

Beltrán, Ó. A. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, 20, 60–69. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcg/v20n1/v20n1a09.pdf>

Cabrera, D. (2010). EN DEFENSA DE LAS ENCUESTAS. *POSTData*, Revista de reflexión y análisis político, 15, 191–216. Recuperado de file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/articulo_redalyc_52235604003.pdf

Cormier, C. (2010). Las TIC para la investigación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 21(4), 339–341. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30104-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30104-6)

Cortés, A. (2017). Políticas públicas para la integración de las TIC en educación. *Educación y Ciudad*, 33(Junio-diciembre), 75–86. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6213578>

Donnelly, D., McGarr, O., & O'reilly, J. (2011). A framework for teachers' integration of ICT into their classroom practice. *Computers & Education*, 57, 1469–1483. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.02.014>

Duque, J. C., & Villa, E. M. (2016). Big Data: desarrollo, avance y aplicación en las Organizaciones de la era de la Información. *Revista CEA*, 2(4), 27–45. <https://doi.org/10.22430/24223182.169>

Ellahi, R. M., Ali, M. U., & Shah, A. (2019). Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 151, 699–708. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.093>

Gamboa, A. A., Montes, A. J., & Hernández, C. A. (2018). Representaciones de los docentes de educación básica sobre los aportes de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la escuela. *Revista Espacios*, 39(0798 1015), 2. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a18v39n02/a18v39n02p02.pdf>

García, J., Guzmán, G., & Murillo, A. (2014). Evaluación de competencias y módulos en un currículo innovador: El caso de la licenciatura en Diseño y Desarrollo de Espacios Educativos con tic de la Universidad de Costa Rica. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* (Vol. 36). [https://doi.org/10.1016/S0185-2698\(14\)70610-5](https://doi.org/10.1016/S0185-2698(14)70610-5)

Garrido, M. C., Santiago, G., Márquez, M., Poggio, L., & Gómez, S. (2018). Impacto de los recursos digitales en el aprendizaje y desarrollo de la competencia Análisis y Síntesis. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.02.011>

Gil, J., Rodríguez, J., & Torres, J. J. (2017). Factors that explain the use of ICT in secondary-education classrooms: The role of teacher characteristics and school infrastructure. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.057>

Gloria, O., Pérez, B., Washington, J., & Pino, F. (2018). Rol de la gestión educativa estratégica en la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación en la educación superior. *Educación Médica*, 19(1), 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.12.001>

Gutarra, R. J., & Valente, A. G. (2018). Las Mipymes tecnológicas peruanas al 2030. Estrategias para su inserción a la industria 4.0. *Nova Scientia*, 10(20), 754. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1329>

Humanante, P., Solís, M. E., Fernández, J., & Silva, J. (2019). Las competencias TIC de los estudiantes que ingresan en la universidad: una experiencia en la Facultad de Ciencias de la Salud de una universidad latinoamericana. *Educ Med*, 20(3), 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.02.002>

Jacquez, M. V., & López, G. V. (2018). Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: una revisión de literatura. *Año*, 20(26107813). Recuperado de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/2150/215057003004/215057003004.pdf>

Llamas, F., & Macías, E. (2018). Formación inicial de docentes en educación básica para la generación de conocimiento con las Tecnologías de la Información y la

Comunicación. Revista Complutense de Educación, 29(2), 577–593. <https://doi.org/10.5209/RCED.53520>

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

Macías, J. A. (2014). Propuesta de proceso de TRINV en las IES (privadas) de Medellín, a partir de Capacidades de Innovación.

Martínez, J. M., Amaro, P. P., Gálvez, A., & Delgado, M. (2016). Educación Médica Metodología basada en tecnología de la información y la comunicación para resolver los nuevos retos en la formación de los profesionales de la salud PALABRAS CLAVE. Educ Med, 17(1), 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.02.004>

Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 20(1), 38. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>

Melendez, K. A., & Dávila, A. E. (2018). Problemas en la adopción de modelos de gestión de servicios de tecnologías de información. Una revisión sistemática de la literatura. DYNA, 85(204), 215–222. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n204.57076>

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (1994). Ley 115 de Febrero 8 de 1994. Bogotá. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_Archivo_pdf1.pdf

MINTIC. (2017). SECTOR TIC COLOMBIA. Recuperado de <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/01/Presentacion-Dr.-Alejandro-Delgado.pdf>

Molina, L. E., & Mesa, F. Y. (2018). LAS TIC EN ESCUELAS RURALES: REALIDADES Y PROYECCIÓN PARA LA INTEGRACIÓN. Praxis & Saber, 9(2462860), 75–98. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8924>

Núñez, M., Biencinto, E., Carpintero, C., & García, M. (2014). Enfoques de atención a la diversidad, estrategias de aprendizaje y motivación en educación secundaria. Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique (Vol. 36). [https://doi.org/10.1016/S0185-2698\(14\)70638-5](https://doi.org/10.1016/S0185-2698(14)70638-5)

OECD. (2015). Enseñar con tecnología. Recuperado de www.oecd.org/talis

OECD. (2016). Las habilidades de los profesores para las TIC y la resolución de problemas: Competencias y necesidades. Education Indicators in Focus. <https://doi.org/10.1787/888933045183>

Ortega, C. F. (2014). Tecnologías de la información y la comunicación para la innovación educativa. *Perfiles Educativos*, 36(144), 214–218. [https://doi.org/10.1016/S0185-2698\(14\)70633-6](https://doi.org/10.1016/S0185-2698(14)70633-6)

Osuna, M. R. (2016). Handbook of Research on Comparative Approaches to the Digital Age Revolution in Europe and the Americas. (B. Passarelli, J. Straubhaar, & A. Cuevas-Cerveró, Eds.), *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação* (Vol. 9). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8740-0>

Ramos, S. R., Del Mar, M., Guerrero, L., & Guerrero, G. L. (2016). Desarrollo de tecnologías de la información y la comunicación para reforzar los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias en el grado de maestro/a en educación infantil de la Universidad de Málaga, 27, 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.006>

Rodríguez, H., Fernando, L., Betancur, R., & Aranzazu, D. (2014). Alfabetización informática y uso de sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) en la docencia universitaria. *Revista de la educación superior* (Vol. 43). <https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.03.004>

Said, E., Iriarte, F., Valencia, J., Borjas, M., Ordoñez, M. P., Arellano, W., ... Mejía, L. E. (2015). HACIA EL FOMENTO DE LAS TIC EN EL SECTOR EDUCATIVO EN COLOMBIA. (Elías Said Hung, Ed.). Barranquilla. Recuperado de www.uninorte.edu.co

Sang, G., Valcke, M., Braak, J. van, & Tondeur, J. (2010). Student teachers' thinking processes and ICT integration: Predictors of prospective teaching behaviors with educational technology. *Computers & Education*, 54(1), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.07.010>

Santos Dalenogare, L., Brittes Benitez, G., Fabián Ayala, N., & Germán Frank, A. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *Intern. Journal of Production Economics*, 204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>

Scherer, R., Rohatgi, A., & Hatlevik, O. E. (2017). Students' profiles of ICT use: Identification, determinants, and relations to achievement in a computer and information literacy test. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.034>

Siddiq, F., Hatlevik, O. E., Olsen, R. V., Throndsen, I., & Scherer, R. (2016). Taking a future perspective by learning from the past e A systematic review of assessment instruments that aim to measure primary and secondary school students' ICT literacy *. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.05.002>

Talanquer, V. (2009). De escuelas, docentes y TICs. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30035-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30035-1)

UNESCO. (2019). INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA EDUCACIÓN EN EL MUNDO. París. <https://doi.org/978-92-3-300109-1>

Vanderlinde, R., Aesaert, K., & Van Braak, J. (2014). Institutionalised ICT use in primary education: A multilevel analysis. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.007>

Wiseman, A. W., & Anderson, E. (2012). ICT-integrated education and national innovation systems in the Gulf Cooperation Council (GCC) countries. *Computers & Education*, 59(2), 607–618. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.006>

Ynzunza, C. B., Izar, J. M., Bocarando, J., Aguilar, F., & Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>

PALABRAS CLAVES

CARRERAS DE INGENIERÍA,
FABRICACIÓN EN LA NUBE,
FABRICACIÓN INTELIGENTE,
INDUSTRIA 4.0,
INTERNET DE LAS COSAS,
MATERIAS OPTATIVAS.

CAPÍTULO 2

INDUSTRIA 4.0 EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA: CASO MATERIAS OPTATIVAS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Fredy Marcelo Rivera Calle, Marco Fernando Bravo Guamán

Universidad Politécnica Salesiana

Ecuador

Sobre los autores:

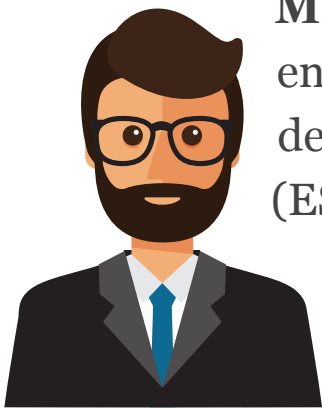


Fredy Marcelo Rivera Calle: Nació en Cuenca Ecuador en 1972, Es Doctor en Ciencias, Magister en Gestión de Telecomunicaciones, Especialista en Docencia Universitaria, Ingeniero Electrónico, y Licenciado en Ciencias de la Educación, Docente de la Universidad Politécnica Salesiana, pertenece al Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia. GI-IATa Cátedra UNESCO, Tecnologías de Apoyo para la Inclusión Educativa.

Su trayectoria académica incluye publicaciones indexadas entre ellas:- “Fault diagnosis in power lines using Hilbert transform and fuzzy classifier”, - “Frame synchronization through barker codes using SDRs in a real wireless link”, - “A domotics control tool based on MYO devices and neural networks”, - “Aula invertida con tecnologías emergentes en ambientes virtuales en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador”, - “The Participative Action of the Research Group of the

Universidad Politécnica Salesiana as a Connection to the Vinculation with Society Throught the Educative Innovation”, - “Propuesta de factibilidad técnico económico para la implementación de una red de acceso con tecnología GPON para brindar el servicio triple play en la ciudad de Cuenca”, - “Tecnologías emergentes aplicadas en la educación.” Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad”, entre otras.

Correspondencia: frivera@ups.edu.ec



Marco Fernando Bravo Guamán: Completó su estudio de Maestría en sistemas automáticos y electrónica industrial, en La Escuela Superior de Ingeniería Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT), Universidad Politécnica de Cataluña, España, Ingeniero Electrónico mención Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Ha sido parte del emblemático grupo Grupo de Investigación en Telecomunicaciones y Telemática de la Universidad Politécnica Salesiana (GITEL), Ecuador.

Actividades de Investigación realizadas en publicaciones indexadas entre ellas: - “Estudio del diseño de un inversor para cocinas de inducción utilizando un solo interruptor de GaN”, - “Artificial Neural Network Applied like Qualifier of Symptoms in Patients with Parkinson’s Disease by Evaluating the Movement of Upper-Limbs Activities”, - “Obstacle Detection System to Improve Mobility of People with Visual Impairment”,- “Wireless devices to restart walking during an episode of FOG on patients with Parkinson's disease”, - “Statistical characterization of the finger tapping test using an android mobile app”, - “A system for finger tremor quantification in patients with Parkinson's disease”, - “A system to monitor tremors in patients with Parkinson's disease”, etc.

Correspondencia: marco.fernando.bravo@gmail.com

Resumen:

La industria 4.0 en la actualidad, se está convirtiendo en una estrategia general para la cuarta revolución industrial, aplicado a la industria que permite la integración de tecnología de la información, ciencia de datos y equipos automatizados, para producir sistemas industriales inteligentes. Este trabajo, presenta un análisis donde se

exponen las materias de las carreras de ingeniería en la Universidad Politécnica Salesiana en las que se podría involucrar Industria 4.0. Hace hincapié en la importancia de la inclinación que estos titulados pueden no recibir los conocimientos necesarios en su desempeño profesional en esta nueva era industrial. Este estudio sugiere que se necesita una posible revisión de las materias optativas, para aprender e implementar en la industria 4.0 en las fábricas, y visto la peculiar relevancia en el escenario de la Industria 4.0, se representa un posible Sistema Control Distribuido (DSC) y automatización en fábricas, donde el aporte humano se reduce al mínimo.

Palabras Claves: Carreras de ingeniería, Fabricación en la nube, Fabricación inteligente, Industria 4.0, Internet de las cosas, Materias Optativas.

Industry 4.0 in engineering courses: Case Optional subjects Universidad Politécnica Salesiana

Abstract

Industry 4.0 is currently becoming a general strategy for the fourth industrial revolution, applied to the industry that allows the integration of information technology, data science, and automated equipment to produce intelligent industrial systems. This paper presents an analysis where the subjects of engineering careers in the Universidad Politécnica Salesiana in which Industry 4.0 could be involved are exposed. It emphasizes the importance of the inclination that these graduates may not receive the necessary knowledge in their professional performance in this new industrial era. This study suggests that a possible revision of the Optional assignments is needed, to learn and implement in industry 4.0 in the factories, and given the peculiar relevance in the scenario of Industry 4.0, a possible Distributed Control System (DSC) and automation is represented in factories, where the human contribution is reduced to a minimum.

Keywords: Cloud Manufacturing, Engineering careers, Industry 4.0, Internet of Things, smart manufacturing, Optional Assignatures.

1. Introducción

El presente artículo, los autores presentan un análisis de las materias optativas de la carrera de ingeniería electrónica y automatización para comprobar si los

titulados que reciben estos estudios, es adecuada para responder a este nuevo escenario.

En los últimos años, un nuevo concepto nace en el mundo de la industria moderna. La cuarta revolución industrial está cada día avanzando ampliamente. La primera revolución industrial se inicia a finales de siglo XVIII, se basó en la máquina de vapor, la que posibilitó por primera vez, disponer de energía mecánica en cualquier lugar donde se pueda transportar carbón, en el momento en que se necesite, la segunda revolución industrial se sitúa a principios del siglo XX, utilizó electricidad y consigo la línea de montaje para la producción en masa, luego, la tercera revolución industrial se inició a finales de los años 60, integrando la tecnología de semiconductores y el uso de las computadoras en la fabricación donde progresaron durante varias décadas.

El término Industria 4.0 (I4.0), representa no solo la digitalización industrial, sino que también incorpora una necesidad esencial para la existencia de cada factoría en el futuro (Griffiths & Ooi, 2018; Muhuri, Shukla, & Abraham, 2019). Robots autónomos (Kim, Park, & Chung, 2018; Macoir et al., 2019; Pérez, Rodríguez, Rodríguez, Usamentiaga, & García, 2016), simulación (Alpala et al., 2018; Guo et al., 2017), integración de sistemas (Sztipanovits et al., 2018), Internet de las cosas (Serpanos & Wolf, 2017), Cybersecurity (Socarrás & Santana, 2019; Thames & Schaefer, 2017), Cloud Computing (Yu, Park, & Park, 2019), Big Data (Lima-Monteiro, Parreira-Rocha, Rocha, & Oliveira, 2017), realidad aumentada (Esengün & İnce, 2018; Olalde Azkorreta & Olmedo Rodríguez, 2014; Pierdicca, Frontoni, Pollini, Trani, & Verdini, 2017) y fabricación aditiva (Harald, Eleftheriadis, & Lodgaard, 2019; Rosienkiewicz, Gabka, Helman, Kowalski, & Susz, 2018), forman parte de los pilares del proceso tecnológico jugando un papel importante a la hora de aumentar la productividad y reducir los costos de la industria moderna (Andrade et al., 2018). La figura 1 representa el siguiente nivel de fabricación, donde, las máquinas se redefinirán a sí mismas, en la forma en que se comunican y realizan funciones individuales. Todos sus procesos se encuentran comunicados e interactúan entre sí y con procesos externos.

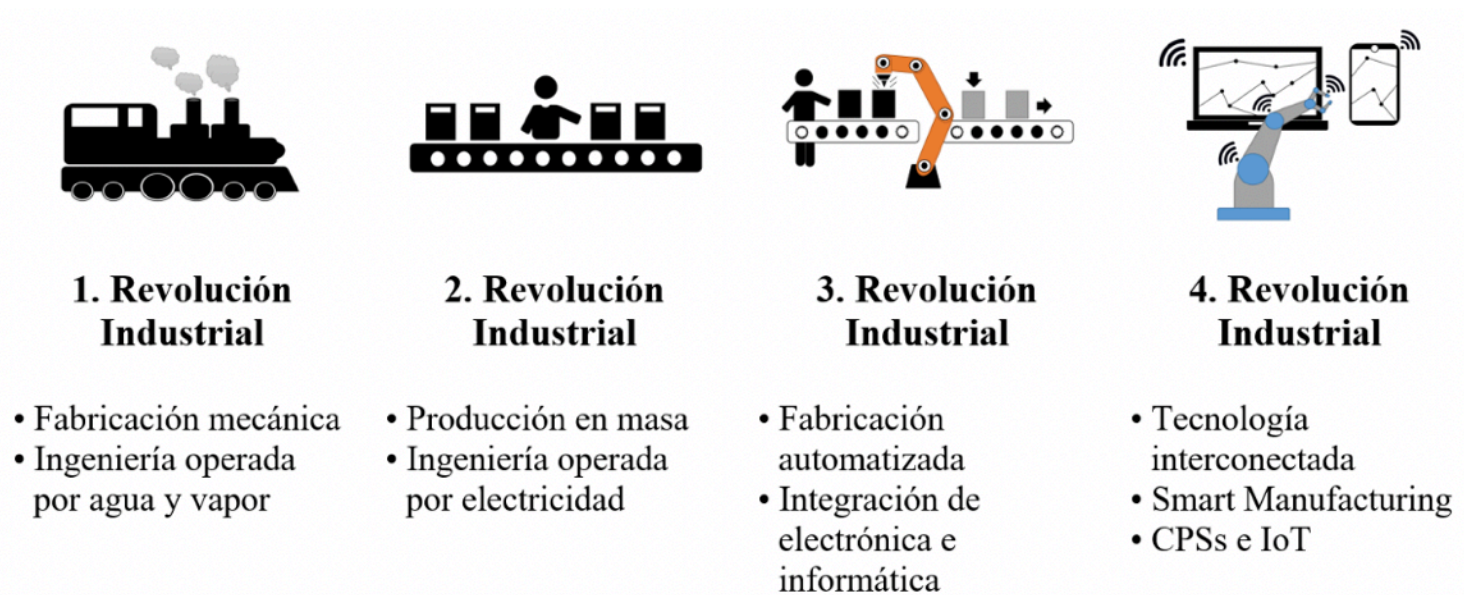


Figura 1: Evolución de la revolución industrial (Forschungsunion, 2013).

En la industria 4.0 el ingeniero debe estar familiarizado con términos como CIM (Computer Integrated Manufacturing, Fabricación Integrada por Computadora en castellano), AM (Agile Manufacturing, Fabricación Ágil en castellano), NM (Networked Manufacturing, Fabricación en Red en castellano), MG (Manufacturing Grid, Rejilla de Fabricación en castellano) o CMfg (Cloud Manufacturing, Fabricación en la Nube en Castellano), entre otros (Zhang et al., 2014).

La mayor importancia que caracteriza estos términos es el software todavía mayor de la que ya tiene en las fábricas tradicionales. Algunas estimaciones, muestran que el costo de desarrollo del software es del 40% al 50%, pero se podría situar hasta del 80% en las nuevas fábricas (Catalán, Serna, & Blesa, 2015). Como se indican las estimaciones tecnológicas informáticas necesarias para estos desarrollos se deben aportar, entre otros, con: ingeniería de software, el uso de componentes software, las redes de computadoras o los nuevos estándares y sistemas Open Source de automatización.

Las fábricas actuales implementan varios elementos típicos conocidos por el Ingeniero en un sistema de automatización y control, estos son: controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLCs (Programmable Logic controllers), Control numérico control decimal numérico (Computer numerical control), Robots, Instrumentación, entre otros, la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) forma ingenieros, entre ellos, titulados en Electrónica y Automatización con alta capacidad profesional, socialmente responsables, capaces de favorecer y aportar

en el cambio de la matriz productiva del país, la UPS cuenta con estos elementos en su infraestructura que está conformado por sus laboratorios de ensayo, como: máquinas eléctricas, robótica, automatización, instrumentación, simulación, entre otras, donde los principales beneficiarios son los estudiantes y docentes, permitiendo integrar nuevas tecnologías.

La industria se encuentra integrando todos sus elementos mediante una red dentro del sistema de informática de la compañía como Amazon (Ivanov, Dolgui, & Sokolov, 2019), solicitando recientemente una patente para un robot de autoaprendizaje que permite el empaquetado automático que podrá recoger los artículos pedidos y empaquetarlos. Así como diez empresas que lideran la industria 4.0 (Arrieta, 2017), la UPS propone una red que permita la comunicación entre sus laboratorios, donde se genera grandes cantidades de datos que deben ser manipulados para que sean convertidos en información útil, la conectividad permitirá comunicarse con los laboratorios de: Maquinas eléctricas, Instrumentación, Robótica, Automatización, etc.

Ante lo presentado, es conveniente plantear en qué medida estos conocimientos son impartidos en los actuales y recientes, planes de estudio en las materias optativas de las carreras de ingeniería de la UPS, donde el ingeniero formado podrá responder y contribuir al avance del desarrollo de sistemas en las fábricas modernas de la industria 4.0. A continuación, se detalla las secciones de este artículo y se considera el estudio realizado de Catalán et al., para las secciones 2, 3 y 4.

(Catalán et al., 2015).

La Sección 2 se ha dedicado a la descripción de los desafíos a los que se encuentra un ingeniero en una fábrica y se ilustra una propuesta alternativa con un ejemplo.

La Sección 3 presenta un breve análisis de los planes de estudio y las responsabilidades de los docentes y estudiantes.

La sección 4 se realiza algunas propuestas alternativas de modificación en las materias optativas y de especialidad de las carreras de ingeniería, además de la validación del autómatas en los laboratorios de automatización.

Finalmente, los comentarios concluyentes más relevantes del trabajo se encuentran en la sección 5.

2. Desafíos para los ingenieros en la Industria 4.0

La figura 2 muestra una posible integración de un DSC (Distributed Control System, Sistema de Control Distribuido en castellano) y sistema de automatización en fábricas para la Industria 4.0. El uso de varios controladores que se encuentran conectados entre sí mediante una Red de Tiempo Real (Real-Time Network), cada controlador está conformada por su propia red de comunicación con sensores y actuadores (bus de campo), y a la vez conectados con una segunda red que permite realizar aplicaciones locales y/o remotas como los medios de HMI (Human-Machine Interface) siendo la plataforma para la cognición y la comunicación entre el hombre y la máquina, y es el enfoque para la transmisión de información (Gong, 2009), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition Systems) es utilizado para observar y supervisar los equipos de taller en diversas aplicaciones de automatización industrial (Lakhoua, 2019), MES (Manufacturing Execution System) se define como un sistema computarizado integrado en línea, facilita el intercambio de información a nivel superior de la empresa y los sistemas operativos para el taller, conformado por diferentes aplicaciones de software personalizadas (Du, Liu, & Wang, 2019), entre otras. El sistema incrementa su complejidad por otras características como portabilidad, interoperabilidad, reutilización y reconfiguración. Un estudio realizado presenta evaluaciones analíticas de los parámetros DCS, tales como: rendimiento, seguridad, confiabilidad, tasa de transferencia de datos (Hu, Mukhin, Kornaga, Herasymenko, & Mostoviy, 2019).

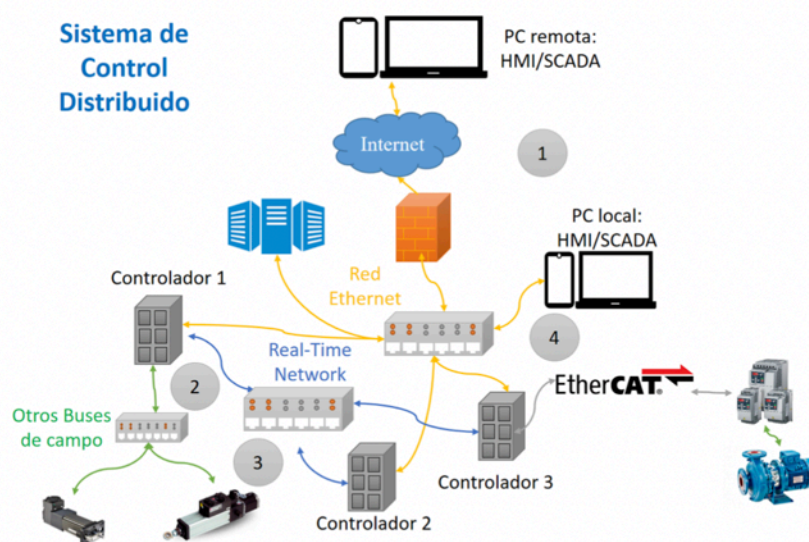


Figura 2. Propuesta alternativa de un Sistema de Control Distribuido (DSC), que se podría implementar en los laboratorios de ingeniería de la UPS. Dónde: 1. Acceso remoto, para controladores a través de buses en tiempo real que pueden ser monitorizados por recursos locales y remotos, 2. Paradigma de programación por componentes: Reconfigurabilidad, 3. Arquitectura orientada a control distribuido: Comunicación y sincronización, 4. Sistemas abiertos: Portabilidad, interoperabilidad y estándares (Blesa et al., 2015).

2.1 Automatización en la Industria 4.0

En la actualidad los procesos para la automatización industrial se basan en controladores

lógicos programables (PLC), debido a, su tecnología madura, siendo su estándar de programación IEC 61131-1 (publicada en octubre de 1992) conformado en un conjunto de normas e informes técnicos publicados por la IEC (International Electrotechnical Commission, Comisión Electrotécnica Internacional en castellano), durante los últimos tiempos este estándar no establece los medios para crear nuevos recursos de configuración, además, la semántica está definida de manera ambigua detallada en el apartado IEC 61131-3, por lo tanto, la implementación de las herramientas de software interpreta el estándar de diferente manera presentando insuficiencias debidas a su antigüedad (publicada en diciembre de 1993). Para poder establecer acceso remoto está estandarizado en IEC 61131-5, que desafortunadamente no ha recibido mucha atención. (Schneider, Zoitl, Christensen, Steininger, & Fritsche, 2008; Turlas, 1997). Debido a estas carencias presentadas, no es adecuado para enfrentar nuevas necesidades de los sistemas de automatización en las modernas fábricas.

Varios términos expuestos en el apartado 1, por ejemplo, Agile Manufacturing forma parte de un nuevo paradigma, se ha convertido en una extensión de la fabricación eficiente con la finalidad de aumentar la rapidez, flexibilidad, capacidad de respuesta y competencia de las instalaciones de fabricación. Por lo tanto, para garantizar estos requisitos, ha surgido un nuevo estándar para la programación de los sistemas de automatización, siendo el estándar IEC 61499-1 establecido la primera versión en 2005 y la segunda de 2012 es una arquitectura de referencia diseñada para facilitar el desarrollo de aplicaciones de control con lógica descentralizada (Santos, Silva, De Sousa, & Magalhaes, 2018). El proyecto HORIZON 2020 de la UE-PERFORM (Reconfiguración Armonizada de Producción de Robots y Maquinaria Flexible), tiene como objetivo desarrollar la próxima generación de sistemas con Agile Manufacturing introducen concepto de reconfiguración dinámica y pueden responder a los rápidos cambios de las condiciones del mercado (Meyer, Rauhoeft, Henkel, & Cala, 2017). El ingeniero debe estar familiarizado con el estándar, entre otros, en los modelos de diseño, los diagramas UML (Unified Modeling Language) son los más utilizados en la academia y las industrias, uso de patrones de diseño, programación orientada a componentes y a eventos son los más comunes que los diseñadores utilizan ampliamente (Naiyapo & Jumpamule, 2019). Cabe señalar otro aspecto

destacado, que las aplicaciones de control, se han basado, durante estos últimos años sobre plataformas propietarias (PLC), o sobre arquitecturas basadas en procesadores (microcontroladores). La convergencia con comunes digitales como la propia Internet, Linux, protocolos y sistemas abiertos definen un escenario de cambio aún más revolucionario, cuyo conocimiento también es requerido por el ingeniero.

EtherCAT (Ethernet for Control of Control of Automation Technology, Ethernet para Control de Tecnología de Control de Automatización en castellano) es un sistema de bus de campo basado en Ethernet, inventado por Beckhoff Automation, adecuado para requisitos de tiempo real tanto de hardware como software en tecnología de automatización (Sridevi, Saligram, & Nattarasu, 2019). Se considera el estudio realizado por Yi & Choi, donde presentan el rendimiento de la técnica de sincronización basada en Linux, como consecuencia de este trabajo, se obtiene que es confiable y estable, los resultados indican que DC (Distributed Clock, Reloj Distribuido en castellano) son buenos, en general DC es capaz de admitir aplicaciones que requieren sincronización distribuida en el sistema operativo LINUX para ejemplos prácticos como control de movimiento y CNC (Yi & Choi, 2015). Según el estudio realizado en (Blesa et al., 2015) plantea un sistema de una máquina herramienta, donde el controlador es una PC industrial con sistema operativo Linux, extensión de tiempo real RTAI (Real Time Application Interface for Linux, Interfaz de aplicación en tiempo real para Linux en castellano), servomotores conectados a Input/Output digitales, etc. Siendo el protocolo implementado EtherCAT (Yi & Choi, 2015). Para llevar a cabo el despliegue del mencionado sistema con estándares y sistemas abiertos, se sugiere que el ingeniero debe contar con conocimientos como: sistemas de tiempo real, Kernel de Linux, I/O Linux drivers o del protocolo de Ethernet, programación con Threads, Arquitectura EtherCAT, entre otros.

2.2 Conectividad en la Industria 4.0

La mayor importancia de revolución en la industria 4.0 es su conectividad como los sistemas de información propios y externos de la factoría. Los pilares sobre los que descansa la Industria 4.0 son los CPSs (Cyber-Physical Systems, Sistemas Ciberfísicos en castellanos) y IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas en castellano), que dan lugar a la industria conectada (Forschungsunion, 2013). Los medios de comunicación guiados y no guiados y la informática en la industria moderna, permite operar grandes cantidades de datos desde y hacia los diversos dispositivos tales como máquinas y celdas.

IoT se define por la interconexión de objetos en la red y actualmente tiene un crecimiento que sigue una ley exponencial. Por lo tanto, el volumen de datos que genera el conjunto de objetos estos pueden provenir de varias fuentes diferentes, como sistemas de transacciones comerciales, bases de datos de clientes, aplicaciones móviles, sitios web, datos generados por máquinas y sensores de datos en tiempo real, también crece de forma exponencial dando lugar al llamado Big Data, donde permite almacenar, procesar y analizar gracias a las capacidades computacionales y las técnicas de análisis de datos. Los datos en un sistema Big Data tendrán que atravesar cuatro fases, estos son: Data Origin Identification, Data Acquisition and Cleansing, Data Aggregation and Storage y Data Analysis descritas en (Juneja & Das, 2019).

Existe un gran interés en los paradigmas Smart Manufacturing con Cloud Computing, donde las tecnologías de Cloud Computing son compatibles con los sistemas de nivel de Enterprise Resource Planning (ERP) y " Cloud Manufacturing" donde se expone las diversas funcionalidades del sistema del entorno de fabricación como servicio para los usuarios (Alexakos & Kalogeras, 2017). La clave principal para llevar a cabo Smart Manufacturing en la nube es permitir la integración vertical de todos los sistemas en las fábricas y la coordinación automática de los procesos de producción logrando resolver, por ejemplo, cuellos de botella que son producto de los procesos de fabricación.

3. Planes de estudio

La duración de los estudios de las carreras de ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana son de 8 periodos estas carreras se presentan en la siguiente lista:

Ingeniera en Eléctrica: los profesionales en esta área son capaces de dar solución a las necesidades energéticas de la industria, del sector residencial y de las áreas de distribución, transmisión y generación de energía.

Ingeniería en Telecomunicaciones: son profesionales capaces de realizar diversos ámbitos como: diseñar, analizar, implementar, explotar y gestionar un sistema, componente o proceso en el ámbito de la ingeniería y los servicios de telecomunicaciones.

Ingeniería en Mecatrónica: es una carrera que forma profesionales con la capacidad de integrar sistemas mecatrónicos permitiendo automatizar procesos industriales, favoreciendo los diferentes sectores productivos del país.

Ingeniería en Computación: forma ingenieros capaces de liderar, innovar y desarrollar respuestas tecnológicas con el uso de las TIC.

A continuación, se presenta un análisis de la distribución de materias de la carrera de ingeniería Electrónica y Automatización que permite concluir lo siguiente:

3.1 Formación Básica

Se suele distribuir en asignaturas semestrales de 20 materias con una duración de dos años y horas de aprendizaje contacto docente de 1152 horas, aprendizaje practico experimental de 336 horas y aprendizaje autónomo de 1392 horas. La procedencia del alumnado que ingresa está compuesta por varias ramas de bachillerato, módulos de formación profesional. Por lo tanto, el nivel es disparejo, en mucho de los casos dificulta la labor del profesor y en consecuencia el proceso de aprendizaje del estudiante. La figura 3 expone el número total de 520 horas para las siguientes asignaturas: Programación (de 2 Nivel), Programación Orientada a Objetos (de 3 nivel) y Métodos numéricos (de 4 Nivel), estas materias están orientadas al campo de la programación en diferentes tipos de ID de programación.

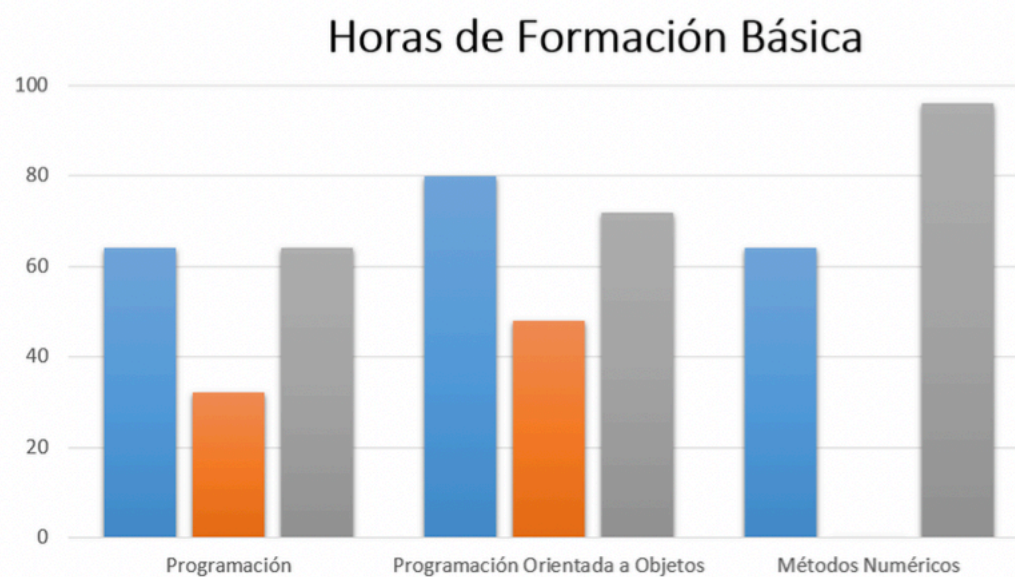


Figura 3. Horas de Formación Básica. En color azul Aprendizaje Contacto Docente, en naranja Aprendizaje Practico Experimental y en gris Aprendizaje Autónomo.

3.2 Formación Profesional

Las asignaturas de especialidad están conformadas por 13 materias atendiendo a múltiples disciplinas, en constante evolución según el plan de estudios podríamos destacar las siguientes:

Asignaturas de Quinto nivel: Maquinas Eléctricas, Sistemas digitales I y Diseño Electrónico, Asignaturas de Sexto nivel: Automatización Industrial I, Teoría de Control I, Sistemas Digitales II, Instrumentación Industrial y Electrónica de Potencia.

Asignaturas de Séptimo Nivel: Automatización Industrial II, Procesamiento Digital de Señales, Teoría de control II y Redes de computadoras. Además, el estudiante podrá realizar prácticas pre profesionales con Horas de Aprendizaje Práctico Curricular Experimental de 240 horas. Donde podrá transformar la materia prima en productos con valor agregado. Implementando nuevas tecnologías para optimizar los procesos industriales.

Asignaturas de Octavo Nivel: Redes Industriales y SCADA.

La figura 4 presenta las materias con un total de 1440 horas que se suelen impartir, desde el 3 año de la carrera, siendo asignaturas de fundamentos tecnológicos, sentando las bases de las asignaturas que el futuro ingeniero necesitará para su desempeño profesional. El titulado podrá abarcar en profundidad dichas materias durante el periodo de clases proyectado.

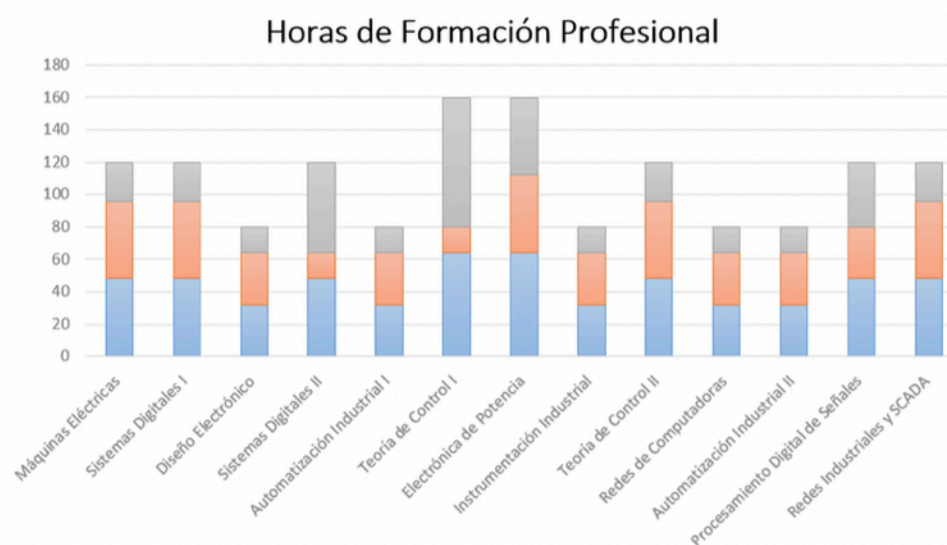


Figura 4. Horas de Formación Profesional. En color azul Aprendizaje Contacto Docente, en naranja Aprendizaje Practico Experimental y en gris Aprendizaje Autónomo. La muestra se ha elegido con la finalidad de reflejar los horarios de aprendizaje del futuro profesional.

3.3 Formación de Itinerario

El estudiante dispone tan solo de dos cursos académicos de Octavo nivel como: Inteligencia Artificial y Robótica para conocer e implementar tecnologías que deriven de las anteriores que se puede observar el horario de aprendizaje en la figura 5. Cabe señalar que el alumnado en este nivel cuenta con la integración Curricular con Horas

de Aprendizaje Práctico Curricular Experimental de 240 horas permitiendo el contacto con industrias.

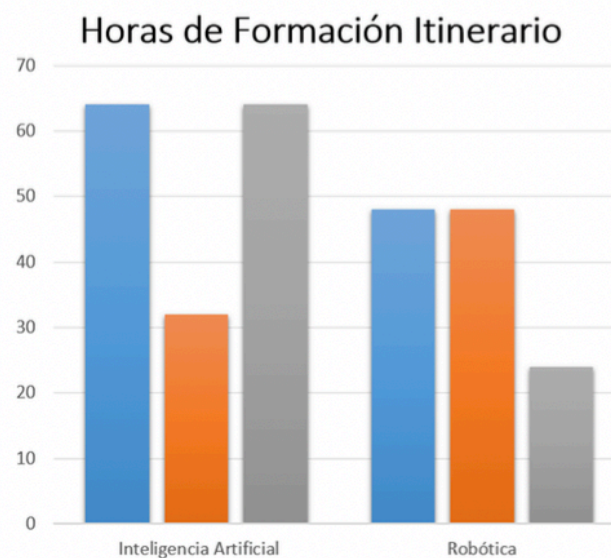


Figura 5. Horas de Formación Itinerario. En color azul Aprendizaje Contacto Docente, en naranja Aprendizaje Practico Experimental y en gris Aprendizaje Autónomo. La muestra se ha elegido con la finalidad de reflejar los horarios de aprendizaje del futuro profesional.

Las limitaciones de este análisis, en la actualidad, los ingenieros titulados tienen un cierto conocimiento limitado en materias optativas necesarias para la industria 4.0, como consecuencia a ellos se proponen alternativas que permitan introducir contenidos como: ingeniería de software, programación orientada a componentes, redes informáticas, etc. Seguidamente se presentará una propuesta que permita incorporar o actualizar estos contenidos en los planes de estudio específicamente en materias optativas (Itinerario).

4. Propuesta de asignaturas para la Industria 4.0 en carreras de ingeniería

4.1 Asignaturas optativas

El siguiente trabajo se presenta materias o asignaturas optativas siendo una buena opción en los planes de estudio donde los futuros titulados adquieran una formación introductoria en el ámbito más informático que forma parte de la base sólida de las tecnologías utilizadas en la nueva revolución de la Industria 4.0 algunos ejemplos son:

Redes informáticas: definido por el modelo TCP/IP (se habla de cuatro capas) y arquitectura de redes, con la ayuda de internet facilitaran la interconexión.

Programación Concurrente y en Tiempo Real: Se hace énfasis en los sistemas distribuidos y en el modelo CSP. Se introduce el criterio de corrección para sistemas de tiempo real.

Programación orientada a eventos: es un paradigma de programación donde la estructura y ejecución de los programas se determinan por las acciones que ocurren en el sistema, siendo definidos por el usuario o por el sistema.

Simulación: La acreditación del software Arena por Rockwell Automation permite modelar procesos con Big Data, este software permite realizar simulación y automatización de eventos discretos desarrollado por Systems Modeling. Arena puede integrarse con las tecnologías de Microsoft incluyendo Visual Basic para que los modelos puedan automatizarse, además de modelado y sistemas de colas (Kaid, Dabwan, & Al-Ahmari, 2018).

4.2 Asignaturas de especialidad

Algunas materias de especialidad podrían ser tomadas en cuenta para actualizar los contenidos de las existentes, de tal forma que consideren las carencias que el titulado llegaría a tener en el campo laboral como han sido indicadas anteriormente. Ejemplos de estas materias son:

Microprocesadores: bajo el contexto de la industria 4.0 las máquinas como los productos cualquier catálogo actual de los fabricantes están desarrollando dispositivos de 16, 32, 64 bits, con los cuales tendrán habilidades (3C) de cómputo, comunicación y control, que soportan diversos sistemas operativos entre el más destacado como Linux que acepta conexión a redes TCP/IP. La innovación de estos microprocesadores está en la base del progreso tecnológico. Un claro ejemplo es la aparición de Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida de bajo costo, con el objetivo de estimular la enseñanza de informática.

Comunicaciones: con el aumento de la conectividad y el uso de comunicación estándar clásicos (CAN, PROFIBUS), nace la necesidad de proteger los sistemas industriales y líneas de fabricación, por lo tanto, el ingeniero debe conocer los sistemas basados en nuevos estándares abiertos que permitan comunicaciones seguras y fiables, así como sofisticados como el mencionado anteriormente EtherCAT.

Automatización: Además del uso clásico del estándar de programación IEC 61131 que utiliza los PLCs, el ingeniero debe estar familiarizado con nuevos estándares como IEC 61499 que permite diseñar Sistemas Ciber Físicos de Producción (CPPS acrónimo de Cyber Physical Production System) están constituidos por dispositivos industriales

de control y cuentan con capacidad de computación y comunicación local y remota. Por otra parte, este estándar promueve el desarrollo para sistemas de control distribuidos facilitando la adquisición y el procesamiento de datos a nivel de sensores y actuadores.

Con la lista expuesta de las asignaturas los ingenieros tendrán las herramientas necesarias que permitan dirigir procesos de transformación empresarial hacia la denominada industria 4.0. Cabe recalcar que también dependerán de otros elementos, entorno económico en el campo industrial, políticas y sobre todo a empresas con años de antigüedad y estructuras organizativas pasadas que deben adaptar su organización y sobre todo su estrategia a este nuevo entorno de revolución industrial.

4.3 Laboratorios de Ingeniería

La Universidad Politécnica Salesiana, con el fin de seguir manteniendo la calidad académica de los futuros ingenieros y mejorar los procesos de aprendizaje, se encuentra equipado con diversos laboratorios del Área de ingeniería laboratorio de: Maquinas eléctricas, Automatización Industrial, Robótica, Redes de Computadoras, CNC, Instrumentación, etc. Los laboratorios aumentan la capacidad tecnológica de la UPS y pone a disposición de estudiantes y profesores, por lo tanto, permite unificar la propuesta al Sistema de Control Distribuido (DSC) y automatización en fábricas sin ningún inconveniente.

Actualmente la UPS en sus laboratorios de automatización posee el nuevo autómatas programable SIMATIC S7-1500 CPU 1516-3PN/DP de SIEMENS (Card & Principios, 2013), es el perfeccionamiento de sus antecesores S7-300 Y S7-400 en el campo de aplicaciones ofrece la flexibilidad y el rendimiento necesario para el elevado ancho de banda de aplicaciones de control de la construcción de instalaciones y máquinas. Mantiene las funciones probadas como el lenguaje de programación STEP 7. El sistema de automatización S7-1500 está homologado para el tipo de protección IP20 y para el montaje en un armario eléctrico. La configuración e instalación del S7-1500 se monta en un perfil de soporte y puede estar compuesto de un máximo de 32 módulos. Conectados estos módulos entre sí mediante conectores U. Las principales características del módulo central S7-1500 CPU 1516-3PN/DP son: Memoria de trabajo para datos 5Mbytes, Memoria de trabajo para código 1Mbyte, interfaces 2 x PROFINET y 1 x PROFIBUS, 3 puertos PROFINET, servidor web soportado y modo isócrona soportado y además para seguir abordando nuevas alternativas en el campo educativo, tecnológico y científico de nuestros estudiantes,

docentes e investigadores el SIMATIC IoT 2040 (Pcr & Kit, 2012) se incorporó en los laboratorios, donde puede construir una solución rentable y fácil de actualizar, facilitando la realización de conceptos de producción orientados al futuro en sistemas ya existentes, sus principales características son: procesador Intel Quark X1020, Configuración de Hardware posee free slots 1x Arduino, 1x mPCIe para ampliar sus prestaciones, interfaces posee 2 interfaces Ethernet industriales (RJ45), interface serial 2 puertos COM (RS 232, RS 485), grado de protección IP20, tipo de tensión de alimentación 24 V DC (9 ... 36 V) y memoria de 1GB RAM.

Para validar el funcionamiento del autómatas S7-1500 en los laboratorios de automatización se realizaron las pruebas con 10 autómatas, en primera instancia se programó el S7-1500 mediante STEP 7 que permita la lectura de voltaje $\pm 10V$ del último puerto analógico de ocho puertos que posee y se configuró la última salida analógica de voltaje $\pm 10V$ de 4 puerto, además, los convertidores SCALE_ X "Scale" y NORM_X "Normalize" fueron utilizados en la programación para escalar valores analógicos, cabe señalar que el convertidor ADC (Convertidor Analógico Digital) y DAC (Convertidor Digital Analógico) la resolución es de 16 bits incluido signo en los dos casos. Se utilizó un potenciómetro como divisor de tensión que permita variar la tensión de una fuente VDC entre $\pm 10V$ y finalmente se comprobó la salida analógica con un multímetro configurado para medir voltaje de corriente directa dando un valor de voltaje de 4.41 Vdc como se ilustra en la figura 6.

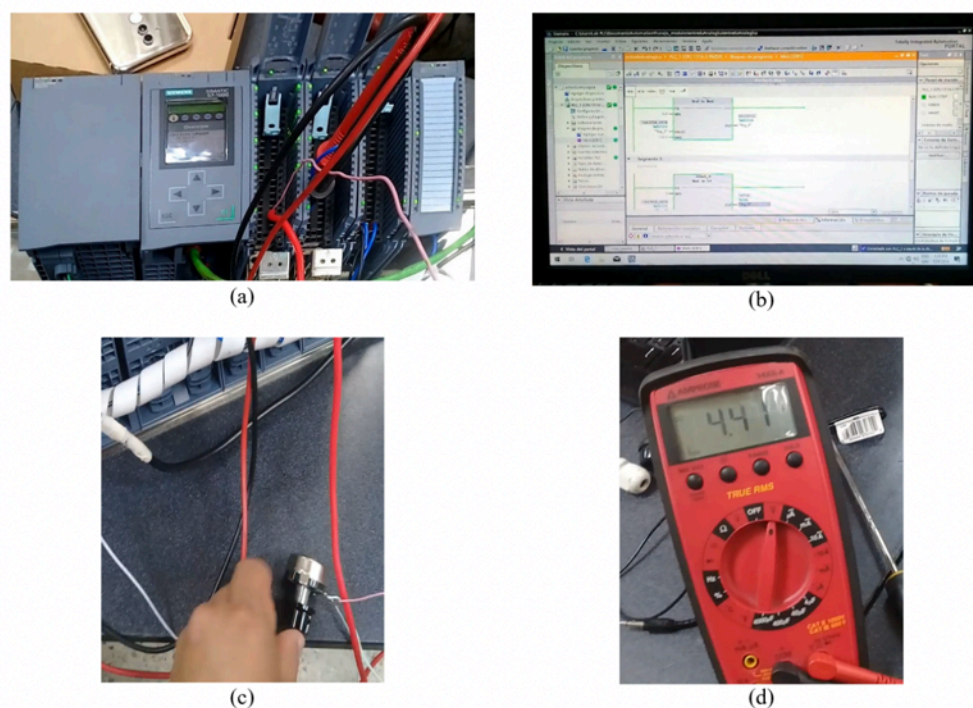


Figura 6. Equipos de laboratorio: (a) S7-1500 CPU 1516-3PN/DP (b) lenguaje de programación STEP 7 (c) Potenciómetro (d) Multímetro.

Fuente: Elaboración propia. Laboratorio de Automatización UPS-Cuenca.

Se propone el uso del autómatas NJ101 de Omron (Thanh, 2017), en los laboratorios por sus características como: procesador intel Atom 1.6 GHz de 2 núcleos, Texto estructurado (ST) y bloques de función PLCOpen para Motion Control, sincronización de todos los dispositivos EtherCAT, con sensores de visión, servoaccionamientos y dispositivos de campo, con el PLC y los motores de movimiento, es un dispositivo utilizado en las nuevas industrias y laboratorios de las universidades. El uso de sistemas para monitoreo y control de máquinas y procesos de automatización para las industrias exige versatilidad y escalabilidad para conectarse a una gran cantidad de tecnologías abiertas RSVIEW®32™ es un HMI Integrada basada en componentes para monitorear y controlar máquinas y procesos de automatización que es propuesto para el uso en laboratorios de la universidad este sistema está diseñado para entornos de Microsoft Windows el software interactúa con productos de Rockwell, Microsoft y otras ofertas de terceros (Lakshmi, Sangeetha, Naveenkumar, Ganesh, & Bharathi, 2012). Finalmente se proponen el uso alternativo de la plataforma de General Electric, el software CIMPLICITY proporciona una visualización y un control reales de cliente-servidor. Siendo la HMI y SCADA elegida por las organizaciones más grandes del mundo (Wan, Li, & Feng, 2016).

5. Conclusiones

La industria de manufactura está realizando algunos cambios tecnológicos de la información y comunicaciones, estos términos son los pilares principales de la industria 4.0 como Internet de las cosas (IoT), Big Data, entre otros.

Los paradigmas Agile Manufacturing o Cloud Manufacturing; siendo estos agrupados y denominado Industria 4.0. Es donde los ingenieros titulados van a desempeñar en este ensayo durante los próximos años, en el presente trabajo se han llevado a cabo análisis de un conjunto de planes de estudio de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización, comprobando que se podría actualizar dichos planes de estudio para que estos titulados adquieran los conocimientos informáticos necesarios para implementar en las fábricas.

Dentro de este trabajo, se han propuesto varios cambios en las materias optativas y obligatorias de las carreras de ingeniería que creemos convenientes para estar orientados y dar una correcta respuesta al escenario proyectado. Además de un sistema propuesto que se integra a la industria 4.0, siendo el estándar IEC 61499 un modelo de ejecución basado en eventos que propone una arquitectura basada en

modelos para representar cada uno de los elementos que conforman un Sistema de Control Distribuido (DSC).

La investigación realizada, pretende establecer un debate de los actuales y futuros sistemas como automatización y control además de los laboratorios, dónde, se impondrán en las actividades de los catedráticos de la UPS.

El ensayo de lectura del puerto analógico y salida analógica propuesto para el autómatas S7-1500 que posee el laboratorio de automatización de la Universidad Politécnica Salesiana como validación demuestran que fueron correctas sus mediciones de tensión en STEP 7 como en el multímetro al tener 16 bits como ADC y DAC tiene mayor resolución y es un equipo amigable con el usuario permitiendo establecer una fácil programación soportado por SIEMENS.

Como trabajo futuro se pretende: aumentar el número de lecturas analógicas mediante el autómatas S7-1500, así como, utilizar el IoT 2040 publicando datos censados en el servidor web soportado por SIEMENS. Adicionalmente, se pretende desarrollar una aplicación móvil Android para visualizar los datos censados por el autómatas y recibo de notificaciones push al detectar anomalías en las lecturas censadas.

Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador por ser financiado parcialmente.

Referencias:

Alexakos, C., & Kalogeras, A. (2017). Exposing MES functionalities as enabler for cloud manufacturing. IEEE International Workshop on Factory Communication Systems - Proceedings, WFCS. <https://doi.org/10.1109/WFCS.2017.7991966>

Alpala, L. O., Alemany, M. del M. E., Peluffo-Ordoñez, D. H., Bolaños, F., Rosero, A. M., & Torres, J. C. (2018). Methodology for the design and simulation of industrial facilities and production systems based on a modular approach in an “industry 4.0” context •. DYNA (Colombia), 85(207), 243–252. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.68545>

Andrade, A., Martín, M., Luna, C., Ángel, M., Rivera, L., & Jacob, J. (2018). Peruanas, (July), 19–21.

Arrieta, E. (2017). Diez empresas que lideran la Industria 4.0. Retrieved May 13, 2020, from <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/11/08/59f8a85922601d1b458b4618.html>

Blesa, A., Catalán, C., Serna, F., Colom, J. M., Larrea, C., & Rams, J. M. (2015). Function blocks for the design of control applications based on EtherCAT fieldbus. Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology, 2015-June(June), 1876–1883. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2015.7125370>

Card, S. M., & Principios, C. P. U. (2013). S7-1500 Sistema de automatización, 1–214.

Catalán, C., Serna, F., & Blesa, A. (2015). Industria 4.0 en el Grado de Ingeniería Electrónica y Automática, 327–332.

Du, H., Liu, D., & Wang, C. (2019). An Integrated Scheduling Strategy in Dynamic Scheduling of Manufacturing Execution System. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019-Decem, 1889–1894. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607465>

Esengün, M., & İnce, G. (2018). The Role of Augmented Reality in the Age of Industry 4.0, 201–215. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_12

Forschungsunion. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, (April), 1–116. Retrieved from papers3://publication/uuid/652D1AAF-E7CE-4EB5-A658-D19F345CD333

Gong, C. (2009). Human-machine interface: Design principles of visual information in human-machine interface design. 2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, IHMSC 2009, 2, 262–265. <https://doi.org/10.1109/IHMSC.2009.189>

Griffiths, F., & Ooi, M. (2018). The fourth industrial revolution - Industry 4.0 and IoT [Trends in Future I and M]. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, 21(6), 29–43. <https://doi.org/10.1109/MIM.2018.8573590>

Guo, L., Wang, M., Ruan, C., Lin, T. Y., Yang, C., Wei, L., ... Xiao, Y. (2017). A cloud simulation based environment for multi-disciplinary collaborative simulation and optimization. Proceedings of the 2017 IEEE 21st International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2017, 445–450. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2017.8066735>

Harald, R., Eleftheriadis, R., & Lodgaard, E. (2019). Advanced Manufacturing and Automation VIII (Vol. 484). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2375-1>

Hu, Z., Mukhin, V., Kornaga, Y., Herasymenko, O., & Mostoviy, Y. (2019). The Analytical Model for Distributed Computer System Parameters Control Based on Multi-factoring Estimations. *Journal of Network and Systems Management*, 27(2), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10922-018-9468-x>

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>

Juneja, A., & Das, N. N. (2019). Big Data Quality Framework: Pre-Processing Data in Weather Monitoring Application. *Proceedings of the International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing: Trends, Perspectives and Prospects, COMITCon 2019*, 559–563. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862267>

Kaid, H., Dabwan, A., & Al-Ahmari, A. (2018). Modeling and simulation of queuing systems using stochastic Petri net and Arena software: A case study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018-March, 1303–1315.

Kim, J., Park, J., & Chung, W. (2018). Self-diagnosis of localization status for autonomous mobile robots. *Sensors (Switzerland)*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/s18093168>

Lakhoua, M. N. (2019). Cyber Security of SCADA Network in Thermal Power Plants. *2018 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking, SmartNets 2018*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/SMARTNETS.2018.8707398>

Lakshmi, A., Sangeetha, B., Naveenkumar, A., Ganesh, B., & Bharathi, N. (2012). Experimental validation of PID based cascade control system through SCADA-PLC-OPC interface. *2012 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2012*, 10–13. <https://doi.org/10.1109/ICCCI.2012.6158893>

Lima-Monteiro, P., Parreira-Rocha, M., Rocha, A. D., & Oliveira, J. B. (2017). Big data analysis to ease interconnectivity in industry 4.0—A smart factory perspective. *Studies in Computational Intelligence*, 694, 237–245. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51100-9_21

Macoir, N., Bauwens, J., Jooris, B., Van Herbruggen, B., Rossey, J., Hoebeke, J., & De Poorter, E. (2019). UWB localization with battery-powered wireless backbone for drone-based inventory management. *Sensors (Switzerland)*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/s19030467>

Meyer, O., Rauhoeft, G., Henkel, C., & Cala, A. (2017). A harmonized approach for constructing a robust and efficient technology backbone for agile manufacturing systems. Proceedings - 2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2017, 1111–1116. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2017.8104929>

Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 78(November 2018), 218–235. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007>

Naiyapo, W., & Jumpamule, W. (2019). An event driven approach to create UML models. 2018 22nd International Computer Science and Engineering Conference, ICSEC 2018, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSEC.2018.8712621>

Olalde Azkorreta, K., & Olmedo Rodríguez, H. (2014). Augmented reality applications in the engineering environment. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 8524 LNCS(PART 2), 83–90. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07485-6_9

Pcr, A., & Kit, L. (2012). Data Sheet Data Sheet. 고생물학회지, (September 2004), 0–1. Retrieved from http://www.papersearch.net/view/detail.asp?detail_key=10000715

Pérez, L., Rodríguez, Í., Rodríguez, N., Usamentiaga, R., & García, D. F. (2016). Robot guidance using machine vision techniques in industrial environments: A comparative review. Sensors (Switzerland), 16(3). <https://doi.org/10.3390/s16030335>

Pierdicca, R., Frontoni, E., Pollini, R., Trani, M., & Verdini, L. (2017). The use of augmented reality glasses for the application in industry 4.0. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10324 LNCS, 389–401. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_30

Rosienkiewicz, M., Gabka, J., Helman, J., Kowalski, A., & Susz, S. (2018). Additive manufacturing technologies cost calculation as a crucial factor in industry 4.0. Lecture Notes in Mechanical Engineering, (201519), 171–183. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68619-6_17

Schneider, C., Zoitl, A., Christensen, J. H., Steininger, H., & Fritsche, J. (2008). Considering IEC 61131-3 and IEC 61499 in the context of component frameworks. IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), (i), 277–282. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2008.4618109>

Santos, A. A., Silva, A. F., De Sousa, M., & Magalhaes, P. (2018). An IEC 61499 Replication for Distributed Control Applications. Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2018, 362–367. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8471958>

Serpanos, D., & Wolf, M. (2017). Internet-of-things (IoT) systems: Architectures, algorithms, methodologies. Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69715-4>

Socarrás, H. E., & Santana, I. (2019). Ciberseguridad del Sistema de Control Industrial de la Planta Cloro-Sosa ELQUIM. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (32), 83–96. <https://doi.org/10.17013/risti.32.83-96>

Sridevi, G., Saligram, A., & Nattarasu, V. (2019). Effective Protocols for Industrial Communication. Lecture Notes in Electrical Engineering (Vol. 545). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5802-9_94

Sztipanovits, J., Bapty, T., Koutsoukos, X., Lattmann, Z., Neema, S., & Jackson, E. (2018). Model and Tool Integration Platforms for Cyber-Physical System Design. Proceedings of the IEEE, 106(9), 1501–1526. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2838530>

Thames, L., & Schaefer, D. (2017). Cybersecurity for industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing. Springer Series in Advanced Manufacturing. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2012.03.011>

Thanh, B. Van. (2017). Proactive Maintenance Solution for Industrial Robots.

Tourlas, K. (1997). An Assessment of the IEC 1131-3 Standard on Languages for Programmable Controllers. Safe Comp 97, (Ld), 210–219. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0997-6_17

Wan, C., Li, J., & Feng, L. (2016). Research on RPLS soft-measuring project realization of cement clinker f-CaO. Proceedings of the 28th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2016, 4755–4759. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2016.7531844>

Yi, H. C., & Choi, J. Y. (2015). Performance analysis of Linux-based EtherCAT DC synchronization. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM, 2015-Augus, 549–552. <https://doi.org/10.1109/AIM.2015.7222592>

Yu, S., Park, K., & Park, Y. (2019). A Secure Lightweight Three-Factor Authentication Scheme for IoT in Cloud Computing Environment. Sensors, 19(16), 3598. <https://doi.org/10.3390/s19163598>

Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., Li, B. H., Ren, L., Zhang, X., ... Liu, Y. (2014). Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm. *Enterprise Information Systems*, 8(2), 167–187. <https://doi.org/10.1080/17517575.2012.683812>

Palabras Claves

Industria 4.0,
tecnología,
rendimiento empresarial,
internacionalización,
análisis empírico

CAPÍTULO 3

EL PAPEL DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA ESTRATEGIA DE INTERNACIONALIZACIÓN Y RENDIMIENTO EMPRESARIAL

Omar Alexánder León García

Unipanamericana Compensar Fundación Universitaria

Colombia

Sobre el Autor:



Omar Alexander León García: PhD en Ingeniería por Mondragón Unibersitatea– País Vasco. Máster en Gestión de las Tecnologías de la información y comunicación- Escuela de Organización Industrial de Madrid. Ingeniero de producción Universidad EAN. Licenciado en electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional. Docente investigador en facultad de ingeniería y perteneciente al grupo de investigación GIIS. Unipanamericana Compensar, Fundación Universitaria. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5554-8215>

Correspondencia: omarleon@unipanamericana.edu.co

Resumen:

Las tecnologías de la industria 4.0, en su apuesta por mejorar e innovar las estrategias y actividades productivas de la empresa, se han convertido en un tema de alto interés académico y empresarial. Sin embargo, hace falta evidencia empírica que explique cómo estas tecnologías representan un progreso significativo en los procesos organizacionales y que afirmen su impacto en el rendimiento empresarial. En este sentido, este estudio analiza la relación entre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 con la estrategia de internacionalización y el rendimiento empresarial. A través de un estudio con 184 empresas de la ciudad de Bogotá-Colombia, se realizaron diferentes análisis de acuerdo con el objetivo de investigación planteado para evaluar los efectos de las variables determinadas. Se evidencia que las empresas con un mayor grado de uso de tecnologías de la industria 4.0 presentan un mayor grado de actividad internacional. Así mismo, mediante un análisis de correlación canónica se demuestra la importancia de implementar estas tecnologías para mejorar el rendimiento empresarial.

Palabras Claves: Industria 4.0, tecnología, rendimiento empresarial, internacionalización, análisis empírico

The role of Industry 4.0 in the internationalization strategy and business performance Abstract

The industry 4.0 technologies, in their commitment to improve and innovate the strategies and productive activities of the company, have become a subject of high academic and business interest. However, empirical evidence is needed to explain how these technologies represent significant progress in organizational processes and to affirm their impact on business performance. In this sense, this study analyzes the relationship between the use of industry 4.0 technologies with the internationalization strategy and business performance. Through a study with 184 companies in the Bogotá city, different analyzes were performed according to the research objective to evaluate the effects of the determined variables. It is evident that companies with a greater degree of use of industry 4.0 technologies have a greater degree of international activity. Likewise, through a canonical correlation analysis, the importance of implementing these technologies to improve business performance is demonstrated.

Keywords: Industry 4.0, technology, business performance, internationalization, empirical analysis

Introducción

Actualmente el mundo se encuentra en el umbral de una nueva era de tecnología, la cual viene impulsando una cuarta revolución industrial conocida como industria 4.0. Esta revolución anuncia cambios drásticos en la producción de productos y es necesaria para sobrevivir a la próxima generación de fabricación industrial. La industria 4.0 se desarrolla mediante una combinación de varias tecnologías digitales de última generación utilizadas en la construcción, adquisición, diseño y desarrollo de productos y servicios, y tiene como objetivo aumentar la eficiencia de la producción y la reducción de costos (Hamada, 2019) y tendrá un efecto fundamental en la economía de los países desarrollados a través de una era completamente nueva de industrias automatizadas (Chung y Kim, 2016).

De acuerdo con Dalenogare et al. (2018), las empresas que desean iniciar un proceso de digitalización hacia la Industria 4.0 primero deben pensar, antes de implementar cualquier tecnología, en cuáles son sus objetivos estratégicos; si es una empresa con un enfoque en la diferenciación deberían priorizar la implementación de aquellas tecnologías asociadas al desarrollo de producto, mientras que las empresas que se centran en el bajo costo, la productividad o la flexibilidad operativa, deben enfocarse en aquellas tecnologías de fabricación. Esta consideración reafirma que la implementación de estas tecnologías sigue siendo un desafío para las empresas, ya que no es claro su fin y aún es bajo su nivel de adopción por la poca claridad en sus implicaciones para las empresas manufactureras (Frank, Dalenogare, y Ayala, 2019).

Aunque es conocida la contribución de la tecnología en los procesos organizacionales, esta ha sido analizada en la mayoría de los estudios desde una perspectiva teórica en cuanto a la inversión que deben hacer las empresas en este recurso, es decir, las empresas deben invertir en tecnologías para incrementar su productividad debido a que el mercado lo está solicitando o porque la competencia ya lo está haciendo. Así mismo, algunas empresas no tienen claro el verdadero efecto que tienen estas tecnologías dentro de la organización, por tal razón, el hecho de realizar estudios para cuantificar su impacto sobre los procesos empresariales es fundamental para analizar sus potencialidades, retos y también proponer metodologías para su

adecuada implementación. Además, no es frecuente encontrar trabajos empíricos que a partir de técnicas cuantitativas estudien la relación entre la adopción de estas tecnologías con los procesos y estrategias organizacionales.

En este documento se examina la relación entre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 con dos aspectos considerados importantes desde la revisión bibliográfica, la internacionalización y el rendimiento empresarial. Debido a que la evidencia teórica sugiere que el uso de estas tecnologías permite que las empresas se expandan a nuevos mercados internacionales y se vean beneficiadas en su rendimiento internacional, el análisis cuantitativo permite corroborar y afianzar estos planteamientos.

Industria 4.0 y la internacionalización

Siendo la internacionalización la oportunidad en la cual las empresas se proyectan en forma total o parcial en un entorno mundial y en diferentes flujos comerciales, la influencia de la tecnología sobre este proceso puede facilitar a las pequeñas y medianas empresas la facultad exportadora y favorecer el desarrollo de operaciones de comercio exterior que anteriormente solo podían realizar las empresas multinacionales. En este sentido, el desarrollo dinámico de la industria 4.0 es el resultado de algunos procesos de internacionalización a nivel global (Łupicka y Grzybowska, 2018), lo cual ha permitido a las empresas llegar a nuevos mercados internacionales, ofreciendo beneficios en eficiencia, ahorro de tiempos y gastos de desplazamiento, siendo un intermediario de comunicación más eficaz, facilitando la construcción de relaciones y brindando alternativas de negociación (Plattform Industrie 4.0, 2015).

Corò, Pejčić, y Volpe (2017), agregan que existe una relación positiva entre tecnologías digitales y la apertura de mercados internacionales. Esto puede entenderse dado que las empresas pueden usar el capital de la tecnología para coordinar sus recursos y capacidades en diferentes mercados. Este capital puede permitir que las empresas operen en varios mercados simultáneamente (Ray, Xue, y Barney, 2013). A esto se suma que los costos de coordinar proveedores internacionales se están reduciendo enormemente para los compradores, mientras que los vendedores ahora pueden buscar y mantener clientes a nivel global (Roy y Sivakumar, 2007). De acuerdo con esto, Y. Liu y Ravichandran (2008) indican que estas tecnologías han

facilitado la expansión de las actividades comerciales en los mercados internacionales durante la última década.

La adopción de estas tecnologías puede apoyar a la empresa multinacional en su búsqueda de coordinar operaciones globales, difundir la innovación en todo el mundo o proporcionar un servicio integrado a un cliente corporativo global (H. Y. Liu y Hsu, 2011), y se asume que las empresas con actividad internacional necesitan más inversiones en tecnologías de la información para coordinar sus activos y operaciones a través de las fronteras del país en diferentes mercados internacionales (Roy y Sivakumar, 2007). La inversión en estas tecnologías favorece el uso de activos específicos de la empresa a través de las fronteras del país, lo que contribuye a un mejor desempeño en los aspectos relacionados con la internacionalización (Chari, Devaraj, y David, 2008). Así mismo, el uso de la tecnología ofrece a la empresa un mercado más amplio, contribuyendo a los canales de distribución y al servicio al cliente sin importar las distancias geográficas, facilitan el contacto de proveedores sin importar el lugar de origen y proporcionan mejoras en el procesamiento y almacenamiento de la información organizacional (Hall, Lotti, y Mairesse, 2013).

Industria 4.0 y rendimiento empresarial

El avance de las tecnologías de la industria 4.0 permitirá el desarrollo de fábricas inteligentes a través de la innovación en cada etapa de la cadena de valor (Matthyssens, 2019). Además, estos avances tecnológicos se han convertido en un ingrediente esencial para la supervivencia de las empresas, ya que mejoran sustancialmente las actividades en cada proceso de la organización para hacerlas más productivas y competitivas, mejorando ampliamente la eficiencia de los negocios y brindándoles oportunidades en diferentes campos, como su alto potencial en la creación de productos inteligentes (Schmidt et al., 2015). A esto se suma que elementos como el Big Data, Internet de las cosas y la fábrica inteligente, tienen un papel positivo en el rendimiento empresarial sostenible de las empresas (Haseeb et al., 2019).

El desarrollo de la industria 4.0 se basa en los requisitos de clientes cada vez más individualizados y nace con la idea de ser un soporte digital integrado del ciclo de vida completo del producto desde la etapa de desarrollo hasta los procesos de fabricación, reciclaje y los servicios relacionados con el cliente (Bauer et al., 2018). En este ciclo, la

disponibilidad de la información es fundamental a través de la red de entidades involucradas para optimizar la creación de valor en cualquier momento (Plattform Industrie 4.0, 2015) dado su alto impacto en los procesos establecidos en la cadena de suministro y su consecuente impacto en la productividad.

Estas tecnologías se han desarrollado inicialmente en aspectos como la impresión 3D, el Big data, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, etc., con las cuales se va generando un gran impacto de transformación en la industria de la manufactura y de servicios. También facilitan el análisis del consumidor, ofreciendo nuevas alternativas al hacer negocios y dando la capacidad a las empresas de adaptarse a los cambios en el mercado (Keramati y Behmanesh, 2010). En este contexto, se propone un nuevo modelo de gestión de negocio basado en la tecnología, en el cuál la información se procesa de manera eficaz y eficiente, atendiendo las necesidades de la cadena de valor desde el diseño del producto hasta el servicio al cliente e involucrando a todos los interesados en el ciclo de vida del producto. Con este avance se espera cumplir con una de las principales expectativas que ha tenido el uso de la tecnología en cuanto a la optimización de costes y la reducción de plazos, llegando a nuevos mercados externos y mitigando riesgos en las organizaciones (García, Lopez, y Epelde, 2018).

Finalmente, las empresas han convertido estas tecnologías en un recurso de gran influencia estratégica para el mejoramiento en el rendimiento empresarial, generando cambios en el aumento de su productividad y en su modelo de gestión (Plattform Industrie 4.0, 2015). Los estudios sobre la relación entre el uso de las tecnologías de la información y el rendimiento empresarial se han enfocado en comprender la llamada paradoja de Solow, en cuanto a que el uso de la tecnología ha sido visible en todos los aspectos de la empresa, menos en los resultados (Hall et al., 2013) y ha sido tratado durante varios años por otros autores (León, Igartua, y Ganzarain, 2018; Sandulli et al., 2012). De acuerdo a estos estudios resulta fundamental analizar cómo es el impacto de estas tecnologías en el rendimiento empresarial ya que es considerada la cuestión de mayor interés en el campo estratégico (Miller, 2004). Para esto se pretende determinar el tipo de relación que existe entre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 sobre el rendimiento empresarial.

Al respecto, este estudio se presenta como un campo de considerable interés tanto para la comunidad científica como para el mundo empresarial por el alto

impacto que puede tener sobre las empresas. En este sentido, el objetivo de este estudio es el de contribuir a la literatura al verificar empíricamente la influencia de las tecnologías de la industria 4.0 en el grado de internacionalización y en el rendimiento empresarial. De acuerdo con este objetivo se definen como hipótesis de estudio: Las empresas que presentan un mayor uso de tecnologías de la Industria 4.0 presentan un mayor nivel de internacionalización (H1) y Las empresas que presentan un mayor uso de tecnologías de la Industria 4.0 mejoran su rendimiento empresarial (H2).

Metodología:

Como se ha indicado anteriormente, esta investigación trata de profundizar en los conceptos de uso de las tecnologías de la industria 4.0 y los elementos de internacionalización y rendimiento empresarial. Para llevar a cabo este propósito se ha considerado como población objeto de estudio a las empresas que componen el tejido industrial de la ciudad de Bogotá. Para la recolección de la información se utilizó como fuente primaria el cuestionario estructurado. Una característica importante de este instrumento es que es autogestionado, ya que se proporcionó directamente a los participantes de la muestra, quienes lo contestaron marcando las respuestas ellos mismos sin necesidad de intermediario, lo que resulta adecuado para los propósitos de la investigación ya que es utilizado con frecuencia para la obtención de información de una sola vez a partir de una muestra de elementos de una población (Luke, 2012). Este instrumento ha sido dirigido a gerentes de empresas establecidas en la ciudad de Bogotá Colombia.

La muestra ha sido conformada de acuerdo con los índices de respuesta obtenidos y según las características definidas en la población, descartando aquellas empresas que, contestando al cuestionario, no cumplieran con dichas características. En total se recibieron 214 cuestionarios de los cuales se anularon 30 debido a que no fueron cumplimentados adecuadamente o que no cumplían con las características muestrales. Una vez excluidos los cuestionarios no validos la muestra final quedó compuesta por 184 empresas que respondieron el cuestionario presentado en formato físico o en línea (nivel de confianza del 95%, $pq = 0,50$: 7,2%). Cabe destacar que de la muestra obtenida el mayor porcentaje de participación fue del sector de otros servicios (25,1%), Información y comunicaciones (20%), Industrias manufacturas (14,5%) y actividades profesionales, científicas y técnicas (9,4%).

Medición de variables

La tabla 1 muestra cada una de las variables utilizadas en el estudio, su medición y estadísticos de validez.

Uso de Tecnologías de la Industria 4.0 (Ind_4)	Esta variable consiste en la media aritmética obtenida a partir de una escala Likert de cinco puntos sobre el nivel de uso de la empresa de las principales herramientas tecnológicas de la industria 4.0 seleccionadas (Impresión 3D, arquitectura cloud/cliente, Big data, máquinas inteligentes, realidad aumentada, pagos inalámbricos, IoT). Este tipo de medida se evidencia también en otros estudios (Stentoft et al., 2019; Türkeş et al., 2019). Alpha Cronbach (0,876) y KMO (0,843), (comunalidades superiores a 0,665).
Internacionalización	La variable de internacionalización ha sido medida utilizando un índice compuesto mediante el uso de dos indicadores; la intensidad de las operaciones en el extranjero (porcentaje de ventas externas sobre las ventas totales) y su alcance geográfico (número de países en los que opera la empresa). Esta medida ha sido valorada y utilizada en otros estudios (Chao y Kumar, 2010; Genc, Dayan, y Genc, 2019).
Rendimiento (Rend)	El rendimiento de la empresa se ha medido mediante la escala desarrollada por Schuh et al. (2014). Esta medición examina las dimensiones financieras y no financieras del rendimiento en la organización. Se utilizó una escala Likert de cinco puntos para evaluar el desempeño en los últimos años de la empresa. La utilización de esta medida es apropiada en este estudio debido a que son convenientes cuando se estudian empresas de pequeño y mediano tamaño ya que permiten una definición más amplia del rendimiento de la empresa (Khan, Khalique, y Nor, 2014). (Alpha de Cronbach 0,880, KMO 0,791 y comunalidades superiores a 0,645).
Control	Tamaño (Número de empleados), Edad (Años de actividad de la empresa)

Tabla 1: Descripción de las variables utilizadas

Debido a que los datos para este análisis se obtienen de una muestra, desde estos se sacan las conclusiones generales para toda la población de acuerdo con el grado de significancia y fiabilidad de los resultados. Este tipo de análisis de comprobación de hipótesis y análisis de parámetros están vinculados a la estadística inferencial (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010). Entre las técnicas utilizadas en este estudio está el coeficiente de correlación de Pearson el cual permite analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón y se calcula a partir de las puntuaciones obtenidas en una muestra de dos variables (Hernández et al., 2010). Este tipo de análisis ha sido complementado con el análisis de regresión lineal y el análisis de correlación canónica.

Análisis de regresión lineal

El análisis de la regresión lineal permite identificar la relación entre variables con la idea de establecer la mejor predicción o impacto en una variable dependiente (Hair JR et al., 2010). Para este estudio el MCO o mínimos cuadrados lineales es el nombre de un método estadístico para encontrar los parámetros poblacionales en un

modelo de regresión lineal. Este método minimiza la suma de las distancias verticales entre las respuestas observadas en la muestra y las respuestas del modelo

Análisis de correlación canónica (ACC)

El ACC puede ser una técnica multivariante adecuada para tratar los supuestos en los que la información está disponible a partir de un conjunto de variables que se pueden organizar en dos grupos, uno compuesto por variables explicativas (independientes) y el segundo por variables explicadas (dependientes). Las variables dependientes, como las independientes, pueden ser continuas o discretas. El objetivo de este tipo de análisis es estudiar las relaciones entre dos conjuntos de variables a partir de combinaciones lineales de las variables originales que presentan la máxima correlación entre sí (Quintana, Gallego, y Pascual, 2013). Similar al análisis de regresión, su objetivo es cuantificar la validez de la relación, para este caso entre los conjuntos de variables (dependientes e independientes) (Badii et al., 2007). Esta técnica es considerada como el método estadístico multivariante general en el que se basan la regresión múltiple y general, el ANOVA, o el análisis de componentes principales (según las características de cada una estas técnicas estadísticas) (Quintana et al., 2013) y ha sido utilizado en otros estudios del área de gestión empresarial (Keramati y Behmanesh, 2010).

Análisis de resultados

De acuerdo con los datos obtenidos de la aplicación del instrumento de investigación en la muestra de empresas, se presentan a continuación los resultados de los análisis a nivel descriptivo y de las correlaciones propuestas en las hipótesis del estudio.

Análisis descriptivo

Para este análisis descriptivo se han revisado los resultados obtenidos de acuerdo con las variables de interés consideradas en el estudio. Este primer análisis permite describir la situación de las empresas respecto al uso de las tecnologías de la industria 4.0 y a su nivel de internacionalización.

De acuerdo con los resultados, se evidencia que el uso de las tecnologías de la industria 4.0 sigue siendo baja de acuerdo con lo esperado y planteado en esta investigación. La media de uso para las empresas de más de 250 empleados es 2.11, y

para las empresas de 0 a 9 empleados es de 1.25. Esto confirma que las empresas más grandes son las que presentan más posibilidades de adquirir este tipo de tecnologías debido posiblemente a sus posibilidades de inversión. Así mismo, y de acuerdo con los datos obtenidos de cada una de las Tecnologías de la industria 4.0, se observa que el internet de las cosas (2,27) y la arquitectura cloud/cliente (2,17) son las herramientas con mayor valoración, mientras que los pagos electrónicos (1,85), BigData (1,75) y máquinas inteligentes (1,17) presentan una valoración más baja. Aún más rezagadas en cuanto a esta valoración están realidad aumentada (0,85) y la impresión 3D (0,72). Estas últimas valoraciones pueden estar relacionadas con su costo de implementación o de insumos para su funcionamiento y que nos son asequibles para todo tipo de empresa. Los datos completos se pueden observar en el gráfico 1.

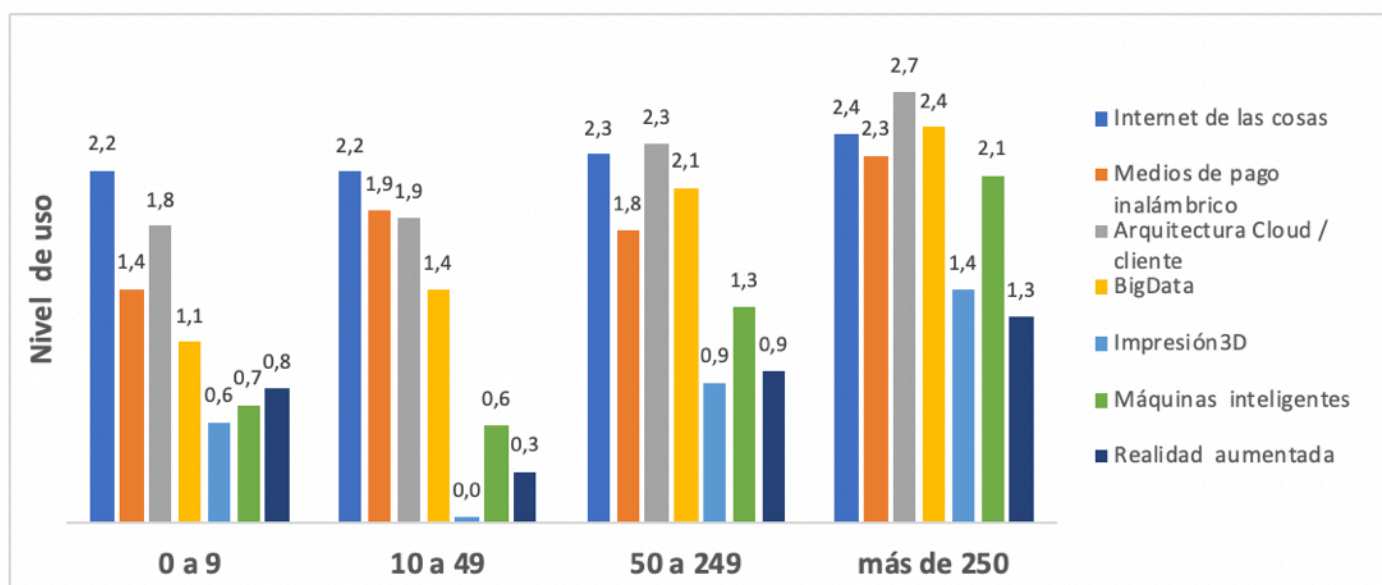


Gráfico 1: Media de la valoración de uso de las tecnologías de la industria 4.0

Con respecto al grado de internacionalización, se evidencia que las empresas con más de 250 empleados presentan un mayor grado de internacionalización (0,42) mientras que las empresas más pequeñas evidencian un grado de internacionalización más bajo (0,04 para las empresas de 0 a 9 empleados, y de 0,05 para las de 10 a 49). Igualmente se evidencia en la gráfica 2 que las empresas con mayor valoración de uso de tecnologías de industria 4.0 también muestran un mayor grado de internacionalización. Estos valores de internacionalización están relacionados con una mayor participación en cuanto a cantidad de países y porcentajes de ventas en el exterior a medida que aumenta el tamaño de la empresa, lo que implica que una mayor utilización de estas herramientas tecnológicas puede aumentar la participación de las empresas en espacios geográficos más amplios.

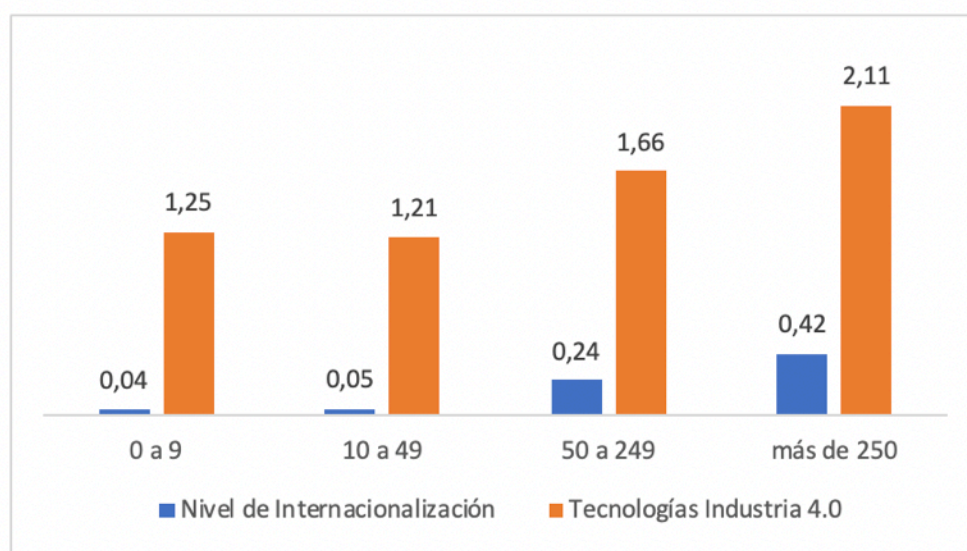


Gráfico 2: Media del grado de internacionalización y de tecnologías de industria 4.0 por tamaño de empresa

Influencia de las tecnologías de la industria 4.0 en el grado de internacionalización de las empresas (H1)

Para validar esta hipótesis se ha realizado inicialmente un análisis de correlación de las dos variables de interés, Ind_4 y grado de internacionalización. El Coeficiente de Correlación (Pearson) es un valor positivo (0,309) y estadísticamente significativo ($p = 0,014$), por lo que se puede concluir que ambas variables están asociadas en la población de la que proviene la muestra analizada y que dicha asociación muestra una correlación directa. Con estos valores de correlación es posible complementar el estudio estadístico a través del análisis de regresión lineal para evaluar dicha relación. Para esto se ha considerado el siguiente modelo, utilizando una regresión lineal por MCO (mínimos cuadrados ordinarios).

$$\text{Internacionalización} = b_0 + b_1 \text{Ind}_4i + \varepsilon_i$$

Los resultados de la regresión (R^2 ajustado=0,322) indican que el 32,2% de la variabilidad del grado de internacionalización está asociada al uso de las tecnologías de la industria 4.0. A su vez, la tabla del ANOVA muestra que las variables están linealmente relacionadas con un nivel de significancia de 0,000. Así mismo se identifica un coeficiente no estandarizado para Ind_4 de 0,068, con unos valores VIF cercanos a 1 (1,017). Con estos resultados se puede concluir que las dos variables están asociadas o relacionadas linealmente en la población de la que proviene la muestra y que la relación de las variables es directa. Estos resultados indican que las empresas

con un mayor grado de uso de tecnologías de la industria 4.0 tienen un mayor grado de internacionalización.

Relación de las tecnologías de la industria 4.0 en el rendimiento empresarial (H2)

De acuerdo con las herramientas de las tecnologías de la industria 4.0, se desea conocer el impacto de cada una de ellas en el rendimiento de las empresas. Esta hipótesis plantea que el uso de estas tecnologías puede ser un factor importante en el rendimiento de la empresa. Bajo el supuesto de esta hipótesis se pretende demostrar que las empresas que presentan un mayor nivel de uso de las tecnologías de la industria 4.0 (conjunto de variables 1) presentan también un mayor rendimiento empresarial (conjunto de variables 2).

El rendimiento de la empresa se ha medido mediante la escala desarrollada por Schuh et al. (2014). Esta medición examina las dimensiones financieras y no financieras del rendimiento en la organización mediante la evaluación de los directivos sobre las diferentes actividades de negocio: Crecimiento de las ventas, crecimiento de ingresos, crecimiento del número de empleados, margen de beneficio neto, innovación de productos y servicios, proceso de innovación, calidad de producto / servicio, variedad de productos / servicios, adopción de nuevas tecnologías, la satisfacción del cliente.

Como el objetivo de este análisis es identificar la relación de dos conjuntos de variables se utiliza la técnica multivariante ACC. La tabla 2 muestra los dos conjuntos (set) de variables de análisis organizadas en dos columnas. La función canónica se basa en la correlación entre dos valores teóricos canónicos, un valor teórico para las variables dependientes y otro para las variables independientes. Otra de sus características es que se consiguen los valores teóricos de forma que se maximice su correlación, además de que se pueden conseguir varias funciones canónicas (Badii et al., 2007). Se extraerán tantas funciones como el menor número de variables, para este caso hay 7 variables independientes (set 1) y 10 variables dependientes (set 2), por tal razón se tendrán un total de 7 funciones. La tabla 2 muestra los dos conjuntos (set) de variables de análisis para la correlación canónica organizadas en dos columnas.

Set 1: Tecnologías de la industria 4.0	Set 2: Rendimiento empresarial
Impresión 3D (Ind4_1)	Crecimiento de las ventas (REND_1)
Arquitectura cloud/cliente (Ind4_2)	Crecimiento de ingresos (REND_2)
Big data (Ind4_3)	Crecimiento del número de empleados (REND_3)
Máquinas inteligentes (Ind4_4)	Margen de beneficio neto (REND_4)
Realidad aumentada (Ind4_5)	Innovación de productos y servicios (REND_5)
Pagos inalámbricos (Ind4_6)	Proceso de innovación (REND_6)
Internet de las cosas (Ind4_7)	Calidad de producto / servicio (REND_7)
	Variedad de productos / servicios (REND_8)
	Adopción de nuevas tecnologías (REND_9)
	La satisfacción del cliente (REND_10)

Tabla 2: Conjunto (set) de variables para el análisis ACC

De acuerdo con Badii et al. (2007), una vez definidos los dos conjuntos de variables (set de variables 1 y 2) se determinan los objetivos del análisis: (i) determinar si los dos conjuntos de variables son independientes uno de otro o determinar la magnitud de las relaciones que pueden existir entre los dos conjuntos, (ii) obtener un conjunto de ponderaciones para cada conjunto de variables y (iii) explicar la naturaleza de cualquiera de las relaciones existentes entre los conjuntos de variables. Según este análisis se han encontrado dos relaciones canónicas significativas.

Primera correlación canónica

De acuerdo al gráfico 3, en la primera función $R = 0,696$ ($R^2 = 0,484$) lo que indica que las dos variables aleatorias han compartido el 48,4% de la varianza. El Lambda de Wilk es significativo a través de una prueba de chi-cuadrado con 24 grados de libertad, y $p = 0,000$. Para examinar las cargas canónicas, se determinaron significativas las mayores a 0,500 (Hair JR et al., 2010). A este efecto, seis de las siete variables incluidas en el set 1 tienen cargas significativas en CV1-1; impresión 3D (Ind4_1) con carga -0,767, arquitectura cloud/cliente (Ind4_2) con carga -0,678, Big data (Ind4_3) con carga -0,753, máquinas inteligentes (Ind4_4) con carga -0,905, pagos inalámbricos (Ind4_6) con carga -0,807, internet de las cosas (Ind4_7) con carga -0,634.

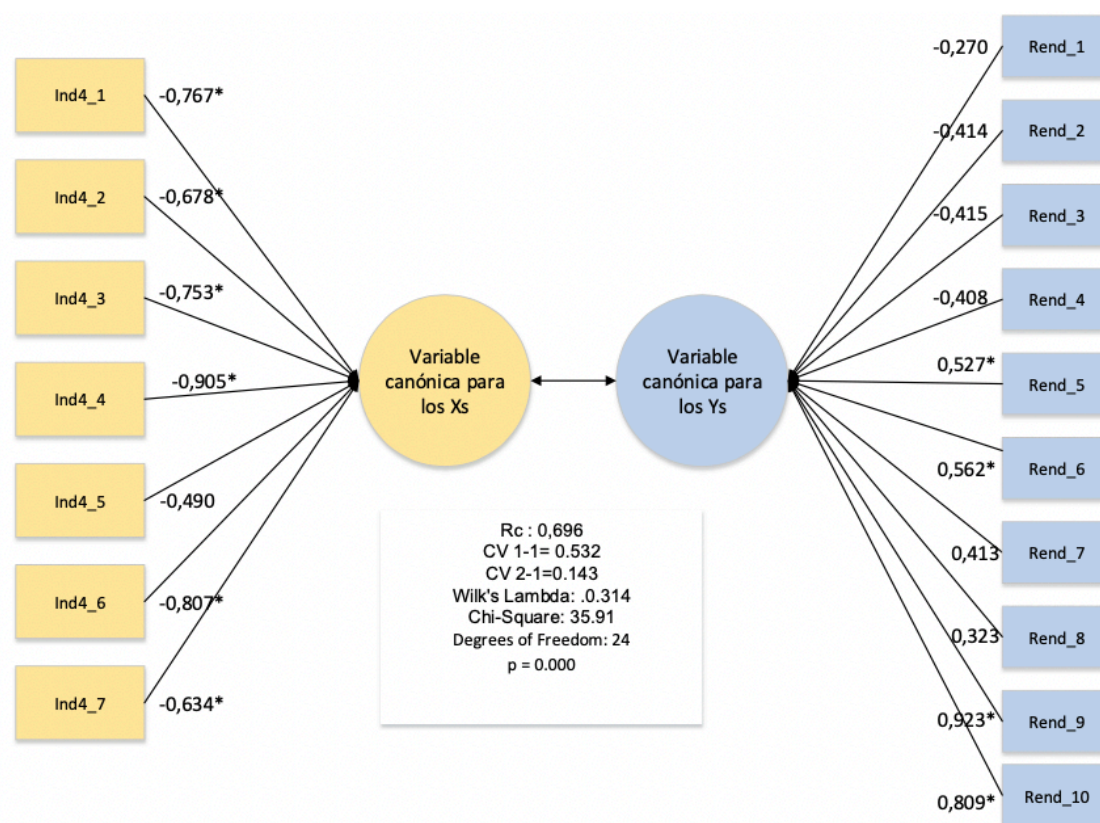


Gráfico 3: Cargas de primera correlación canónica industria 4.0 y rendimiento empresarial

En el set 2, cuatro de las diez variables tiene carga significativa en CV2-1, específicamente; innovación de productos y servicios (REND_5) con carga: -0,527, proceso de innovación (REND_6) con carga -0,562, adopción de nuevas tecnologías (REND_9) con carga -0,923, la satisfacción del cliente (REND_10) con carga 0,809. La redundancia del primer conjunto respecto al segundo es de 0.532 (CV1-1) y del segundo respecto al primero de 0,143 (CV2-1), es decir el poder de predicción de los factores que influenciaron las tecnologías de la industria 4.0 con relación al rendimiento es de 53,2% y viceversa es de 14,3%. El análisis obtenido de esta primera correlación canónica indica que las empresas que utilizan las tecnologías de la industria 4.0 relacionadas con la impresión 3D, arquitectura cloud/cliente, Big data, máquinas inteligentes, pagos inalámbricos e internet de las cosas, tienen un mejor rendimiento en términos de innovación de productos y servicios, proceso de innovación, adopción de nuevas tecnologías y la satisfacción del cliente.

Segunda correlación canónica

Para la segunda función $R = 0,423$ (R^2 ajustado = 0,178) lo que indica que las dos variables aleatorias han compartido el 17,8 % de la varianza. El Lambda de Wilk se encontró significativo a través de una prueba de chi-cuadrado con 16 grados de

libertad, y $p = 0,028$ (Ver gráfico 4). En este segundo análisis ACC, tres de las siete variables incluidas en el set 1 tienen cargas significativas en CV1-1; impresión 3D (Ind4_1) con carga $-0,591$, arquitectura cloud/cliente (Ind4_2) con carga $-0,595$, internet de las cosas (Ind4_7) con carga $-0,659$.

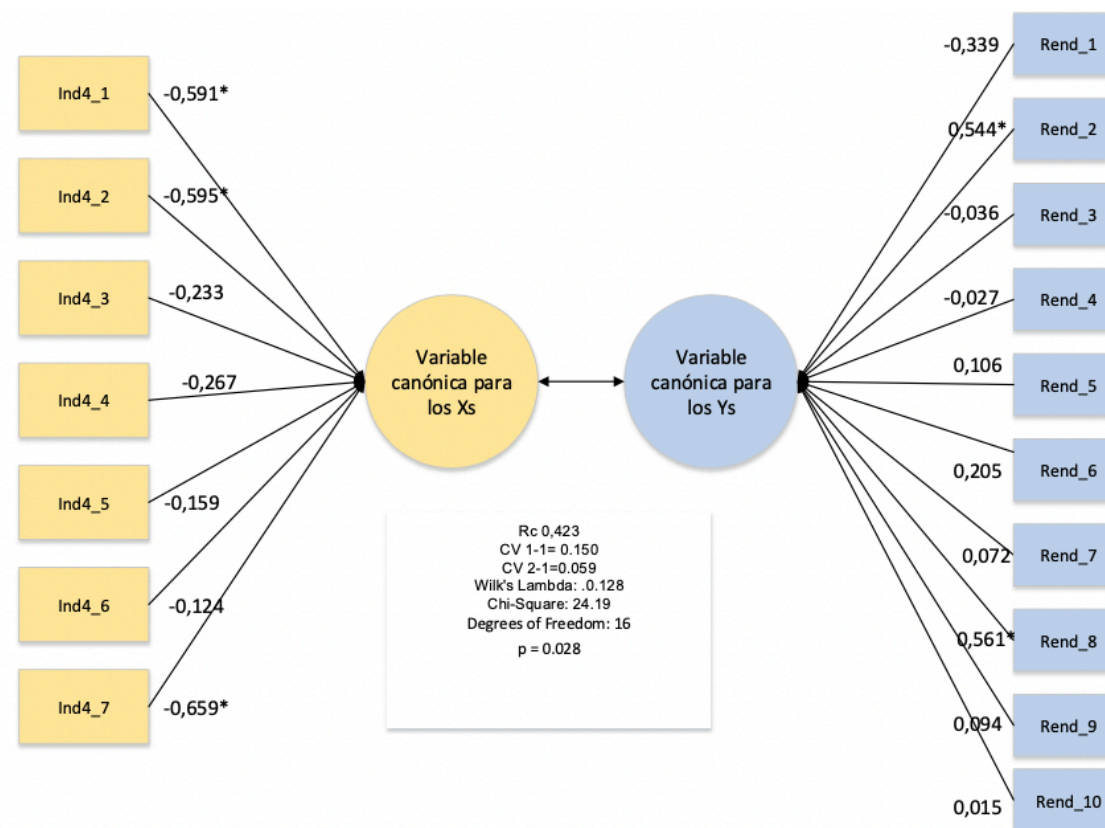


Gráfico 4: Cargas de segunda correlación canónica industria 4.0 y rendimiento empresarial

En el set 2, dos de las diez variables tiene carga significativa en CV2-1, específicamente el crecimiento de ingresos (REND_2) con carga $0,544$ y variedad de productos / servicios (REND_8) con carga $0,561$. La redundancia del primer conjunto respecto al segundo es de $0,150$ (CV1-1) y del segundo respecto al primero de $0,059$ (CV2-1), es decir el poder de predicción de los factores que influenciaron las tecnologías de la industria 4.0 con relación al rendimiento es de 15% y viceversa es de $5,6\%$. El análisis obtenido de esta segunda correlación canónica indica que las empresas que utilizan las tecnologías de la industria 4.0 relacionadas con la impresión 3D, arquitectura cloud/cliente e internet de las cosas, tienen un mejor rendimiento en términos de crecimiento de ingresos y variedad de productos y servicios.

Discusión de resultados:

Los resultados iniciales de estos análisis indican que las tecnologías de la industria 4.0 son un factor clave para que las empresas amplíen sus mercados más allá de las fronteras de su país de origen. En cuanto al grado de internacionalización medido a partir de un índice compuesto del porcentaje de ventas en el exterior y el número de países, se pudo verificar que las empresas de mayor tamaño (medido por el número de empleados) presentan un mayor grado de internacionalización, sin embargo, debido a que el tamaño de la muestra no era muy equitativo se consideró no ser concluyentes en afirmar que el tamaño de la empresa tiene una relación directa con el grado de internacionalización.

Los resultados obtenidos de la investigación indican que la media general del uso de la tecnología en las pymes es baja (1,38 sobre 5.0). Estos resultados estarían en concordancia con otros trabajos (Bayo y Lera, 2007; Castro, Ávila-Fajardo, y Rodríguez, 2017; Cegarra, Wensley, y Martínez, 2010) que muestran que a pesar de un alto interés que han presentado las pymes hacia adoptar estas herramientas, el presupuesto reservado para su adquisición es pequeño. En este mismo contexto, se evidencia que las herramientas relacionadas con el internet de las cosas y la arquitectura cloud/cliente son a las que más apuesta hacen las empresas en este momento, esto debido a los beneficios que han encontrado las organizaciones con la implementación de estas tecnologías y que tecnologías como la impresión 3D y las máquinas inteligentes presentan valores inferiores de adopción, debido a que tienen unos costos aún altos, siendo esto una barrera para su implementación, según lo ha manifestado también Horváth y Szabó (2019).

De acuerdo con estos resultados, a través del uso de estas herramientas, las empresas pueden obtener mayores habilidades y recursos en los negocios en los que se desarrolla. Entre otras cosas, debido a que estas tecnologías le permiten al cliente procesar su solicitud de servicio en línea, tener acceso en tiempo real a catálogos y disponibilidad para realizar sus pedidos directamente. Estos resultados estarían en sintonía con Canal, i Criado, y Criado (2007) con respecto a que le permiten a la empresa mantener un contacto permanente con sus clientes y tener un fácil acceso para mantener relaciones con ellos y personalizar la oferta de acuerdo con sus necesidades. Igualmente, estas herramientas son un soporte fundamental para las

actividades que permiten conocer el mercado, identificar tendencias de clientes y productos, reconocer posibles riesgos y oportunidades, etc. Esto les permitirá a las empresas poder expandir sus mercados a otros espacios geográficos ya que le permiten conocer su entorno en tiempo real.

Como se dijo inicialmente, algunas empresas no tienen claro el verdadero efecto que tienen estas tecnologías dentro de la organización. El análisis empírico desarrollado en esta investigación sugiere que las empresas son destinadas a mejorar en sus aspectos estratégicos de internacionalización y de rendimiento empresarial mientras adopten las herramientas tecnológicas de la industria 4.0. Por lo tanto, este estudio puede ser valioso para facilitar la toma de decisiones de la empresa en la adquisición e implementación de estas tecnologías con la intención de estar al nivel competitivo impuesto por la industria 4.0. Dado que este análisis ha tenido en cuenta algunos elementos de la estrategia empresarial, futuras investigaciones pueden tener en cuenta algunos otros elementos que pueden verse afectados por el impulso de la industria 4.0 como son los nuevos modelos de negocio, los cambios en la cadena de valor o el fortalecimiento de las ventajas competitivas.

Conclusiones:

Este estudio ha permitido identificar lineamientos teóricos realizados anteriormente, lo que manifiesta que existe un alto interés en analizar el uso de las Tecnologías de la industria 4.0 en las empresas y su impacto en los procesos empresariales. Los resultados obtenidos de esta investigación aportan a las teorías basadas en la relación del uso de la tecnología y las estrategias empresariales. Los resultados demuestran que los recursos tecnológicos relacionados con la industria 4.0 proporcionan herramientas a las organizaciones para impulsar los mercados extranjeros y estimular positivamente el rendimiento empresarial. Dado que una mayor internacionalización implica un aumento en el número de países en los que opera la empresa, el procesamiento de la información promovida por estas tecnologías puede ser relevante para aprovechar un mayor alcance geográfico.

A través de un ACC ha sido posible verificar la existencia de relaciones entre las tecnologías de la industria 4.0 y el rendimiento empresarial que permiten tomar decisiones sobre qué tipo de tecnologías deben implementarse en la empresa de acuerdo con los elementos de rendimiento relacionados. El análisis ACC ofrece un

enorme potencial para hacer este tipo de análisis ya que no relaciona una variable en general, sino que específica cada una de ellas de acuerdo con el conjunto de elementos relacionados. Esto es una fortaleza de este estudio que permite hacer un análisis desde diferentes dimensiones.

El autor concluye que el desarrollo de nuevas tecnologías de información ha conseguido que a las empresas se les facilite el diseño de nuevos productos, se acerquen más a sus clientes, respondiendo rápidamente a sus necesidades y se adapten a las exigencias de la economía actual. Dichas tecnologías están impulsando nuevos modelos de negocio y grandes cambios en la estructura interna de las organizaciones, las cuales están apostando por la internacionalización en harás de mejorar su rendimiento. De esta manera, el impacto de estas tecnologías lleva a las empresas al conocimiento de nuevos mercados en el exterior, dándoles la oportunidad de competir en el mercado internacional.

Así mismo, también se evidencia un aumento en el rendimiento empresarial proporcionado por el uso de estas tecnologías, transformando a las empresas hacia una gestión de industria inteligente, implicando cambios en la manufactura y gestión de sus procesos. Esto es debido a que se han venido incorporando nuevas tecnologías desarrolladas bajo el concepto de la industria 4.0, en el cual el uso de estos recursos es un factor fundamental para la optimización de los procesos en las empresas.

Agradecimientos:

Este capítulo es el resultado de un proyecto de investigación desarrollado en el grupo de investigación GIIS y financiado por la Unipanamericana Compensar Institución Universitaria y la empresa Draco Servicios de la ciudad de Bogotá (Colombia). Dirección: Avenida (Calle) 32 N.º 17-30 y Carrera 7H bis N.º 159-23, respectivamente.

Referencias:

Badii, MH, Castillo, J, Cortez, K, Wong, A, & Villalpando, P. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, 4(2), 405-422.

Bauer, Wilhelm, Schlund, Sebastian, Hornung, Tim, & Schuler, Sven. (2018). Digitalization of industrial value chains-a review and evaluation of existing use cases of Industry 4.0 in Germany. *LogForum*, 14(3).

Bayo, Moriones, A., & Lera, López, F. (2007). A firm-level analysis of determinants of ICT adoption in Spain. *Technovation*, 27(6-7), 352-366.

Canal, Esteban García, i Criado, Alex Rialp, & Criado, Josep Rialp. (2007). Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y crecimiento de la empresa. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*(838), 125-145.

Castro, Adriana Aguilera, Ávila-Fajardo, Gloria Patricia, & Rodríguez, Omar Javier Solano. (2017). Las TIC en la formulación estratégica de las pymes de Santiago de Cali-Colombia. *Entramado*, 13(1), 102-111.

Cegarra, Navarro, J. G., Wensley, A. K. P., & Martínez, Conesa, E. Á. (2010). A multi-sector comparison of relational learning and information and communication technologies adoption. *Service Industries Journal*, 30(6), 991-1005.

Chao, Mike Chen-Ho, & Kumar, Vikas. (2010). The impact of institutional distance on the international diversity–performance relationship. *Journal of World Business*, 45(1), 93-103.

Chari, M. D. R., Devaraj, S., & David, P. (2008). Research note - The impact of information technology investments and diversification strategies on firm performance. *Management Science*, 54(1), 224-234. doi: 10.1287/mnsc.1070.0743

Chung, Mihyun, & Kim, Jaehyun. (2016). The Internet Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution. *KSII Transactions on Internet & Information Systems*, 10(3).

Corò, Giancarlo, Pejčić, Dejan, & Volpe, Mario. (2017). Enabling Factors in Firms Adoption of New Digital Technologies. An Empirical Inquiry on a Manufacturing Region. University Ca'Foscari of Venice, Dept. of Economics Research Paper Series No, 16.

Dalenogare, Lucas Santos, Benitez, Guilherme Brittes, Ayala, Néstor Fabián, & Frank, Alejandro Germán. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.

Frank, Alejandro Germán, Dalenogare, Lucas Santos, & Ayala, Néstor Fabián. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.

García, Omar Alexander León, Lopez, Juan Ignacio Igartua, & Epelde, Jaione Ganzarain. (2018). *Small Business International Review*.

Genc, Ebru, Dayan, Mumin, & Genc, Omer Faruk. (2019). The impact of SME internationalization on innovation: The mediating role of market and entrepreneurial orientation. *Industrial Marketing Management*.

Hair JR, Joseph F, C, Black William, J, Babin Barry, & E, Anderson Rolph. (2010). *Multivariate Data Analysis (Vol. Seventh Edition)*: Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Hall, Bronwyn H, Lotti, Francesca, & Mairesse, Jacques. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New technology*, 22(3), 300-328.

Hamada, Tomomi. (2019). Determinants of Decision-Makers' Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation. *Social Sciences*, 8(5), 140.

Haseeb, Muhammad, Hussain, Hafezali Iqbal, Ślusarczyk, Beata, & Jermsittiparsert, Kittisak. (2019). Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance. *Social Sciences*, 8(5), 154.

Hernández, Sampieri Roberto, Fernández, Collado Carlos, & Baptista, Lucio Pilar. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill.

Horváth, Dóra, & Szabó, Roland Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132.

Keramati, Abbas, & Behmanesh, Iman. (2010). Assessing the impact of information technology on firm performance using canonical correlation analysis. *International Journal of Business Information Systems*, 6(4), 497-513.

Khan, Muhammad Wasim Jan, Khalique, Muhammad, & Nor, Rohaya Mohammad. (2014). Exploring the Measurements of Organizational Performance. *Market Forces College of Management Sciences*, IX(2).

León, Omar, Igartua, Juan, & Ganzarain, Jaione. (2018). Performance and internationalization effects of the use of ICT in diversified companies. *Small Business International Review*, 2(1), 16-28. doi: <https://doi.org/10.26784/sbir.v2i1.22>

Liu, H Y, & Hsu, C W. (2011). Antecedents and consequences of corporate diversification: A dynamic capabilities perspective. *Management Decision*, 49(9), 1510-1534. doi: 10.1108/00251741111173961

Liu, Yu, & Ravichandran, T. (2008). A comprehensive investigation on the relationship between information technology investments and firm diversification. *Information Technology and Management*, 9(3), 169-180.

Luke, Martinez Teodoro. (2012). *Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados*. Madrid.

Łupicka, Anna, & Grzybowska, Katarzyna. (2018). Key Managerial Competencies for Industry 4.0-Practitioners', Researchers' and Students' Opinions. *Logistics and Transport*, 39.

Matthyssens, Paul. (2019). Reconceptualizing value innovation for Industry 4.0 and the Industrial Internet of Things. *Journal of Business & Industrial Marketing*.

Miller, Douglas J. (2004). Firms' technological resources and the performance effects of diversification: a longitudinal study. *Strategic Management Journal*, 25(11), 1097-1119.

Plattform Industrie 4.0. (2015). Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Change of strategy in Industry 4.0., 1-100.

Quintana, María Jesús Mures, Gallego, Ana García, & Pascual, María Eva Vallejo. (2013). Aplicación de técnicas estadísticas en el tratamiento de información económico-financiera. *Estadística española*, 55(182), 337-364.

Ray, G., Xue, L., & Barney, J. B. (2013). Impact of information technology capital on firm scope and performance: The role of asset characteristics. *Academy of Management journal*, 56(4), 1125-1147.

Roy, S., & Sivakumar, K. (2007). The role of information technology adoption in the globalization of business buying behavior: A conceptual model and research propositions. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 22(4), 220-227.

Sandulli, F. D., Fernández-Menéndez, J., Rodríguez-Duarte, A., & López-Sánchez, J. I. (2012). The productivity payoff of information technology in multimarket SMEs. *Small Business Economics*, 39(1), 99-117. doi: 10.1007/s11187-010-9297-0

Schmidt, Rainer, Möhring, Michael, Härting, Ralf-Christian, Reichstein, Christopher, Neumaier, Pascal, & Jozinović, Philip. (2015). Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. Paper presented at the International Conference on Business Information Systems.

Schuh, Günther, Potente, Till, Wesch-Potente, Cathrin, Weber, Anja Ruth, & Prote, Jan-Philipp. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19, 51-56.

Stentoft, Jan, Jensen, Kent Wickstrøm, Philipsen, Kristian, & Haug, Anders. (2019). Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence. Paper presented at the Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.

Türkeş, Mirela Cătălina, Oncioiu, Ionica, Aslam, Hassan Danial, Marin-Pantelescu, Andreea, Topor, Dan Ioan, & Căpuşneanu, Sorinel. (2019). Drivers and

Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3), 153.

Palabras Claves

Educación 4.0,
espacio de aprendizaje,
interfaz,
laboratorio remoto,
protocolo.

CAPÍTULO 4

SISTEMA REMOTO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMO ESTRATEGIA EDUCACIÓN 4.0 EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS ELECTRÓNICOS

Johan Sebastián Casagua Cano, Edwin Francisco Forero García, Darío Alejandro Segura Torres, Grupo de investigación MEM (Modelado Electrónica Monitoreo), Facultad de ingeniería Electrónica.

Universidad Santo Tomás,
Bogotá, Colombia.

Sobre los autores:



Johan Sebastián Casagua Cano: Estudiante e investigador de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás - Colombia, líder del Semillero de Tecnologías Ultrasónicas del grupo de investigación Modelado-Electrónica-Monitoreo (MEM) Clasificación A1 en Colciencias, experiencia en el desarrollo de software POS. Áreas de interés: Sistemas digitales, modelamiento de sistemas y software, ensayos no destructivos, tecnologías ultrasónicas, telecomunicaciones y teleinformática, industria y educación 4.0.

Correspondencia: johancasagua@usantotomas.edu.co

Edwin Francisco Forero García: Investigador asociado de Colciencias, Ingeniero Electricista de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia), M.Sc. en Ingeniería Electrónica de la Universidad Industrial de Santander



(Bucaramanga, Colombia), Ex becario UIS. Docente de Conversión Electromagnética y Sensores y Actuadores Industriales, de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás. Coordinador de Investigaciones de la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás - Colombia. Líder del Grupo de Investigación Modelado-Electrónica-Monitoreo (MEM), Clasificación A1.

Correspondencia: edwinforero@usantotomas.edu.co



Darío Alejandro Segura Torres: Ingeniero Electrónico (Universidad Santo Tomás), Máster Ciencias de las comunicaciones y la información (Universidad Distrital). Amplia experiencia en el ejercicio de la profesión en el área de programación, desarrollando proyectos con empresas nacionales. Docente de la Universidad Santo Tomás desde 2005 en la línea de digitales. Áreas de interés: Sistemas Digitales, sistemas embebidos, modelamiento de sistemas y software, bases de datos y manejo de información y aplicaciones móviles.

Correspondencia: dariosegura@usantotomas.edu.co

Resumen:

Este artículo presenta el diseño e integración de sistemas de tipo eléctrico, electrónico, mecánico e informático para la operación de un laboratorio remoto, en el cual se desarrolló una aplicación para prácticas de laboratorio del espacio de aprendizaje Conversión-Electromagnética de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás haciendo uso de la arquitectura cliente-servidor. Además, se incluyen las interfaces desarrolladas con equipos de laboratorio tales como: fuente programable, analizador de redes, inversor y transformador. Se presenta también el desarrollo de las librerías para control remoto de los dispositivos que se requieren en las prácticas y la comunicación de estos con el computador, la cual se realiza mediante protocolos RS-485 y ETHERNET. Luego se muestra la implementación de la interfaz para usuario final en la que un estudiante pueda tener contacto con los dispositivos para realizar la práctica necesitando únicamente conexión a internet. Para la validación del sistema se realizó como experiencia de aprendizaje la determinación del circuito equivalente de un transformador de forma remota, logrando una herramienta como aporte a educación 4.0 facilitando el acceso para estudiantes distantes y mayor disponibilidad para estudiantes regulares.

Palabras Claves: Educación 4.0, espacio de aprendizaje, interfaz, laboratorio remoto, protocolo.

Remote system for laboratory practices as an Education 4.0 strategy in the formation of Electronic Engineers

Abstract

This article presents the design and integration of electrical, electronic, mechanical and computer systems for the operation of a remote laboratory, in which an application was developed for laboratory practices of the Conversion-Electromagnetic learning space of the Faculty of Electronic Engineering from the Santo Tomás University using the client-server architecture. In addition, interfaces developed with laboratory equipment such as: programmable source, network analyzer, inverter and transformer are included. It also presents the development of libraries for remote control of the devices that are required in the practices and the communication of these with the computer, which is done through RS-485 and ETHERNET protocols. Then the implementation of the end user interface is shown in which a student can have contact with the devices to carry out the practice needing only internet connection. For the validation of the system, the determination of the equivalent circuit of a transformer was carried out as a learning experience, achieving a tool as a contribution to education 4.0 facilitating access for distant students and greater availability for regular students.

Keywords: Education 4.0, learning space, interface, remote laboratory, protocol.

Introducción

El concepto de educación puede tener diversas connotaciones, sin embargo, se aborda desde la visión de una educación bancaria y libertadora (Valenzuela, 2010), surgiendo así, la necesidad de la educación en el ser humano, en el cual este pueda adquirir conocimiento que le aporten en su constante búsqueda de coadyuvar por la construcción de un mundo mejor. El modelo educativo que se aborda se encuentra ligado a un proceso en el cual un educador deposita conocimientos (haciendo uso de un medio) en la mente de un estudiante. (Freire, 1992).

El problema en el modelo educativo Freireano radica en que se necesita un medio en el que el estudiante tenga interacción con los conocimientos, ya sea de que el educador imparta de manera presencial, o que el estudiante tenga que acceder a estos de manera distante.

La educación ingenieril en áreas como la electrónica, necesita una combinación de un conjunto de técnicas educativas tradicionales y modernas, ya sea que el educador imparta conocimientos al estudiante, o que este, por sí mismo adquiera las habilidades necesarias para afrontar las problemáticas que la industria y el mundo necesitan en ámbitos de la electrónica. No obstante, sigue surgiendo el mismo problema que en el modelo propuesto por Freire (Freire, 1992), se necesita un medio en el que el estudiante interactúe directamente con los conocimientos dados por el educador, o con las experiencias investigativas que se adquieren a través del desarrollo de prácticas de laboratorio que conlleven a formarse para afrontar problemas y aportar soluciones en ámbitos sociales.

En la actualidad surge la que para muchos es la cuarta revolución industrial llamada industria 4.0 la cual ensancha un conjunto de tecnologías digitales que permitan la unión de las tecnologías de la información hacia una industria inteligente (Delgado, y otros, 2019), bajo este marco, la educación 4.0 también promueve la vinculación de las tecnologías de la información y las comunicaciones con el aprendizaje (Hartono, Kosala, Harso, & Ranti, 2018), surgiendo conceptos como laboratorios remotos o virtuales. Este tipo de laboratorios son prácticas que regularmente se emplean en la academia, no obstante, en este caso se hace uso de las tecnologías emergentes. La diferencia de los laboratorios remotos y laboratorios virtuales, radica en que estos últimos emulan los equipos y sistemas necesarios para realizar una práctica, diferente en el caso de los laboratorios remotos, donde regularmente el estudiante tiene contacto de forma virtual con los equipos físicos presentes en el laboratorio (Calvo, Zulueta, Gangoiti, & Lopez-Guede, 2009) (Ortel , y otros, 2016) (Nikhil , y otros, 2019) (eMadrid, 2015) (Segura & Forero, 2019).

Para las universidades como la Universidad Santo Tomás, es de vital importancia que los estudiantes tengan contacto con los equipos de laboratorio y que por sí mismos (guiados por un docente) puedan dar solución a los problemas de la ingeniería haciendo uso de las herramientas que esta brinda, para esto se diseña el sistema remoto de prácticas de laboratorio para el espacio de aprendizaje Conversión-Electromagnética de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás, donde se tiene como objetivo determinar el circuito equivalente de un transformador de manera remota, para que los estudiantes que se encuentren en

condición de vulnerabilidad, tengan inconvenientes en el transporte y demás, puedan vincularse a distancia al programa y tener el mismo acceso con el que cuentan los estudiantes regulares a los equipos que necesita la práctica (Juca Maldonado, 2016). Además, esto permite que los estudiantes regulares cuenten con mayor disponibilidad de los equipos y que factores como los horarios limitados de acceso al laboratorio, ausencia de un docente encargado y otros, no limiten el desarrollo de la práctica (Calvo, Zulueta, Gangoiti, & Lopez-Guede, 2009).

En este texto se presenta una metodología cuantitativa, basada en la arquitectura cliente-servidor para la integración del sistema. Además, se expone el proceso de medición y cálculo para determinar el circuito equivalente de un transformador a través de pruebas experimentales en uno de los devanados de este. Seguido a esto, se presentan todas y cada una de las interfaces con los dispositivos que se implementaron, con sus correspondientes librerías de control remoto. Posteriormente se muestra la aplicación realizada, dando a conocer los componentes de la interfaz gráfica de la aplicación, mostrando la interfaz de inicio de la aplicación y la principal del laboratorio remoto para la práctica del espacio de aprendizaje Conversión-Electromagnética. Seguido, se presentan los resultados obtenidos en la investigación, y se discuten tomando como marco comparativo otros trabajos de investigación que han abordado este tema, además, de que se analiza si los resultados obtenidos cumplen satisfactoriamente con los objetivos propuestos. Por último se presentan los agradecimientos y la bibliografía utilizada.

Metodología:

El criterio que se siguió es que el estudiante pueda tener contacto con los equipos desde un computador remoto, que para este caso actúa como cliente, para los equipos y la planta que este opera se conecta con un servidor por medio de un computador que adquiere los datos llamado controlador. Esta arquitectura es conocida como cliente-servidor (Castedo, y otros, 2008) (Glushan, Lavrik, & Rybalchenko, 2015) (Caropreso, Borges, Silva, Fernandes, & Osorio, 2016) (Özsu, 2018) parte fundamentalmente de la conexión a internet del cliente y el servidor. Por consiguiente, la velocidad con la que se procese, envíe, muestre los datos depende de la calidad del internet en ambos sentidos. Las especificaciones del equipo de cómputo remoto no requieren un alto costo, de lo contrario, la aplicación es ligera que corre correctamente en cualquier tipo de sistema operativo, navegador y computador.

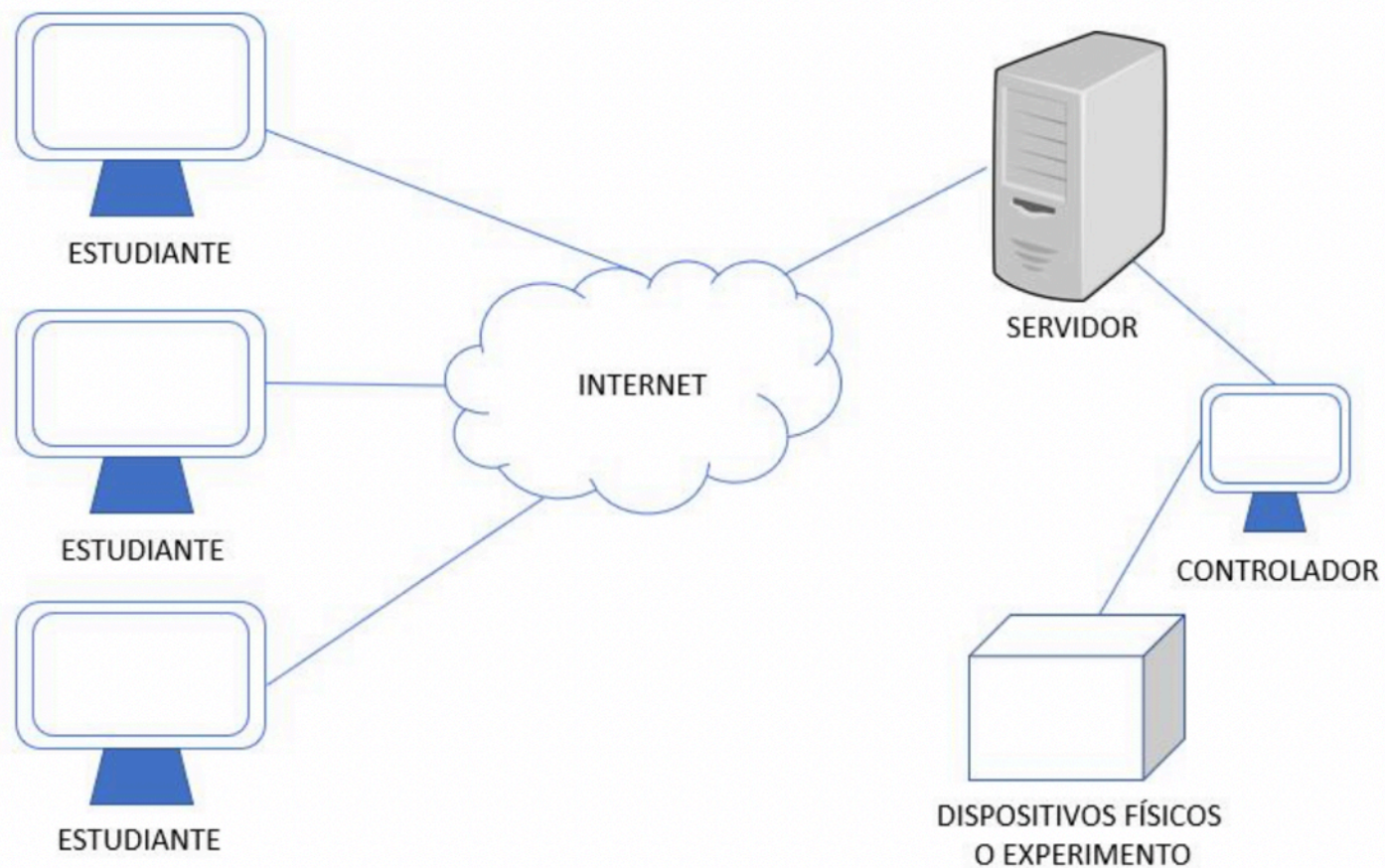


Figura 1. Arquitectura cliente-servidor para laboratorios remotos. Fuente: Elaboración propia con base en (Castedo, y otros, 2008)

En la Figura (1) se puede observar la conexión intrínseca que tiene un estudiante con los dispositivos físicos, esto produce la sensación de que se encuentra presencialmente operando los dispositivos necesarios para el cumplimiento de la práctica (Frerich, Kruse, Petermann, & Kilzer, 2016). Además, esta arquitectura permite que no sólo un estudiante pueda tener acceso, sino que cualesquiera que se conecten al sistema tendrán total libertad de operación con los dispositivos físicos. Cabe resaltar que este tipo de sistemas permite la posibilidad de realizar prácticas de laboratorio a los espacios de aprendizaje que cuenten con manejo de dispositivos, es decir, todas las líneas afines a la electrónica las cuales operen un dispositivo que se interface con un controlador puede utilizar esta arquitectura.

El sistema puede ser expresado como un conjunto de dos partes, la primera parte son el conjunto de programas y sistemas que se encuentran del lado del cliente, y la segunda parte son los sistemas que se encuentren de lado del servidor, donde el elemento que divide y a su vez conecta a estas dos es el internet.

Normalmente de lado del cliente se encuentra una interfaz gráfica de usuario que le permite al estudiante modificar y leer las variables de los dispositivos, por ejemplo, si el dispositivo es de medición, el estudiante puede leer las variables medidas, como puede cambiar la escala de medición, y la variable medida (Perales, Pedraza, &

Moreno-Ger, 2019). La otra parte, es la que conlleva el mayor trabajo del sistema, puesto que se realizan las interfaces de los dispositivos con el controlador, además, de la conexión de este con el servidor. Entre mayor sea el número de dispositivos empleados, mayor es la cantidad de interfaces que se deben desarrollar, al contrario que la interfaz del cliente que es una sola para todos los que se conecten.

Características generales de la práctica de laboratorio

La práctica hace parte de la malla curricular del espacio de aprendizaje Conversión-Electromagnética de la Facultad de Ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C, Colombia. En dicha práctica, se desea que el estudiante adquiriera las competencias necesarias para la obtención del modelo e implementación del circuito equivalente de un transformador. Cabe resaltar que se obvia que el estudiante cuente con las competencias suficientes acerca de las características de este tipo de máquina eléctrica, además, de que no es necesario que el transformador sea elevador o reductor. El circuito equivalente del condensador consta de tres impedancias, dos en serie a los devanados del transformador y una en paralelo, donde esta última representa las pérdidas en el núcleo (Martínez-Velasco & de León, 2011) (Yang, Cao, & Yang, 2016) (Guillod, Krismer, & Kolar, 2018) (Gholami, Hajipour, & Vakilian, 2016).

Para poder tener un modelo exacto de un transformador, es necesario tomar en cuenta las pérdidas que ocurren en los transformadores reales. Los aspectos que se deben tener en cuenta para obtener el modelo del circuito equivalente son los siguientes:

- Pérdidas del cobre.
- Pérdidas por corrientes parásitas.
- Pérdidas por histéresis.
- Flujo disperso.

Para determinar los valores de los componentes en el modelo del transformador, se necesita realizar la práctica experimental con dos pruebas: prueba de circuito abierto y prueba de corto circuito, y realizar una serie de mediciones a estas pruebas.

En la prueba de circuito abierto, se deja al aire las terminales del secundario del transformador, y se conecta una línea de voltaje en pleno al primario, por último, se mide el voltaje, la corriente, y la potencia en el primario del transformador.

En la prueba de corto circuito, se realiza un cortocircuito en las terminales del secundario del transformador, y se conecta una línea de voltaje variable, y se mide el voltaje, la corriente, y la potencia en el primario del transformador.

Una vez se obtienen los datos experimentales de voltaje, corriente, y potencia de las dos pruebas (circuito abierto y corto circuito), se procede a calcular el valor de los componentes del circuito equivalente, no sin antes calcular el factor de potencia para la prueba de circuito abierto.

$$FP_{CAb} = \cos \theta = \frac{P_{CAb}}{V_{CAb} I_{CAb}} \quad (1)$$

Para obtener los valores de la rama de entrada cuando se encuentran referidos al secundario del transformador, se calcula la admitancia de la siguiente forma:

$$Y_E = \frac{I_{CAb}}{V_{CAb}} \angle -\cos^{-1} FP_{CAb} \quad (2)$$

Es claro que la admitancia es expresada como un fasor con magnitud y ángulo, que se representa en coordenadas cartesianas como la combinación lineal de la parte real con la parte imaginaria. Además, la admitancia es el inverso de la impedancia, de lo anterior se tiene que la parte real corresponde a la resistencia y la imaginaria a la reactancia:

$$Y_E = \frac{1}{R_{N,S}} - j \frac{1}{X_{M,S}} \quad (3)$$

Una vez que se hayan calculado los valores de los componentes de la rama de entrada referidos al secundario, se calcula el factor de potencia para la prueba de cortocircuito:

$$FP_{CC} = \cos \theta = \frac{P_{CC}}{V_{CC} I_{CC}} \quad (4)$$

La impedancia serie se define por:

$$Z_{se} = \frac{V_{CC}}{I_{CC}} < \cos^{-1} FP_{CC} \quad (5)$$

La resistencia y la reactancia equivalentes referidas al primario son los valores de la impedancia serie en coordenadas cartesianas. De lo anterior se puede deducir que:

El circuito equivalente resultante referido al primario se encuentra dado en función de la razón de espiras (vueltas) de los devanados del transformador. Siendo la razón de espiras.

$$Z_{se} = R_{eq} + jX_{eq} \quad (6)$$

De esta manera se obtiene el circuito equivalente de un transformador, a partir de la medición en pruebas experimentales (Chapman, 2017) (Buksnaitis, 2016) (Godoy & Farret, 2017) (Creaolo & Poli, 2014).

$$R_{N,P} = a^2 R_{N,S} \quad (7)$$

$$X_{M,P} = a^2 X_{M,S} \quad (8)$$

Interfaces con los dispositivos

Dada la Figura (1), el controlador cuenta con una conexión directa con los dispositivos físicos que son usados en el experimento o práctica de laboratorio. Para la práctica que se realizó, se cuenta con un conjunto de tres dispositivos que establecen interfaz directa con el controlador, los cuales se desarrollaron sus respectivas librerías para su control remoto.

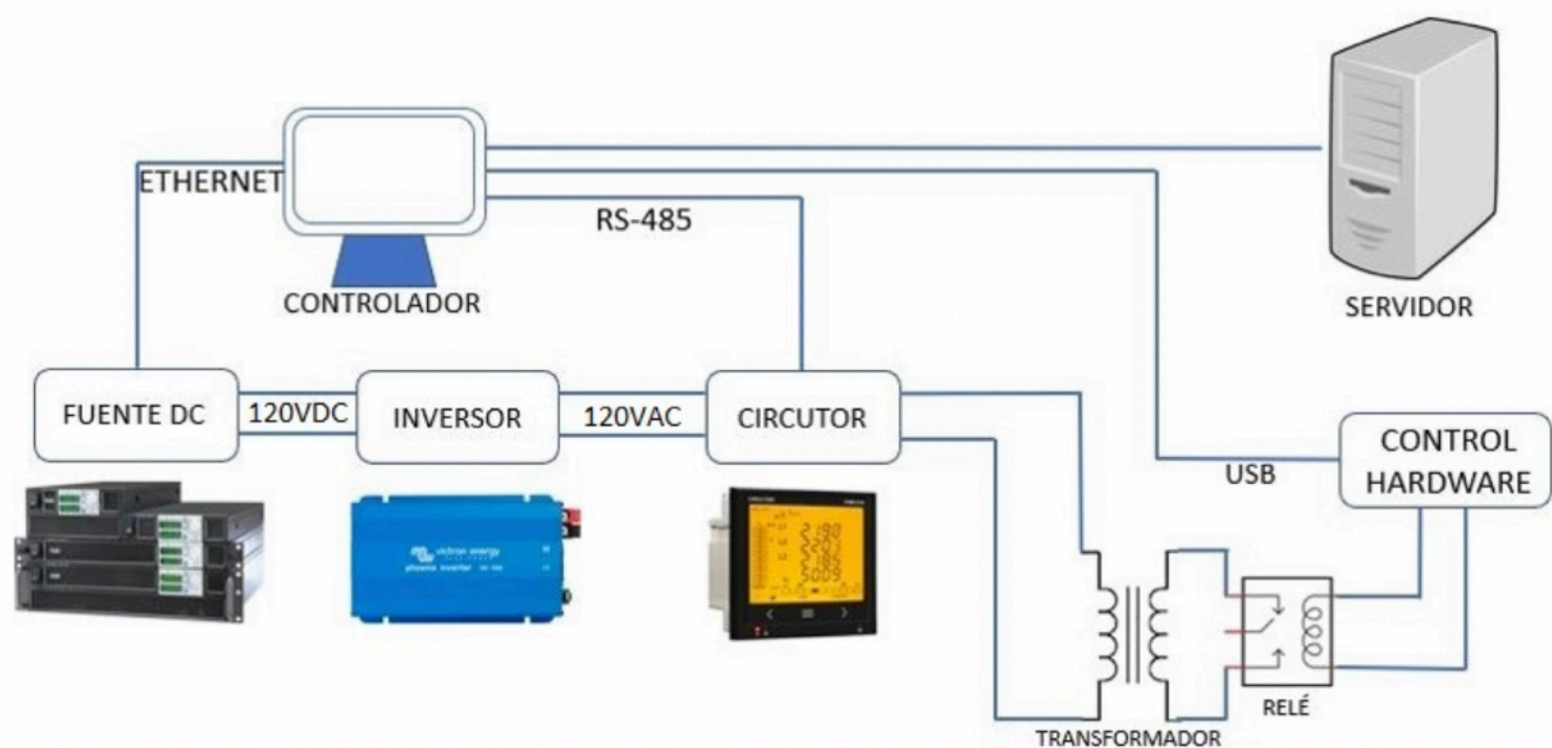


Figura 2. Integración del sistema físico para la práctica de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura (2) se puede evidenciar la integración del sistema físico tomando como eje integrador el controlador, el cual cuenta con la conexión al servidor y con cada uno de los dispositivos que se requieran. Cabe resaltar que existen dispositivos que acondicionan a otros, y no es necesario establecer conexión directa con el controlador y estos como es el caso del inversor, que su función es convertir el voltaje DC en voltaje AC para poder ser leído por el analizador de redes.

Existen varias empresas que se encuentran en la vanguardia en el ámbito de proveer los servicios web, de las cuales se destacan, Microsoft con su servidor Microsoft Azure, IBM con IBM Cloud, Amazon con AWS (Amazon Web Services), Google con Google Cloud etc. Sin embargo, para este sistema se utilizó Microsoft Azure ya que es una plataforma informática en la nube de nivel empresarial abierta y flexible (Microsoft, 2019) que viene incorporada en el IDE Visual Studio 2017.

Fuente DC programable

En primera instancia, se desarrolló la librería para el control remoto de la Fuente DC programable de la firma Protek, el programa se implementó en el framework .NET, haciendo uso del lenguaje de programación C# (C Sharp) (Troelsen & Japikse, C# 6.0 and the .NET 4.6 Framework, 2015). Se realizó el modelo del sistema como un objeto con propiedades y métodos, entre los cuales se destacan, el modo de operación, el método de conexión, la lectura y escritura de los valores de

corriente y voltaje, entre otros. Para establecer la conexión a internet, se utilizaron métodos implementados por parte de Microsoft que habilita los sockets a través de ETHERNET, para los cuales es necesario establecer la dirección IP del dispositivo y el número de puerto (Hunt, 2002) (Xiao, Liu, & Hu, 2016) (Xue & Zhu, 2009). Por ejemplo, IP: 192.168.10.2 y Puerto: 5050. Una vez conectada la fuente al socket, se envía el comando para establecer la operación remota. Cabe resaltar que en la arquitectura cliente servidor, la dirección IP y el puerto deben ser los mismos, para que se realice la comunicación efectiva. La lista de comandos que reconoce el socket la provee el fabricante en el manual de usuario del dispositivo. Pese a que se modelaron todas las funciones de la fuente en la librería, sólo fue necesario utilizar las que específicamente tienen que ver con los valores de corriente y voltaje, estos en modo de lectura y escritura, además de la función que habilita la fuente.

Analizador de redes

Se desarrolló la interfaz con el analizador de redes de la firma CIRCUTOR. Para realizar la librería de control remoto del dispositivo fue necesario utilizar el estándar de comunicaciones en bus de capa física del Modelo OSI llamado RS-485 (Weis, 2019), ya que este es el que viene incorporado en la referencia de analizador que se usó (CVM-C10). Los parámetros de comunicación que se establecieron en la librería debían ser los mismos que se asignaron al dispositivo, esto para que la comunicación se realizara de manera efectiva. Por defecto, el CVM-C10 establece una velocidad de transmisión de 9600 bps; toma 1 como número de periférico; no establece bit de paridad; utiliza 8 bits de datos; y usa 2 stop bits.

Para la comunicación, se utilizó el protocolo MODBUS, que está basado en la arquitectura Maestro-Esclavo, siendo el controlador el Maestro, y el analizador de redes el esclavo (Shabarinath & Gaur, 2013).

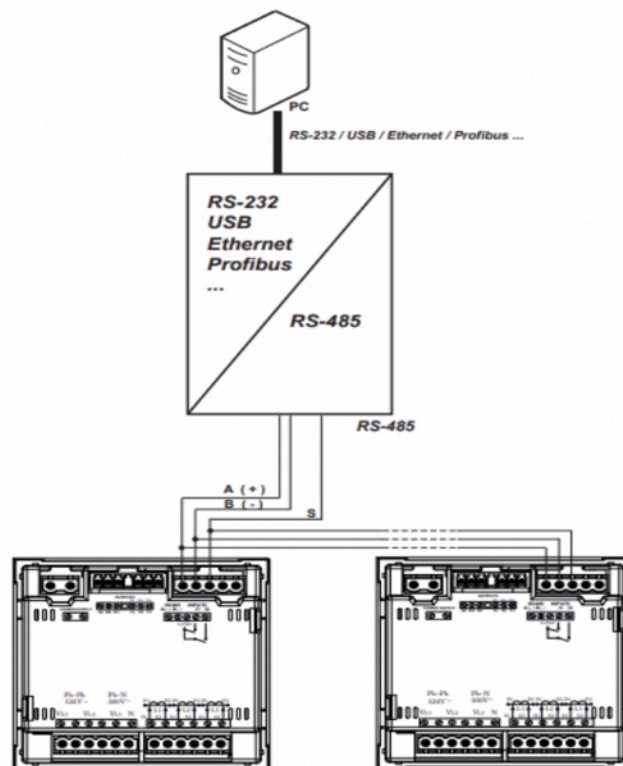


Figura 3. Esquema de conexión del analizador con el controlador. Fuente: Manual de instrucciones (CIRCUTOR, S.A, 2017).

De la figura (3) se puede observar el conexionado del analizador con el pc controlador, donde se hizo necesario utilizar un conversor RS-232 a RS-485, además se puede observar que esta arquitectura soporta más de un dispositivo, el número máximo de periféricos es de 255.

El protocolo MODBUS utiliza dos tramas, la que envía el maestro, y la que responde el esclavo, siendo esta última diferente si se trata de escritura o de lectura del dispositivo. Los valores de los registros de las tramas se programaron en Hexadecimal (Gelvez Figueredo & Duque Pardo, 2006) (Logicbus Staff, 2019), ya que este es el formato de los datos soportado por el dispositivo. El analizador de redes CVM-C10 utiliza el modo RTU (Remote Terminal Unit), el cual tiene implementadas tres funciones MODBUS, lectura de registros integer, escritura de un relé, escritura de múltiples registros, cada una con un valor específico en la trama de datos, además en dicha trama se programaron también el número de registro al cuál se quería acceder (Parámetro a leer o escribir) y su valor en caso de ser de escritura (CIRCUTOR, S.A, 2017), por último un carácter CRC (Comprobación de redundancia cíclica) para comprobar los datos o detectar alteraciones accidentales en el flujo de estos (Engdahl & Chung, 2014).

Control del Hardware

Esta librería se desarrolló con fines específicos en la práctica de laboratorio de la obtención del circuito equivalente de un transformador, ya que esta permitió el control del estado del secundario del transformador ya sea en circuito abierto o en corto circuito. Se utilizó el bus de comunicaciones USB (Universal Serial Bus) para comunicar el PC con un microcontrolador ATmega 328. En el puerto de salida del micro, se conectó un relé el cual fue el encargado de switchear el secundario del transformador para poder realizar las mediciones de los dos estados (Villagómez, 2017) (Halvorsen & Clarke, 2011).

Esta interfaz de control de Hardware pese a que se realizó con fines específicos en cambiar el estado del secundario del transformador, tiene diversas aplicaciones en otro tipo de prácticas, ya sea para el accionamiento de un actuador, o como un enable de seguridad industrial.

Aplicación desarrollada

Una vez implementadas todas y cada una de las librerías de control remoto con los dispositivos, se desarrolló la aplicación de usuario final en la cual el estudiante pudiera tener acceso a los equipos de laboratorio necesitando únicamente un computador y conexión a internet. En una aplicación web existen dos componentes, Frontend y Backend, el primero es la parte del sitio web que tiene interacción con el usuario, es decir la interfaz gráfica, esta parte se encuentra de lado del cliente, y el Backend es la parte que se conecta con el servidor (Guevara, 2017).

La aplicación se desarrolló haciendo uso del framework de código abierto ASP.NET el cual es una extensión de la plataforma de desarrollo .NET de la firma Microsoft, que utiliza herramientas y librerías dedicadas específicamente para la elaboración de aplicaciones web (Troelsen & Japikse, *Introducing ASP.NET Web Forms*, 2015) (Li, Zhang, & Cheng, 2016) (Ramos, 2015). La interfaz se realizó haciendo uso de los formularios Web, no obstante, este framework cuenta con otro tipo de sistema que es el Modelo Vista Controlador (MVC) (Badgujar, Jailia, & Kumar, 2015).

De antemano el estudiante que quiera establecer conexión con el laboratorio remoto, puede tener contacto con una presentación de la institución, la facultad y el grupo de investigación dedicado a la elaboración de este tipo de sistemas, en este punto, el estudiante puede navegar a los vínculos de cada una de las dependencias anteriormente expuestas.



LABORATORIO REMOTO UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

INICIAR

Universidad Santo Tomás

La Universidad Santo Tomás es una Institución de Educación Superior católica de carácter privado, sin ánimo de lucro y de orden nacional. Hace presencia en cinco ciudades del país con sedes y seccionales en Bogotá, Bucaramanga, Medellín, Tunja y Villavicencio en la modalidad presencial y 23 Centros de Atención Universitaria CAU en la modalidad Abierta y a Distancia.

[Ver más »](#)

Facultad de Ingeniería Electrónica

Es un programa de pregrado de la división de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás, que tiene como objetivo desarrollar en el estudiante una sólida fundamentación científica, tecnológica y humanística, a través de un currículo integrador que articule de forma eficiente las áreas básicas de la electrónica, del control, la automatización, la robótica, las tecnologías de la información y las comunicaciones, la instrumentación y sistemas de energía, promoviendo el desarrollo de competencias y habilidades que lo promuevan tanto en el plano académico como profesional en un eficiente desempeño de funciones como empresario o como trabajador al servicio de los sectores productivos del país.

[Ver más »](#)

Grupo de Investigación Modelado-Electrónica-Monitoreo (MEM)

El Grupo de Modelado, Electrónica y Monitoreo (MEM) de la Universidad Santo Tomás realiza actividades de investigación, docencia y extensión dentro de los campos de la automatización, el control, el procesamiento digital de señales, las energías renovables, la eficiencia energética y el monitoreo de estructuras.

[Ver más »](#)

© 2019 - LABREM USTA

Figura 4. Interfaz gráfica de inicio de la aplicación. Fuente: Elaboración propia haciendo uso de ASP.NET (Li, Zhang, & Cheng, 2016).

La Figura (4) presenta la interfaz gráfica de inicio de la aplicación, en la que el estudiante puede tener interacción con los sitios web de las dependencias, como la institución, la facultad, y el grupo de investigación encargado, además del contacto de los desarrolladores. La relación con el control del laboratorio remoto se establece por medio del botón “INICIAR” en el que al oprimir este, el Backend envía el request al servidor para poder conectarse con el sistema físico (Cheng, Chen, Sun, & Zheng, 2016) (Huang & Zhou, 2008) (Omori & Nishi, 2018). En el caso de que más de un estudiante quiera conectarse, este botón reinicia la página de inicio esperando a que el socket se encuentre disponible para su conexión.

Si la solicitud al servidor tuvo éxito, el navegador direcciona a la página de laboratorio remoto. Todas las interfaces tanto gráficas como de control remoto de los dispositivos, se desarrollaron en un Integrated Development Environment (IDE) de Microsoft llamado Visual Studio 2017 (EcuRed, 2019).

LABORATORIO REMOTO PARA ESPACIO DE APRENDIZAJE CONVERSIÓN ELECTROMAGNÉTICA

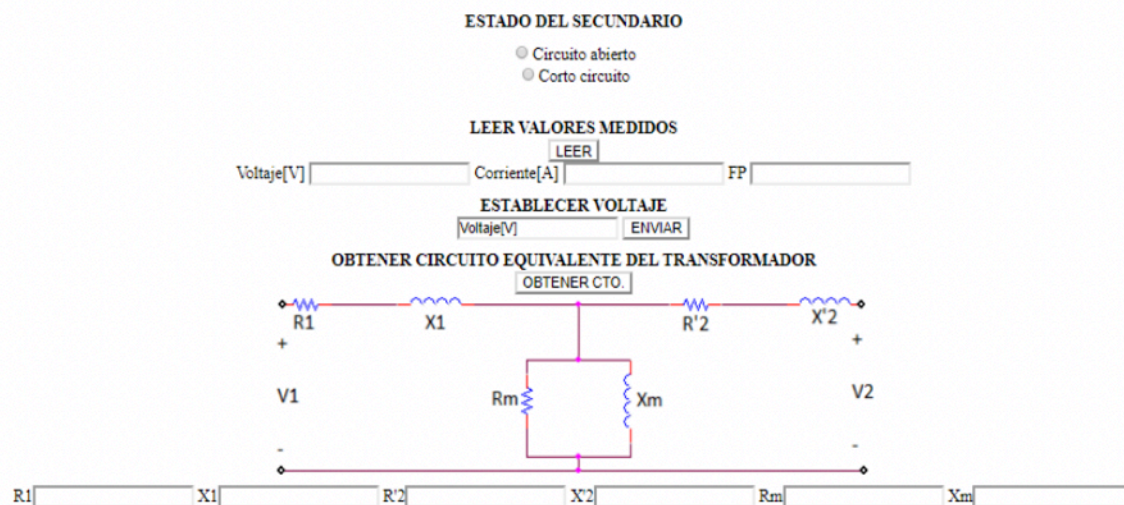


Figura 5. Interfaz gráfica de usuario final para el estudiante del espacio de aprendizaje conversión-electromagnética. Fuente: elaboración propia haciendo uso de ASP.NET (Microsoft, 2019).

La Figura (5) presenta la interfaz gráfica que se desarrolló, la cual visualiza un estudiante que se conecte al sistema, esta contiene dos partes, la primera son los controles que tiene acceso, tales como, el estado del secundario del transformador, ya sea en circuito abierto o en corto circuito; además, puede visualizar los datos de voltaje, corriente y factor de potencia medidos, y establecer el valor de voltaje de la fuente programable, y así calcular los valores de los componentes del circuito equivalente del transformador. La interfaz se presenta de manera amigable al usuario, para que cualquier tipo de estudiante pueda tener acceso a la práctica.

Resultados:

Los resultados obtenidos son dados con base a la experiencia de aprendizaje que se realizó para la validación del sistema. Se implementó e integró todo el sistema, tanto las partes mecánicas y electrónicas como la parte informática, y se realizaron las pruebas correspondientes.



Figura 6. Vista general del experimento del espacio de aprendizaje conversión-electromagnética para su realización de manera remota. Fuente: Elaboración propia.

La Figura (6) presenta la integración mecánica, electrónica e informática del sistema, en la cual describe la conexión de los dispositivos con el controlador.

Para la obtención de los datos se realizaron los dos tipos de medición en circuito abierto y en corto circuito, arrojando los siguientes resultados.

MEDIDA	CORTO CIRCUITO	VACÍO
VOLTAJE [V]	245,8	406
CORRIENTE [A]	0,693	0,813
FP	0,16	0,23

Tabla 1. Valores medidos en la prueba de corto circuito y vacío en el secundario del transformador.

De acuerdo a las ecuaciones anteriormente presentadas para la obtención de los valores de los componentes del circuito equivalente, se obtuvo que, $R_m=5.26K [\Omega]$; $X_m=j856.7 [\Omega]$; $X_1= j31.23K [\Omega]$; $R_1=0.001[\Omega]$.

Discusión de resultados:

Se determina el circuito equivalente de un transformador de manera remota respondiendo así a las necesidades de la Educación 4.0, donde los valores de los componentes del circuito equivalente del transformador son expresados por medio de las mediciones realizadas en la Tabla (1). Estos datos indican que el transformador consume corriente por su impedancia equivalente, ya que en la prueba de corto circuito la medida de corriente es de $0.693[A]$. Los resultados permiten la validación propia por parte del estudiante que está tomando el espacio de aprendizaje, esto le permite afianzar sus conocimientos y enriquecerse de estos a través de la herramienta.

Para este tipo de sistemas, es recomendable realizar la adaptación de cámaras web, puesto que como está diseñado, el estudiante tiene que validar los datos obtenidos a partir de su experiencia, y comprobar así que la medición hecha del lado del controlador se realice correctamente, es decir, el estudiante necesita una cámara web para contar con mayor fiabilidad a la hora de realizar la práctica de laboratorio debido a que puede observar los valores medidos directamente en el dispositivo.

Dada la Figura (6), se puede observar la vista general de la implementación física de la práctica, la cual cuenta con inconvenientes que posteriormente conducirán a posibles errores en la medición, puesto que el estudiante que se conecte de manera remota depende directamente la implementación del docente o de la persona que la realizó, además el estudiante no puede verificar si el conexionado del sistema se realizó correctamente, esto obliga de cierta manera a que tenga que validar los datos obtenidos realizando simulaciones de estos.

Regularmente los trabajos realizados para laboratorios remotos que utilizan la arquitectura cliente-servidor, cuentan con conexión de base de datos y cámara de lado del controlador, es ahí donde se presentan diferencias con este trabajo, y se identifican ventajas ya que presentan trabajos más robustos, no obstante, esto se puede interpretar como una pregunta de investigación, en la que se desee realizar un sistema para prácticas de laboratorio lo más minimalista posible, con el fin de reducir costos de implementación y disminuir errores en la conexión con el servidor y en la veracidad de la información.

Tanto este como cualquier otro sistema se encuentra sujeto a mejoras, sin embargo, cabe aclarar que es una estrategia a Educación 4.0, que logró determinar el circuito equivalente de un transformador a partir de las mediciones de corto circuito y vacío en el devanado secundario. Este sistema intenta romper paradigmas en la educación ingenieril tradicional, ya que los ingenieros electrónicos deben contar con este tipo de herramientas en la academia, y así encontrarse en capacidad para resolver problemas que demande la industria. Además, genera un impacto social, brindando oportunidades a estudiantes distantes que con el modelo educativo tradicional no hubieran tenido.

Conclusiones:

Se logró desarrollar una herramienta educativa como aporte a la Educación 4.0 para la formación de ingenieros electrónicos, disminuyendo brechas entre los estudiantes distantes y los regulares, además de que se genera una mayor

disponibilidad de equipos, dado que, de esta forma, los estudiantes pueden tener acceso a estos sin necesidad de estar presentes en el laboratorio, o sin depender expresamente de un docente. Cabe resaltar que la implementación de un laboratorio remoto exige una gran cantidad de trabajo por parte del desarrollador dada la robustez de este, ya que por cada dispositivo que se necesite establecer su control remoto, es necesario realizar la interfaz de conexión con el controlador y su correspondiente librería. Este sistema abre la posibilidad de seguir realizando trabajos en esta área, ya que se pueden agregar elementos tales como, cámaras y micrófonos para que la sensación de presencia en el laboratorio aumente por parte del estudiante.

Además de los laboratorios remotos como estrategia a Educación 4.0, también se puede incursionar en los laboratorios virtuales, ya que estos tienen ventajas relevantes como lo son los bajos costos y se suprimen las implementaciones físicas de los laboratorios.

Por medio de este tipo de sistemas, se puede dar a conocer los organismos sustanciales de las instituciones que oferten el programa, las facultades, y los grupos de investigación encargados de generar conocimiento por parte de la institución. Además, se puede brindar información del espacio de aprendizaje de manera didáctica, y así contribuir al aprendizaje autóctono del estudiante.

Agradecimientos:

Esta investigación se llevó a cabo en el marco del proyecto FODEIN 2019 titulado “Diseño de plataforma educacional para desarrollo remoto de prácticas de laboratorios (Etapa II): Ingeniería aplicada a la Educación”, perteneciente al grupo de investigación Modelado Electrónica y Monitoreo (MEM) de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás, que hizo posible la gestión de recursos para la publicación de este artículo.

Referencias:

Badgujar, J., Jailia, M., & Kumar, A. (2015). Performance metrics of web crawler in client-server and MVC architecture. *IEEE*, 393-398.

Buksnaitis, J. (2016). *Sinusoidal Three-Phase Windings of Electric Machines*. Cham: Springer.

Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., & Lopez-Guede, J. (2009). Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. *Ikastorratza:e-Revista de Didáctica*.

Cárdenas, B., Forero, E., & Navarrete, J. (2019). Design of photovoltaic systems on virtual learning platform. *IEEE*, 1-6.

Caropreso, R., Borges, F., Silva, I., Fernandes, R., & Osorio, D. (2016). Client/server multi-frame data exchange architecture embedded in residential smart meters. *IEEE*.

Castedo, L., Davila, L., González, R., Hernando, M., López, S., Quesada, P., . . . Santos, C. (2008). Arquitectura cliente-servidor para un laboratorio remoto. *TAE*.

Chapman, S. (2017). *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill.

Cheng, Y., Chen, J., Sun, L., & Zheng, Y. (2016). Request Response Scheme on Server for the Centralized P2P-VoD System. *IEEE*.

CIRCUTOR, S.A. (19 de Julio de 2017). *Manual de Instrucciones*. Barcelona, España: CIRCUTOR, S.A.

Creaolo, M., & Poli, D. (2014). Electric Machines and Static Converters. En M. Creaolo, & D. Poli, *Fundamentals of Electric Power Engineering: From Electromagnetics to Power Systems* (págs. 213 - 214). *IEEE*.

Delgado, M., Fernandez, Á., Ruiz, L., Romero, D., Fibla, P., & Romeral, L. (2019). Active Learning based Laboratory towards Engineering Education 4.0. *IEEE*, 776-783.

EcuRed. (2019). IDE de Programación. Obtenido de EcuRed: [https://www.ecured.cu/IDE de Programaci%C3%B3n](https://www.ecured.cu/IDE_de_Programaci%C3%B3n)

eMadrid. (26 de Agosto de 2015). Laboratorios remotos y virtuales. Obtenido de eMadrid: <http://www.emadridnet.org/index.php/es/noticias/425-laboratorios-remotos-y-virtuales>

Engdahl, J. R., & Chung, D. (2014). Fast parallel CRC implementation in software. *IEEE*, 546-550.

Freire, P. (1992). *Pedagogía del oprimido*. Río de Janeiro: Paz e Terra.

Frerich, S., Kruse, D., Petermann, M., & Kilzer, A. (2016). Virtual Labs and Remote Labs: Practical Experience for Eveyone. En S. Frerich, D. Kruse, M. Petermann, & A. Kilzer, *Engineering Education 4.0* (págs. 229-234). Cham: Springer.

Gelvez Figueredo, J. A., & Duque Pardo, J. E. (2006). Procesador de comunicaciones MODBUS. *Revista de la Facultad de Ingenierías fisicomecánicas-UIS Ingenierías*, 133-140.

Gholami, M., Hajipour, E., & Vakilian, M. (2016). A single phase transformer equivalent circuit for accurate turn to turn fault modeling. *IEEE*, 592-597.

- Gieras, J. (2008). *Advancements in Electric Machines*. Dordrecht: Springer.
- Glushan, V., Lavrik, P., & Rybalchenko, M. (2015). Hypergraph model of hierarchical client-server architecture for distributed computing. *IEEE*.
- Godoy, M., & Farret, F. (2017). MODELING ELECTRICAL MACHINES. En M. Godoy, & F. Farret, *Modeling Power Electronics and Interfacing Energy Conversion Systems* (págs. 147 - 175). *IEEE*.
- Guevara, A. (2017). Frontend y Backend. Obtenido de DevCode: <https://devcode.la/blog/frontend-y-backend/>
- Guillod, T., Krismer, F., & Kolar, J. W. (2018). Magnetic equivalent circuit of MF transformers: modeling and parameter uncertainties. *Electr Eng*, 2261–2275.
- Halvorsen, O., & Clarke, D. (2011). Universal Serial Bus. En O. Halvorsen, & D. Clarke, *OS X and iOS Kernel Programming*. Apress.
- Hartono, S., Kosala, R., Harso, S., & Ranti, B. (2018). Smart Hybrid Learning Framework Based on Three-Layer Architecture to Bolster Up Education 4.0. *IEEE*.
- Huang, G., & Zhou, Y. (2008). A Request Handling Mechanism with the Shortest Processing-Time First in Web Servers. *IEEE*, 215-218.
- Hunt, J. (2002). Sockets in C#. En J. Hunt, *Guide to C# and Object Orientation* (págs. 297-303). London: Springer.
- Juca Maldonado, F. (2016). La educación a distancia, una necesidad para la formación de los profesionales. *Revista Universidad y Sociedad*.
- Li, D., Zhang, B., & Cheng, C. (2016). Development of a vehicle monitoring system based on HTML and ASP.NET. *IEEE*, 714-717.
- Logicbus Staff. (14 de Junio de 2019). Logicbus S.A. De C.V. Obtenido de Logicbus: <https://www.logicbus.com.mx/blog/modbus-rtu/>
- Martínez-Velasco, J. A., & de León, F. (2011). Circuito equivalente de un transformador con regulación. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 93-109.
- Microsoft. (2019). ASP.NET Web Forms. Obtenido de Microsoft.
- Microsoft. (2019). Microsoft azure. Obtenido de Microsoft azure: <https://azure.microsoft.com/es-es/>
- Nikhil , J., Pavan , J., Darshan , H., Anand , K., Gaurav , J., & Yamuna , D. (2019). Digital Remote Labs Built by the Students and for the Students. En M. Auer, & R. Langmann, *Smart Industry & Smart Education. REV 2018. Lecture Notes in Networks and Systems* (págs. 261-268). Cham: Springer.
- Omori, M., & Nishi, H. (2018). Request Distribution for Heterogeneous Database Server Clusters with Processing Time Estimation. *IEEE*, 278-283.

Ortelt , T., Pekasch, S., Lensing, K., Guéno, P., May, D., & Tekkaya, A. (2016). Concepts of the International Manufacturing Remote Lab (MINTReLab) – Combination of a MOOC and a Remote Lab for a Manufacturing Technology Online Course. En S. Frerich, M. Tobias, A. Richert, M. Petermann, S. Jeschke, U. Wilkesmann, & E. Tekkaya, Engineering Education 4.0. Cham: Springer.

Özsu, T. (2018). Client-Server Architecture. New York: Springer.

Perales, M., Pedraza, L., & Moreno-Ger, P. (2019). Work-In-Progress: improving Online Higher Education with Virtual and Remote Labs. IEEE, 1136-1139.

Ramos, B. (16 de Diciembre de 2015). ¿Cómo integramos los lenguajes HTML, CSS, y JavaScript? Obtenido de TYC GIS Soluciones Integrales SL: <https://www.cursosgis.com/como-integramos-los-lenguajes-html-css-y-javascript/>

Riduttori, B. (1995). Electric Machines. En B. Riduttori, Gear Motor Handbook (págs. 395-405). Heidelberg: Springer.

Segura, D., & Forero, E. (2019). Architecture for the management of a remote practical learning platform for engineering education. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

Shabarinath, B., & Gaur, N. (2013). MODBUS communication in microcontroller based elevator controller. IEEE.

Troelsen, A., & Japikse, P. (2015). C# 6.0 and the .NET 4.6 Framework. Berkeley: Apress.

Troelsen, A., & Japikse, P. (2015). Introducing ASP.NET Web Forms. En A. Troelsen, & P. Japikse, C# 6.0 and the .NET 4.6 Framework (págs. 1385-1433). Berkeley: Apress.

Valenzuela, T. M. (2010). La importancia de la educación en la actualidad.

Villagómez, C. (30 de Diciembre de 2017). CCM Benchmark Group. Obtenido de CCM: <https://es.ccm.net/contents/407-usb-bus-de-serie-universal>

Weis, O. (6 de Diciembre de 2019). Eltima. Obtenido de Base de Conocimientos de Eltima: <https://www.eltima.com/es/article/rs485-communication-guide/>

Xiao, M., Liu, Y.-H., & Hu, Q. (2016). Design and Implementation of Socket-Based-Network Connections Smart Home System. IEEE, 756-760.

Xue, M., & Zhu, C. (2009). The Socket Programming and Software Design for Communication Based on Client/Server. IEEE, 775-777.

Yang, B., Cao, L., & Yang, J. (2016). Equivalent circuit model for the insulated core transformer. NUCL SCI TECH.

PALABRAS CLAVES

INGENIERÍA BIOMÉDICA,
METODOLOGÍA STEM+H,
POSGRADO EN INGENIERÍA,
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS,
HERRAMIENTA DE EDUCACIÓN.

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA STEM+H COMO HERRAMIENTA PARA LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE POSGRADO EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Paula Andrea Gómez Vélez, Nelson Javier Escobar Mora, Gloria Liliana Vélez
Saldarriaga, María del Pilar Rivera Vega

Universidad Pontificia Bolivariana

Colombia

Sobre los autores:



Paula Andrea Gómez Vélez: Especialista en Ingeniería Biomédica y egresada de Maestría en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente pasante de investigación en la Universidad Pontificia Bolivariana en el área de ingeniería clínica y hospitalaria del Grupo de Investigación en Bioingeniería.

Correspondencia: paula.gomezv@upb.edu.co



Nelson Javier Escobar Mora: Nelson Javier Escobar Mora. Ingeniero mecánico de la Universidad INCCA de Colombia, Magíster en Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes Bogotá D.C. Profesor titular y coordinador de la Especialización en Ingeniería Biomédica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Líder de la ruta de formación en Ingeniería Biomédica y miembro del Grupo de Investigación en

Bioingeniería de la UPB.

Correspondencia: nelson.escobar@upb.edu.co



Gloria Liliana Vélez Saldarriaga: Doctora en Ingeniería Electrónica en la Universidad de Antioquia con reconocimiento Cum Laude. Experiencia laboral en el sector ganadero, salud y educativo. Docente titular y coordinadora de la Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Correspondencia: gloria.velez@upb.edu.co



María del Pilar Rivera Vega: Magíster en Diseño de Producto de la Universidad Pontificia Bolivariana. Se ha desempeñado como asesora técnica y comercial, coordinadora académica, tutora virtual, docente e investigadora.

Correspondencia: paula.gomezv@upb.edu.co

Resumen

La metodología STEM+H es particularmente útil en la formación ingenieril ya que integra ciencia, tecnología, matemática e ingeniería para dar solución a problemas en el marco de las humanidades. El presente trabajo muestra la implementación de esta metodología en la formación de un estudiante de posgrado en ingeniería. Para esto, se utilizó un plan de formación de tres fases mediante las cuales el estudiante abordó un problema asociado con la ruta de formación en ingeniería biomédica. Así, se comenzó desde la fundamentación asociada con los principios científicos y los modelos matemáticos asociados, obtenidos a través de cursos teórico-prácticos e indagación guiada. Posteriormente, se ampliaron conceptos asociados con las necesidades del problema y los conocimientos de la fase previa para encontrar posibles soluciones y determinar las tecnologías a utilizar en la implementación de la solución. Como resultado se tiene la formación de un estudiante que aprovecha las herramientas curriculares del programa de posgrado para abordar el problema que se le plantea, integrando las disciplinas STEM+H en su formación. En conclusión, la metodología STEM+H proporciona bases suficientes para abordar un problema y abarcar ampliamente las necesidades que le competen haciendo uso de dinámicas de aprendizaje en formación de posgrado.

Palabras Claves: Ingeniería biomédica, metodología STEM+H, posgrado en ingeniería, solución de problemas, herramienta de educación.

STEM+H methodology as a training tool for postgraduate students at Universidad Pontificia Bolivariana

Abstract

The STEM+H methodology is particularly useful in engineering training since it integrates science, technology, mathematics and engineering to solve problems within the framework of humanities. This paper presents the implementation of this methodology in the training of a postgraduate student in engineering. For this, a three-phase training plan was used where the student addressed a problem related with the biomedical engineering training path. Thus, it began from the foundation associated with scientific principles and mathematical models, obtained through theoretical and practical courses and guided inquiry. Subsequently, concepts associated with the needs of the problem and the knowledge of the previous phase were expanded to find possible solutions and determine the technologies to be used in the implementation of the solution. As a result, there is the training of a student who takes advantage of the curricular tools of the postgraduate program to address the problem that arises, integrating the STEM+H disciplines in her education. In conclusion, the STEM+H methodology provides sufficient bases to address a problem and broadly cover the competing needs of it by using learning dynamics in postgraduate training.

Keywords: Biomedical engineering, STEM+H methodology, postgraduate in engineering, problem solving, training tool.

Introducción:

En educación, se habla de STEM como una metodología de educación a través de la solución de problemas que integren las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Heil, Pearson, & Burger, 2013), la cual se ha utilizado en diferentes niveles de formación con la intención de promover, especialmente en la población infantil, la curiosidad e imaginación a través de la experiencia (Cilleruelo & Zubiaga, 2014).

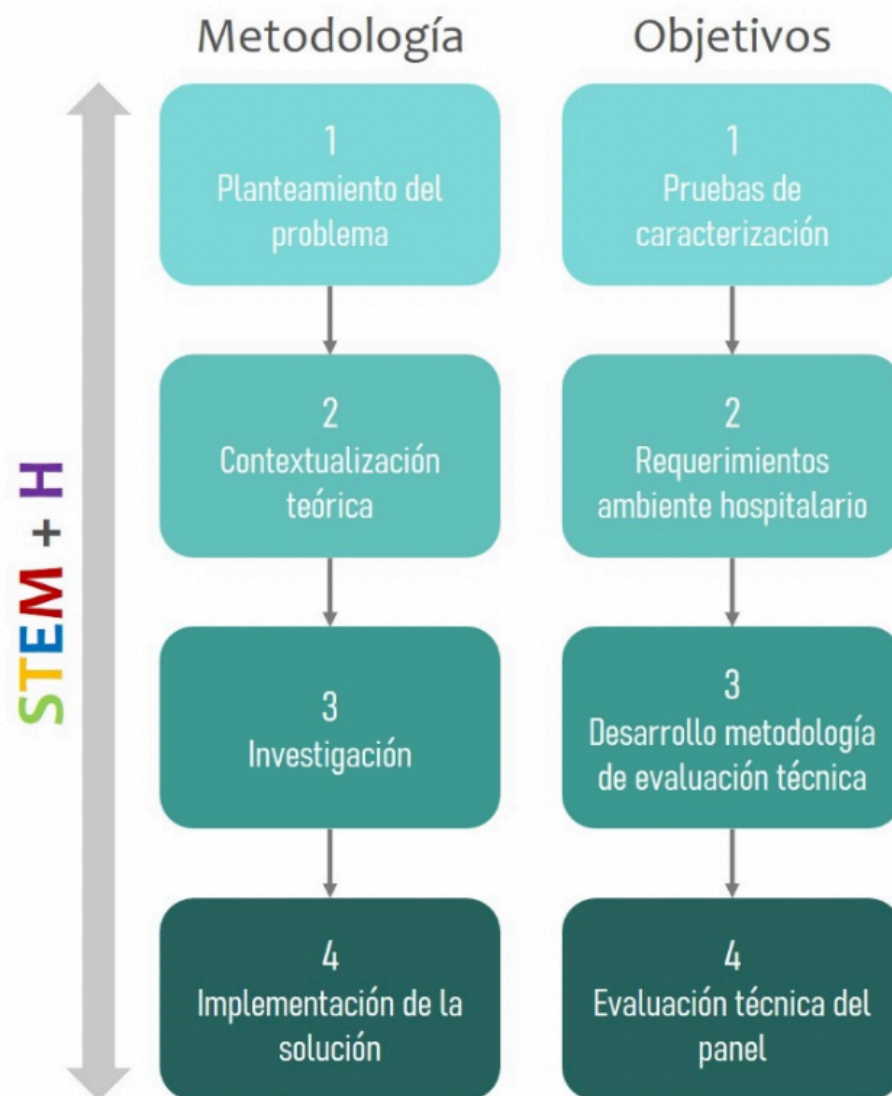
La ingeniería de por sí es una profesión STEM que, por su naturaleza, toma los principios de la ciencia y las matemáticas y los utiliza para resolver problemas dados por necesidades humanas mediante la implementación de instrumentos tecnológicos. Sin embargo, es común que la formación tradicional a nivel de pregrado y posgrado, que se fundamenta en clases magistrales, se aleje de la intencionalidad STEM de promover la aplicación de los conceptos y materializar soluciones asociadas que propendan por la resolución de problemas y mejoras a través de invenciones, desarrollos o modificaciones importantes en tecnologías, productos, servicios o procesos ya existentes.

Es por esto que, en la Universidad Pontificia Bolivariana se ha venido incursionando con la metodología STEM como base de la formación en la escuela de ingenierías por medio de la implementación de “currículos innovadores” que, bajo los principios de flexibilidad, interdisciplinariedad, integración, interculturalidad, contextualización e internacionalización, involucran estrategias de aprendizaje basadas en situaciones y necesidades tangibles abordadas en base a los conocimientos adquiridos mediante las técnicas educativas tradicionales (Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), 2018). Como ejemplo, en el marco del CIFCOM realizado en el año 2018, se expuso un caso de formación de un estudiante de doctorado en ingeniería con base en la metodología integradora STEM mediante la cual se evidenciaron la amplia gama de beneficios y oportunidades que brinda la interdisciplinariedad de esta metodología de formación en la solución de problemas y retos actuales (Escobar, Merlano, Salazar, Pérez, & Hoyos-Palacio, 2019). Así, en el caso particular de este trabajo se presenta cómo se utiliza la metodología STEM en el marco de formación de un estudiante a nivel de posgrado en ingeniería, pero generando un giro interesante al incluir el factor humano (STEM+H) que encaja especialmente con el problema que se aborda en el trabajo de grado que fundamenta el ejercicio formativo (Alcaldía de Medellín, 2019). Para esto se plantea un problema y, a partir de ahí, se genera un proceso de formación que permita al estudiante adquirir las herramientas necesarias y suficientes para dar solución al mismo (Bogdan & Greca, 2016).

Metodología:

La formación del estudiante de posgrado en ingeniería tiene un enfoque marcado hacia la ruta de formación en ingeniería biomédica y se aborda desde 4 fases fundamentales: la primera es el planteamiento del problema, la segunda es la conceptualización teórica de los principios científicos y los modelos matemáticos que

se deben tener en cuenta para contextualizar el problema y entenderlo plenamente; la tercera incluye un proceso investigativo en el que el estudiante debe indagar cómo puede iniciar con el abordaje del problema y plantear soluciones integrales para este; y la cuarta implica la implementación de los instrumentos necesarios para ejecutar la solución y resolver el problema. Todas estas fases están asociadas a los objetivos del proceso investigativo del estudiante planteados para el trabajo de grado del estudiante en cuestión y esto se puede ver reflejado en la Figura 1.



Desarrollo

A continuación, se describe cada una de estas fases de formación del estudiante en el marco del posgrado en ingeniería.

Fase 1: Planteamiento del problema

Desde el año el año 1972, la Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó que el ruido constituía una forma más de contaminación que afecta a todo tipo de

entornos, incluyendo los ambientes hospitalarios (Cunha & Silva, 2015). Sin embargo, estos espacios de alto rigor en normativa implican un gran reto para la industria del acondicionamiento acústico, lo cual llevó a que, en el año 2015, Rivera-Vega et al. (Rivera Vega, 2015) desarrollaran un panel con propiedades de reducción de ruido que pudiera ser utilizado en entornos hospitalarios.

No obstante, para escalar este panel a nivel industrial es importante conocer que cumple con las características técnicas necesarias para disponerse en entornos con alto riesgo de infecciones (Organización Mundial de la Salud, 2002). En este sentido, al estudiante se le plantea la necesidad de evaluar las propiedades técnicas del panel acústico en el marco de las funciones y el tipo de espacios en los que se va a utilizar.

Adicionalmente, el estudiante debe dar continuidad al concepto de calidez de hogar generado en el marco del trabajo de Rivera-Vega et al. (Rivera-Vega, Galeano-Upegui, Escobar-Mora, & Patiño-M., 2015; Rivera Vega, Escobar Mora, Galeano Upegui, & Gómez Vélez, 2018), en el cual se busca mejorar la disposición de los espacios hospitalarios donde se puede utilizar el panel acústico como mobiliario de separación de espacios que, a su vez, permita al paciente sentirse en un espacio tranquilo, emulando su concepción de hogar, para que pudiera tener un proceso de recuperación más rápido.

Fase 2: Conceptualización teórica

Esta fase, como se mencionó previamente, tiene como objetivo fundamental considerar cuál es el contenido del marco teórico que necesita el estudiante como conocimiento base para entender el problema e incluso también para darle solución.

Como fundamento principal, se desglosó el problema planteado en la fase previa para encontrar las temáticas relevantes sobre las cuales, posteriormente, se enfocó la contextualización. Así, se encontraron tres ejes temáticos fundamentales: el fenómeno de la absorción acústica y lo asociado con las propiedades y funciones del panel, el segundo involucra el ambiente hospitalario que es el entorno final donde se utiliza el panel y, el tercero se refiere al concepto de calidez de hogar y su implementación en el análisis del panel acústico.

Para esto, se utilizaron dos métodos de adquisición de conocimiento: cursos teórico-prácticos e indagación guiada (Bogdan & Greca, 2016). Los cursos se enfocaron primordialmente en la caracterización de los ambientes hospitalarios para lo cual se utilizaron las normativas colombianas y los requerimientos específicos asociados a la gestión de riesgo en este tipo de entornos. La principal herramienta

para rescatar información sobre los entornos hospitalarios fue la Resolución 2003 de 2014, en la cual se especifican los lineamientos mínimos requeridos para la prestación de servicios en salud en Colombia (Ministerio de salud y protección social, 2014b). Con esta resolución se trabajó en diferentes cursos con el fin de comprender las necesidades de los ambientes hospitalarios y las diferentes formas como se subsanan algunas de esas necesidades en la actualidad, especialmente asociadas al tema de mobiliario y estructuras afines al panel acústico.

La mayor parte de los conceptos científicos como el comportamiento del ruido en ambientes interiores y los conceptos mecánicos de la estructura del panel se obtuvieron mediante indagación guiada, para lo cual el estudiante tuvo como base los principios considerados en el trabajo realizado por Rivera-Vega et al. En cuanto al tema de las propiedades acústicas, se encuentra que el panel funciona como una barrera absorbente; esto significa que cuando una onda sonora choca contra la superficie del panel, la energía de la onda incidente se divide en tres: una parte se devuelve a modo de onda reflejada y el resto ingresa al material que compone el panel y que, al ser absorbente, transforma una parte de la energía en calor y la restante la deja pasar como onda transmitida (Carrión Isbert, 1998). Por otra parte, lo relacionado con la estructura del panel se basó en el enfoque de seguridad y soporte, esto implicó no solo considerar las cuestiones asociadas a las dimensiones y materiales utilizados en el panel, sino también cuestiones asociadas al uso del panel. Debido a esto, algunas de las consideraciones particulares al respecto se fundamentaron en la Resolución 2400 de 1979, donde se indican los lineamientos de seguridad para puestos de trabajo (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Así, se encontró una convergencia entre la parte funcional del panel y la necesidad de integrarlo a un ambiente lleno de personas, por lo que se incluyeron las humanidades como una disciplina integradora del modelo de formación tomando como eje transversal el concepto de calidez de hogar al involucrar los conceptos de seguridad del paciente y humanización de los servicios en salud, los cuales pretenden hacer que los pacientes estén seguros y tranquilos durante su proceso de recuperación en la estadía hospitalaria (Rivera Vega et al., 2018). Todo esto con la intencionalidad de enfocar la solución en los usuarios finales con la mayor beneficencia para los mismos y la minimización de los riesgos asociados.

Con toda esta información frente al ambiente hospitalario, el comportamiento acústico de un material absorbente y los conceptos relacionados con la estructura del panel, se da paso a la fase de investigación con el interés de buscar diferentes alternativas para abordar el problema y poder encontrar una solución adecuada.

Fase 3: Investigación

La fase de investigación implica una indagación independiente del estudiante (Bogdan & Greca, 2016), cuyo objetivo es utilizar los conocimientos aprendidos para la contextualización y entendimiento del problema como la base para desplegar amplia cantidad de nuevos conocimientos y maneras de abordar el problema y ofrecer una solución.

Así, se tomaron nuevamente las tres temáticas básicas: la funcionalidad del panel, los ambientes hospitalarios y el concepto de calidez de hogar. Luego se realizó un reconocimiento de las necesidades que implicaban estos temas frente a las características técnicas del panel que se considerarían ideales para esta aplicación en particular.

Desde la temática de la absorción acústica, que es básicamente la función principal del panel, se estudiaron las características de las cuales depende cuánto absorbe un material como por ejemplo el espesor del mismo, el área que cubre como divisor de espacios, las dimensiones del panel, los recubrimientos externos, entre otros.

Por otra parte, frente a las necesidades del ambiente hospitalario se indagó respecto a los requerimientos de aseo, los riesgos y todo lo asociado a la seguridad del paciente, salud y seguridad en el trabajo y normativas asociadas a lineamientos de atención en salud con estándares de alta calidad en salud. Este tema en particular estuvo permeado por el concepto de calidez de hogar entendiendo que el panel además de brindar tranquilidad, también debe ser un elemento seguro y útil en el espacio hospitalario. Esta indagación permitió encontrar diferentes puntos de vista para evaluar las características técnicas del panel y compararlas frente a los parámetros requeridos para los ambientes hospitalarios. Estos últimos se obtuvieron de una amplia revisión bibliográfica, reportadas por Gómez-Vélez et al. en el año 2018 (Paula Andrea Gómez-Vélez, Gallo-Pizano, Rivera-Vega, Galeano-Upegui, & Escobar-Mora, 2018).

Con base en esto, se determinaron una serie de ensayos o pruebas mediante las cuales se puede verificar que el panel cumple con las condiciones exige el ambiente hospitalario. En la Tabla 1 se muestra cada una de las características relevantes que se deben considerar para la caracterización técnica del panel y los ensayos o pruebas que se van a implementar para la evaluación de cada una de estas características.

Característica	Ensayos
Absorbe ruido	Ensayo de absorción acústica
Lavable y con acabados lisos	Ensayo de mojabilidad
No inflamable	Ensayo de inflamabilidad
Seguro, estable y fácil de manipular	Análisis de la estructura del panel Ensayo de usabilidad

Tabla 1: Características y ensayos de evaluación técnica asociados.

Todos los ensayos implican el uso de herramientas o instrumentos tecnológicos de diferentes niveles de complejidad que permiten evidenciar las características del panel. Por ejemplo, los sonómetros son los elementos utilizados para la medición de los niveles de ruido en el ensayo de absorción acústica y constituyen un elemento tecnológico al igual que una báscula o un tallímetro como los que se utilizan para las mediciones del peso y las dimensiones del panel.

Es importante mencionar que la matemática también es fundamental en estos ensayos; bien sean modelos complejos como los usados para la conversión de la energía acústica en nivel de ruido o ecuaciones simples como el cálculo de la velocidad de propagación de la llama, las matemáticas están presentes en la evaluación cuantitativa de las características técnicas del panel.

Dentro de los ensayos considerados, se puede decir que el de usabilidad sería el único que no involucra mediciones cuantitativas para la caracterización del panel ya que depende, según la norma ISO 9241-11:1998 (International Organization for Standardization, 1998), de la experiencia del usuario frente al producto, en este caso el panel acústico, en un entorno y uso particular. Esto constituye una evaluación cualitativa que va en la línea de las humanidades y en el marco del concepto de calidez de hogar.

Una vez claras estas características y los ensayos a usar para evaluarlas y, definidos los instrumentos tecnológicos y modelos matemáticos asociados, se procede al abordaje de la siguiente fase.

Fase 4: Implementación de la solución

La implementación de la solución tiene como propósito resolver el problema, utilizando todas las herramientas conceptuales y los instrumentos tecnológicos encontrados en las fases anteriores.

Así, se presentan a continuación las pruebas realizadas con la respectiva descripción de las herramientas y conceptos aplicados para la obtención e interpretación de los correspondientes resultados.

Ensayo de absorción acústica

La función principal del panel acústico es atenuar los niveles de ruido. Esto se da a través del fenómeno de transformación de la energía (Párraga Velásquez & García Zapata, 2005). Para saber si efectivamente un material absorbe o no energía proveniente de las ondas sonoras, es necesario realizar un ensayo de absorción acústica. Si bien hay gran variedad de técnicas para ello, en este caso se seleccionó el método de medición con un tubo de impedancia, debido a que permite caracterizar acústicamente el material sin requerir muestras o espacios muy grandes (ASTM International, 2016).

Este método se llevó a cabo con base al estándar ISO 10534-1 (International Organization for Standardization, 2002) / ASTM C384 “Método de prueba estándar para impedancia y absorción de materiales acústicos por método de tubo de impedancia” (ASTM International, 2016). En este se genera una onda sonora que viaja a través del tubo e impacta en la superficie del material, produciendo una onda estacionaria que es analizada con un micrófono insertado al interior del tubo y que permite conocer la relación entre la energía absorbida y transmitida respecto a la energía incidente (Arcila Fernández, 2015).

La realización del ensayo puso especial énfasis en el comportamiento del coeficiente de absorción (α) en las frecuencias asociadas con la voz ya que son los sonidos predominantes en el ambiente hospitalario que se pueden hacer molestos y convertirse en ruido (Rivera Vega, 2015). La mayor contribución frecuencial de la voz se da en las frecuencias medias (cercas a los 500 Hertz) pero no se hace entendible sino hacia los 2000 Hertz por lo cual, ese fue el rango frecuencial, en el que se buscó obtener mayor absorción (Luna, Bevacqua, & Salvay, 2011).

Con estos parámetros, se realizó el ensayo, primero sólo con el material interior del panel y, posteriormente, incluyendo la cubierta microperforada para conocer si el comportamiento acústico del material se afectaba con el uso de la protección externa.

En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos, los cuales evidencian una gráfica de comportamiento similar a un filtro pasa bandas (Huiracán, 2014). En este caso, lo que representa este comportamiento es que el material utilizado en el interior del panel absorbe bien en el rango de frecuencias comprendidas entre 600 Hertz y 2400 Hertz aproximadamente y, por ende, tiene poca reflexión de ondas, lo cual se traduce en una considerable reducción de ruido en dicha banda frecuencial.

Como se muestra en la Figura 2, la inclusión de la cubierta microperforada como requerimiento de limpieza para el ambiente hospitalario, no tiene una afectación representativa sobre la propiedad de absorción acústica del material, pero si ofrece un valor agregado para el entorno final de uso del panel.

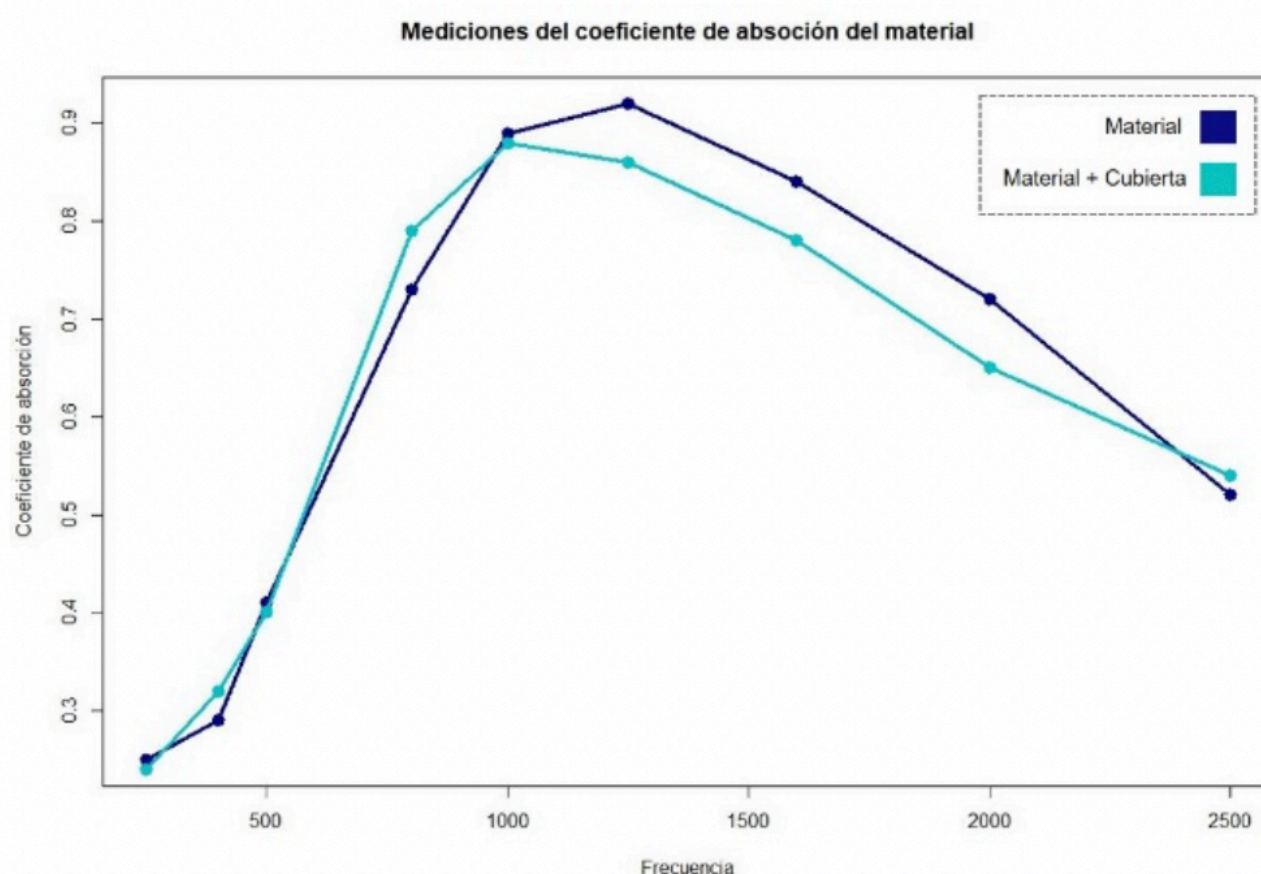


Figura 2: Gráfica del coeficiente de absorción (α) por frecuencias, del material absorbente acústico (Rivera Vega, 2015)

Ensayo de mojabilidad

Para cuantificar la reacción a los líquidos del material del panel acústico, se realizó una prueba de ángulo de contacto por medio de la cual se determina la interacción superficial entre el material y el líquido con base en el ángulo que se forma entre la superficie y la tangente de la gota de líquido que se deposita en el mismo (Bracco & Holst, 2013). Así, el ángulo y la mojabilidad tienen una relación

inversamente proporcional, por lo que a mayor ángulo menor es la mojabilidad del material (Mittal, 2015).

La intencionalidad de esta prueba es identificar si el agua logra penetrar el material, lo cual implicaría que el material es absorbente de líquidos y sería contraindicado para el entorno hospitalario bajo las condiciones de aseo que se exigen en estos espacios.

Es importante mencionar cómo es la superficie expuesta del panel que entraría en contacto con líquidos durante la limpieza del mismo. El material que tiene propiedades de absorción acústica consta de un compuesto de textiles no tejidos en una configuración específica que está cubierto en ambas caras por una lona microperforada (Paula Andrea Gómez-Vélez et al., 2018). Dicha lona permite que la superficie del panel tenga un acabado liso y lavable, sin embargo, al tener perforaciones, permite el paso de líquidos. Por esto, se definió como necesario hacer el ensayo de ángulo de contacto sobre el material contiguo a la lona que es un textil no tejido con características antimicrobianas.

Al realizar el ensayo con la muestra del material interno del panel, se tomaron 3 muestras del textil no tejido y se les midió el ángulo de contacto depositando 10 microlitros de agua destilada sobre el espécimen. El equipo toma mediciones del ángulo durante aproximadamente 20 segundos y se encontró que el ángulo de contacto puede variar entre 132.8 grados y 156.3 grados, lo cual significa que el material tiene baja mojabilidad, y puede ser lavado sin acumular humedad en el interior. Esta característica es ideal para los ambientes hospitalarios y se adapta adecuadamente a los protocolos de limpieza y desinfección de estos espacios (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, 2010).

Ensayo de inflamabilidad

Para el ensayo de inflamabilidad se seleccionó la prueba de velocidad de propagación de la llama, la cual se especifica en la norma EPA 1030 y consiste en tomar una muestra de material de 10 centímetros de largo y 2 centímetros de ancho y someterla en un extremo a una llama de 1000 grados centígrados.; inmediatamente se debe comenzar a cronometrar el tiempo que tarda en propagarse la llama hasta el extremo opuesto del material y con ello se calcula la velocidad (United States Environmental Protection Agency, 2014).

Como resultado, se pueden tener varias alternativas (United States Environmental Protection Agency, 2014):

1. El material no se enciende: se da cuando al colocar la llama en el extremo del material, este no propaga la llama, es decir; o no se incendia o se consume con la llama.

2. El material se enciende: en este caso, al acercar la llama al extremo del material, este se incendia y comienza a generar la propagación de la llama. De este igualmente, puede haber dos posibles desenlaces:

a. La velocidad de la propagación de la llama es menor o igual a 2.2 mm/min.

b. La velocidad de la propagación de la llama es mayor a 2.2 mm/min

Con estos parámetros, la prueba se determina positiva únicamente cuando se da la última condición, para el resto la prueba se da como negativa (United States Environmental Protection Agency, 2014).

Así, se procedió entonces a la realización del ensayo en el cual se evidenció que el material tiene tendencia a consumirse por el fuego y, aunque la llama tiene una ligera propagación a lo largo del material, no es uniforme sino por secciones, lo cual hace que el resultado del ensayo sea negativo, es decir que el material no se considera inflamable, característica ideal para el entorno hospitalario según los requerimientos de habilitación y acreditación en salud (Ministerio de salud y protección social, 2014a, 2014b).

Análisis de la estructura del panel

Para el análisis de la estructura del panel se tuvieron en cuenta las características propias del material para evaluar su comportamiento frente a los requerimientos propios del ambiente hospitalario (Gómez Vélez, Gallo Pizano, Escobar Mora, Rivera Vega, & Galeano Upegui, 2018). Para la evaluación se consideraron seis materiales: acero, acero inoxidable, aluminio, policloruro de vinilo (PVC), polipropileno y madera plástica; y se tuvieron seis criterios de evaluación: mantenimiento, propiedades técnicas del material, proceso de manufactura (de la estructura del panel), costo, disponibilidad y consideraciones asociadas a la disposición final (Gómez Vélez et al., 2018). Durante el proceso de evaluación se implementaron y construyeron las matrices de relación de propiedades técnicas y requerimientos, la matriz PUGH (para encontrar diferencias significativas en el comportamiento general de los materiales) y finalmente una matriz de evaluación de materiales (Gómez Vélez et al., 2018; Ulrich & Eppinger, 2004).

Es importante mencionar que, si bien hay varias características en el panel que contribuyen al concepto de calidez de hogar asociadas a la seguridad del uso del

elemento como tal en el ambiente hospitalario (que son principalmente las que se evalúan en este análisis), hay también características asociadas al factor estético del panel que posibilitan la generación de espacios más acogedores y tranquilos, tal como la alternativa de colocar una impresión en la cubierta del panel para que sea un elemento también decorativo y no solamente funcional en el espacio (P A Gómez-Vélez, Rivera-Vega, Galeano-Upegui, & Escobar-Mora, 2019).

El análisis cuantitativo de la estructura del material evidenció que el material más adecuado para la estructura del panel es el aluminio debido a que cuenta con las características que presentan mejor comportamiento respecto a los requerimientos del ambiente hospitalario.

El análisis tuvo como resultado las siguientes conclusiones (Gómez Vélez et al., 2018):

- El aluminio tiene un peso específico de 2.7 gramos/centímetro cúbico, lo cual hizo que la estructura fuera liviana para ser transportada, pero firme y estable para evitar inconvenientes por caídas (DELMETAL, 2018).
- El aluminio tiene una capa superficial de óxido que funciona como una protección ante la corrosión y diferentes tipos de agentes químicos y, aunque genera algo de rugosidad, es baja, lo que permite lograr acabados lisos (Madecentro, 2018).
- La disponibilidad comercial del aluminio favorece la adaptación de las dimensiones del panel según los requerimientos del espacio, además de que facilita la construcción del panel, tanto por los accesorios como por las herramientas y procesos que esto implica.
- Finalmente, una vez el panel llegue al final de su vida útil, la estructura se podrá someter a diferentes procesos para reciclarlo y utilizarlo en otro tipo de aplicaciones (Madecentro, 2018).

Ensayo de usabilidad

Para el ensayo de usabilidad se sometió el panel a las condiciones de uso para las cuales fue diseñado. Para esto, se definieron previamente las acciones que son competentes a cada tipo de personal con el fin de verificar cómo las realizaron considerando el tiempo, posturas y gestos faciales (Rivera Vega, 2015).

Como se mencionó previamente, este ensayo es primordialmente cualitativo y tiene como objetivo evaluar la experiencia del usuario con el panel y verificar que es un elemento de fácil manipulación y que no representa un riesgo para las personas que hacen uso de él (Sanchez Llano, 2016); con condiciones alineadas con el concepto

de calidez de hogar y asociadas a los temas de salud y seguridad en el trabajo, seguridad del paciente y humanización de los servicios de salud (P A Gómez-Vélez et al., 2019).

El ensayo se realizó en una habitación compartida en el área de pediatría de una Institución Prestadora de Servicios de Salud de la ciudad de Medellín y se dispuso de personal de mantenimiento y personal asistencial para la realización del montaje y puesta en uso del panel acústico (Rivera Vega, 2015).

Inicialmente se le entregó al personal de mantenimiento el panel y el correspondiente manual de usuario donde se indicaron las instrucciones de ensamble y posicionamiento del panel. Una vez ensamblado, se incluyó al personal asistencial para la ubicación, lo que incluyó plegarlo, abrirlo y posicionarlo en el espacio que separa ambas camas hospitalarias al interior de la habitación. Al mismo tiempo, una persona procedió con un ejercicio de observación y registro del tiempo empleado para la ejecución del ejercicio, las posturas utilizadas y los gestos faciales que generó la actividad (Rivera Vega, 2015).

Como resultado, se obtuvo un análisis con las siguientes conclusiones (Rivera Vega, 2015):

- Tanto el personal de mantenimiento como el asistencial realizaron sin inconvenientes todos los pasos para disponer y posicionar el panel en el espacio deseado.
- El proceso de armado y posicionamiento del panel no superó los cuatro minutos de duración, lo cual hace que sea un elemento que ágilmente se puede disponer para realizar separaciones en los servicios de la institución.
- El personal de mantenimiento y asistencial de la institución que realizó la prueba, se dejó guiar principalmente por su experiencia e instinto para utilizar y posicionar el panel aun cuando se les entregó el manual necesario.
- Todo el personal que tuvo relación con el panel, adoptó posturas previamente consideradas en el uso del mismo y que no representan riesgos para el usuario, por lo que se da cumplimiento a las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Resultados

El proceso formativo del estudiante de posgrado en ingeniería con la metodología STEM+H, posibilitó la solución del problema planteado con base en las necesidades reales del mismo y considerando principalmente el entorno y los usuarios para los cuales estaba diseñado el panel. Esto ofreció un panorama amplio y claro para

la contextualización de las temáticas y los conceptos principales e intrínsecos del producto en el entorno hospitalario.

Debido a esto, se presentaron como resultados cuatro artículos científicos que detallan todo el proceso de contextualización fundamentado siempre en el componente humano y la interacción del panel con el usuario y el entorno donde se desempeña, y el título de posgrado que hace parte del proceso formativo.

Artículo “Diseño de un panel acústico para uso en el ambiente hospitalario”

Este artículo presenta uno de los análisis realizados para el diseño del panel acústico en el cual se parte desde una búsqueda sistemática de información asociada a cinco temáticas: ambiente hospitalario, consideraciones de limpieza y desinfección, salud ocupacional, niveles de ruido en hospitales y seguridad del paciente (Paula Andrea Gómez-Vélez et al., 2018). Esto fundamenta el diseño ingenieril enfocado en el usuario y el entorno final. De ahí se extrajeron ciertos requerimientos de diseño que posteriormente se aplicaron a los bocetos preliminares y a los criterios de evaluación de los mismos para acotar el diseño a las necesidades reales (Paula Andrea Gómez-Vélez et al., 2018).

Este artículo se presentó como ponencia en el marco del Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica, evento realizado por la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia) en su novena versión, como participación de la temática correspondiente a “logística e ingeniería hospitalaria y sistemas de información médica” (Universidad de los Andes, 2018).

Artículo “Innovación tecnológica en el proceso de diseño de un panel acústico para el ambiente hospitalario”

Este artículo, presentado como ponencia en la quinta edición del Encuentro Internacional de Innovación Tecnológica realizado por la Universidad Francisco de Paula Santander (Ocaña, Colombia) (Universidad Francisco de Paula Santander, 2018), aplicó en el eje temático de “ciencia multidisciplinaria” como una interacción entre un proceso estructurado de diseño de productos y la concepción técnica del producto en sí, considerando factores tanto propios como externos al panel que tenían influencia sobre las necesidades del producto final.

En este artículo se utilizaron diferentes esquemas gráficos como el árbol de objetivos, caja negra y caja transparente para contextualizar el problema e identificar la funcionalidad del panel y su papel en el entorno hospitalarios; y matrices de decisión para relacionar las características y realizar la evaluación de los diseños (P A Gómez-Vélez et al., 2019).

Artículo “Proceso de diseño de un panel acústico para el ambiente hospitalario”

A diferencia de los artículos previos que tienen un enfoque de diseño ingenieril, este artículo se basa en los conceptos más abstractos de la caracterización del entorno y el usuario para el cual está pensado el panel acústico (Rivera Vega et al., 2018). En este artículo se contextualiza la situación de ruido en Medellín donde la mayoría de los espacios de la ciudad oscilan en niveles de ruido entre 65 y 70 decibeles (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015), y se enfoca la solución con base en esto y a la normativa vigente frente a los niveles de ruido, la Resolución 0627 de 2006 (Ministerio de medio ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2006). Adicionalmente, se desarrolla el concepto de calidez de hogar y su importancia en el diseño del producto (Rivera Vega et al., 2018).

Así, se realizó el diseño con referencia en matrices morfológicas y de valoración con los que se consideran alternativas para cada necesidad funcional del panel, se realizan bocetos manuales y finalmente, se selecciona y construye un diseño que reflejó las consideraciones iniciales asociadas al ambiente hospitalario y el concepto de calidez de hogar (Rivera Vega et al., 2018).

Este artículo se presentó en un póster en el décimo tercer Congreso Internacional "Electrónica y Tecnologías de Avanzada" realizado por la Universidad de Pamplona (Bucaramanga, Colombia) (Universidad de Pamplona, 2019b).

Artículo “Selección de material para la estructura de un panel acústico usado en el ambiente hospitalario”

El contenido se enfoca en el análisis de la estructura del panel mencionado previamente, con la intencionalidad de encontrar cuál es el material más apto para construir un prototipo de panel acústico teniendo un diseño previamente definido (Gómez Vélez et al., 2018).

Este artículo se presentó en una ponencia durante la novena versión del Congreso Latinoamericano de Ingeniería Mecánica, el cual fue realizado por la Universidad de Pamplona (Pamplona, Colombia) (Universidad de Pamplona, 2019a).

Título de posgrado “Especialización en Ingeniería Biomédica”

El proceso formativo del estudiante parte como una formación a nivel de especialización alrededor del problema planteado y se continúa desarrollando a lo largo de la maestría para soportar el componente investigativo. Esto se hace posible, debido a la flexibilidad que presentan los currículos de ambos programas y a la articulación que ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana entre los mismos (Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), 2019).

Todos estos resultados fueron obtenidos gracias a la implementación de la metodología STEM + H que logra integrar y relacionar todos los conceptos, principios, modelos, temáticas, etc., que involucra el proceso formativo y que permiten obtener una solución adecuada al problema inicial. En la Figura 3 se presenta un esquema que evidencia esta integración entre los cursos del programa y todas las temáticas de las que se tuvo conocimiento tanto por indagación guiada como por indagación independiente.

Conclusiones:

Las profesiones STEM favorecen un proceso de formación basado en problemas reales y necesidades humanas que requieren ser subsanadas mediante soluciones adecuadas, para lo cual se requiere implementar metodologías que permitan la integración interdisciplinaria de diferentes doctrinas; en este caso la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, teniendo las humanidades como eje transversal en la implementación y ejecución de investigaciones.

La Universidad Pontificia Bolivariana, por su dinámica formativa, incluye en todos los programas un componente de formación humanista que soporta la metodología STEM + H y que pone como principio la educación en el ser y el saber a disposición de las necesidades de la sociedad, enfocando siempre el servicio en beneficio de la humanidad.

Tras haber realizado todo el proceso formativo e investigativo siguiendo los lineamientos de la metodología integradora STEM y, contando con el componente transversal concerniente a las humanidades, los autores concluyen que fue efectiva la

implementación de la misma en el problema planteado y, en general, en todo el proceso formativo. ya que posibilitó un máximo aprovechamiento de todos los conocimientos obtenidos para acotar y adecuar la solución y, finalmente, obtener como resultado conocimiento y formación ingenieril que se pone al servicio de las personas.

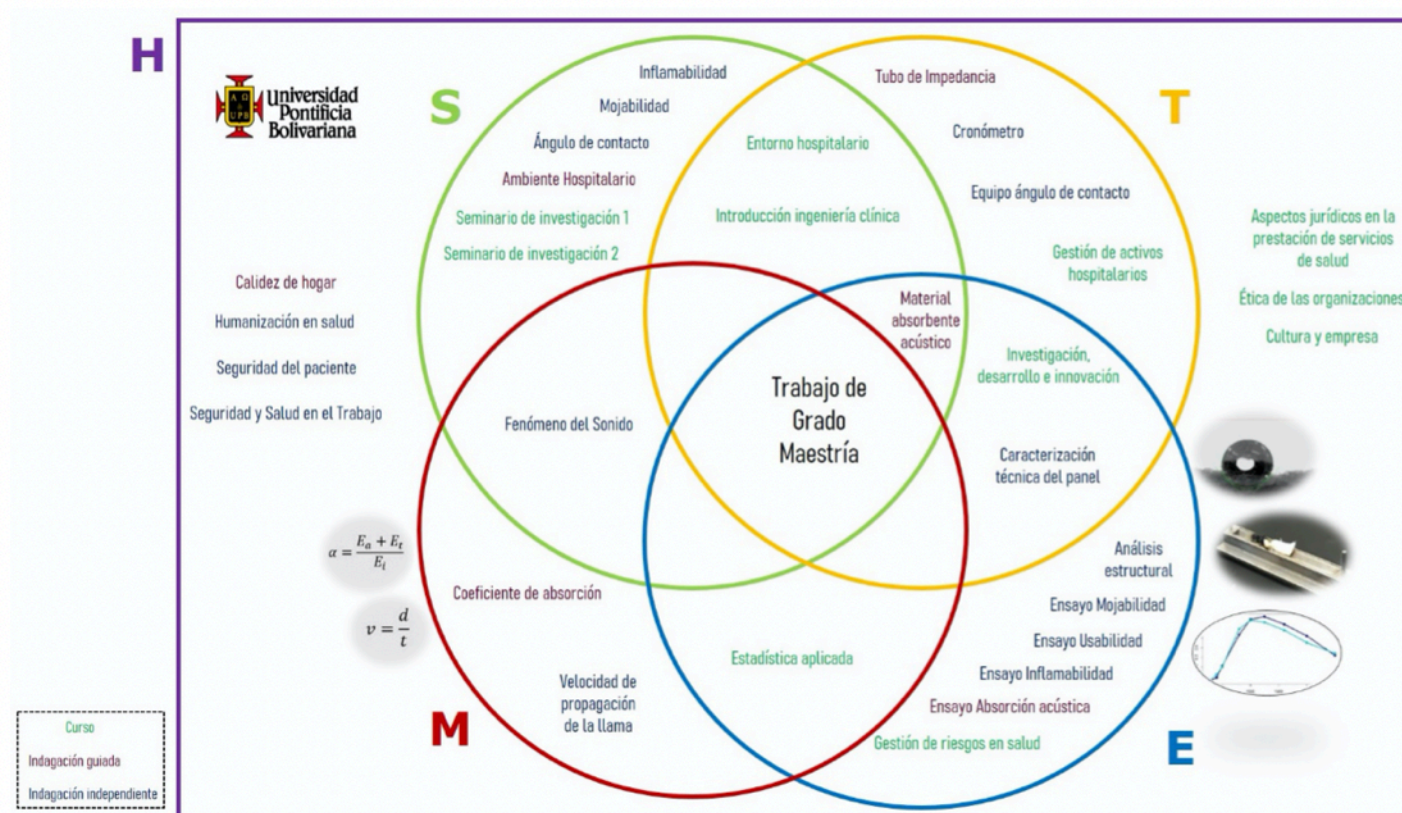


Figura 3: Esquema de integración del proceso formativo en el marco de la metodología STEM+H.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, quien posibilitó la ejecución del proyecto de investigación y apoyó la participación en el CIFCOM 2019. También se agradece a los investigadores Beatriz Janeth Galeano Upegui y Sebastián Gallo Pizano quienes aportaron en el proceso investigativo e hicieron parte de los procesos de caracterización del panel acústico.

Referencias

Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. (2010). Limpieza y desinfección de superficies hospitalarias. Brasilia DF.

Alcaldía de Medellín. (2019). Unidad de educación técnica y tecnológica. Retrieved September 9, 2019, from <https://medellin.edu.co/educacion-tecnica/stem-h>

Arcila Fernández, E. (2015). Caracterización acústica de un material de uso alternativo a partir de la resistencia al flujo y el coeficiente de absorción para evaluar su posible aplicación en soluciones acústicas. Universidad de San Buenaventura.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). Actualización de los mapas de Ruido de la zona urbana de los municipios de Medellín, Bello e Itagüí (1st ed.). Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

ASTM International. (2016). ASTM C384: Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by Impedance Tube Method. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0384-04R16.2>

Bogdan, R., & Greca, I. M. (2016). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria. III Simposio Internacional de Enseñanza de Las Ciencias, 1–5.

Bracco, G., & Holst, B. (2013). Surface Science Techniques. (G. Bracco & B. Holst, Eds.). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34243-1>

Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Primera ed). Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Cilleruelo, L., & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM . Prácticas educativas en la encrucijada arte , ciencia y tecnología An approach to the STEAM . Educational practices at the crossroads art , science and technology, 1–18.

Cunha, M., & Silva, N. (2015). Hospital Noise and Patients' Wellbeing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.117>

DELMETAL. (2018). Aluminio 6063.

Escobar, N., Merlano, A. S., Salazar, Á., Pérez, F. R., & Hoyos-Palacio, L. M. (2019). Desarrollo de un nanomaterial para descontaminación de aguas: un caso de enfoque STEM en formación avanzada. In C. I. de M. T. para la E. y El & D. CIMTED (Eds.), *Experiencias innovadoras en la educación y gestión del talento humano: retos para la educación del futuro* (primera). Corporación CIMTED.

Gómez-Vélez, P A, Rivera-Vega, M. P., Galeano-Upegui, B. J., & Escobar-Mora, N. J. (2019). Technological innovation in the design process of an acoustic panel to the hospital environment Technological innovation in the design process of an acoustic panel to the hospital environment. *Journal of Physics: CONference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1257/1/012012>

Gómez-Vélez, Paula Andrea, Gallo-Pizano, S., Rivera-Vega, M. del P., Galeano-Upegui, B. J., & Escobar-Mora, N. J. (2018). Acoustic Panel Design for Use in the Hospital Environment. In 2018 IX International Seminar of Biomedical Engineering (SIB). Bogotá: IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIB.2018.8467742>

Gómez Vélez, P. A., Gallo Pizano, S., Escobar Mora, N. J., Rivera Vega, M. del P., & Galeano Upegui, B. J. (2018). Selección de un material para la estructura de un panel acústico usado en el ambiente hospitalario. In Avances en Ingeniería Mecánica Memorias IX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Mecánica. Pamplona.

Heil, D., Pearson, G., & Burger, S. (2013). Understanding Integrated STEM Education: Report on a National Study. American Society for Engineering Education.

Huircán, J. I. (2014). Filtros Activos , Conceptos Básicos y Diseño (Vol. 1). Temuco.

International Organization for Standardization. (1998). International Standard ISO 9241-11.

International Organization for Standardization. (2002). ISO 10534-1:2002 Acústica: Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 1: Método del rango de onda estacionaria. Madrid: International Organization for Standardization.

Luna, C., Bevacqua, I., & Salvay, N. (2011). Análisis del sistema de fonación humano. Cátedra Fundamentos de acústica y electroacústica. Córdoba.

Madecentro. (2018). Ficha técnica Aluminio.

Ministerio de medio ambiente vivienda y desarrollo territorial. (2006). Resolución 0627 de 2006. Bogotá D.C.: República de Colombia.

Ministerio de salud y protección social. Decreto 903 de 2014 (2014). Colombia.

Ministerio de salud y protección social. (2014b). Resolución 2003 de 2014. República de Colombia.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979, 1979 § (1979). Colombia. Retrieved from http://www.indumil.gov.co/doc/normas_gestion_integral/Resoluciones/res2400_1979.pdf

Mittal, K. L. (2015). Advances in contact angle, wettability and adhesion. (K. L. Mittal, Ed.). Massachusetts: Wiley.

Organización Mundial de la Salud. (2002). Prevención de las infecciones nosocomiales: guía práctica. Guia Practica, 2, 70. <https://doi.org/10.1590/S0036-36341999000700012>

Párraga Velásquez, M. del R., & García Zapata, T. (2005). El ruido y el diseño de un ambiente acústico. Industria Data, 8(2), 5.

Rivera-Vega, M. del P., Galeano-Upegui, B. J., Escobar-Mora, N. J., & Patiño-M., E. (2015). El proceso de diseño de una barrera acústica aplicado al sector hospitalario. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 133–138. <https://doi.org/2015.9.18.133-138>

Rivera Vega, M. del P. (2015). Desarrollo de un panel acústico fabricado a partir de materiales textiles, para el control del ruido en ambientes hospitalarios. Universidad Pontificia Bolivariana.

Rivera Vega, M. del P., Escobar Mora, N. J., Galeano Upegui, B. J., & Gómez Vélez, P. A. (2018). Design process of an acoustic panel for the hospital environment. In XIV Congreso Internacional Electrónica y Tecnologías de Avanzada.

Sanchez Llano, C. (2016). Análisis de usabilidad del morral de campaña de los soldados de infantería batallón San Juan del Corral Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2004). Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario (Tercera ed). Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

United States Environmental Protection Agency. (2014). SW-846 Test Method 1030: Ignitability of Solids. United States Environmental Protection Agency.

Universidad de los Andes. (2018). IX Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica - SIB 2018. Retrieved September 18, 2019, from <https://ingenieria.uniandes.edu.co/Paginas/DetalleEventos.aspx?eid=109>

Universidad de Pamplona. (2019a). IX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Mecánica. Retrieved September 18, 2019, from <http://www.unipamplona.edu.co/colim2018/>

Universidad de Pamplona. (2019b). XIV Congreso Internacional “Electrónica y Tecnologías de Avanzada.” Retrieved September 18, 2019, from <http://www.unipamplona.edu.co/cieta/>

Universidad Francisco de Paula Santander. (2018). V Encuentro Internacional de Innovación Tecnológica. Retrieved September 18, 2019, from https://eventos.ufpso.edu.co/V_ENCUESTRO/index.html#inicio

Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). (2018). Plan de Desarrollo Institucional -PDI- UPB Innovadora y Sostenible 2017-2025. Medellín.

Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). (2019). Maestría en Ingeniería. Retrieved September 19, 2019, from <https://www.upb.edu.co/es/postgrados/maestria-ingenieria-medellin>

PALABRAS CLAVES

AUTOMATIZACIÓN,
SERVICIOS,
PROGRAMACIÓN INFORMÁTICA,
MANUFACTURA,
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL.

CAPÍTULO 6

PLATAFORMA PARA INTEGRACIÓN DE MÁQUINAS EN LABORATORIO FÁBRICA EXPERIMENTAL CON ENFOQUE DE INDUSTRIA 4.0

David Felipe Tosse Muñoz, Santiago Araujo Cubidesb, Ernesto Córdoba Nieto

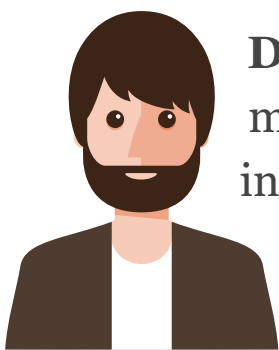
Estudiante maestría en automatización industrial

Estudiante ingeniería mecatrónica

Profesor titular, director LabFabEx

República de Colombia

Sobre los autores:



David Felipe Tosse Muñoz: Ingeniero electrónico, estudiante de maestría en ingeniería con énfasis en automatización industrial, investigador y coordinador de proyectos para el grupo de nuevas tecnologías en Diseño y Manufactura (DIMA) de la Universidad Nacional de Colombia. Dedicación profesional en investigación sobre visión de máquina y vehículos aéreos no tripulados en la Universidad

Militar Nueva Granada.

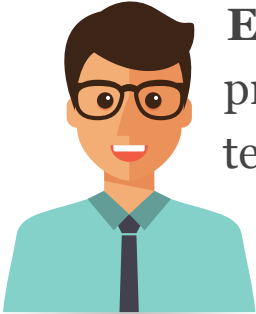
Correspondencia: dftossem@unal.edu.co

Santiago Araujo Cubides: estudiante de ingeniería mecatrónica, investigador desarrollador para el grupo de nuevas tecnologías en Diseño y Manufactura (DIMA)



de la Universidad Nacional de Colombia. Dedicación profesional en desarrollo y arquitectura de software.

Correspondencia: saraujoc@unal.edu.co



Ernesto Córdoba Nieto: ingeniero mecánico, maestro en ingeniería de producción y diseño de máquinas, investigador líder del grupo en nuevas tecnologías en Diseño y Manufactura (DIMA) de la Universidad Nacional de Colombia, director del Laboratorio Fábrica Experimental (LabFabEx-UN), profesor titular en materias ‘automatización de procesos de manufactura’ y ‘ingeniería de manufactura’. Director de 65 trabajos de grado de pregrado, 27 trabajos de grado de maestría, participación en más de 25 proyectos de investigación y desarrollo en diferentes áreas como la ingeniería mecánica, ingeniería de producción, ingeniería de los materiales, ingeniería eléctrica y electrónica, ciencias de la computación y el área de humanidades en arte y diseño. Ocho publicaciones de libros, 19 artículos de investigación, 15 desarrollos software, 17 prototipos industriales, entre otros.

Correspondencia: ecordoban@unal.edu.co

Resumen.

El grupo de investigación en Nuevas Tecnologías de Diseño y Manufactura (DIMA-UN) ha desarrollado una herramienta para la enseñanza de nuevos conceptos y metodologías relacionadas con la cuarta revolución industrial. El sistema multiplataforma denominado Plataforma Robótica Industrial Automatizada (PRIA-UN) permite la conexión de máquinas de diferentes tecnologías y funcionalidades, posibilitando la automatización de procesos industriales. Se implementa un modelo de red de Petri para diseñar y accionar eventos discretos que son, en este caso, cada una de las acciones que pueden desarrollar las máquinas conectadas a la plataforma. Es el resultado del proyecto Desarrollo de Minifábrica Celular Robotizada Experimental. con el Paradigma de la Nueva Industria 4.0: Reconfigurable, Flexible y Autónoma que incluyó la participación de entidades públicas y empresas del sector privado. Con esta herramienta se busca facilitar la transferencia intelectual para preparar a los estudiantes frente a los nuevos retos de la industria y disminuir la brecha que existe actualmente entre las tendencias tecnológicas. Además, se busca demostrar que con una investigación interdisciplinaria es posible crear herramientas de impacto que aumenten la competitividad del sector productivo. Finalmente, se

presenta evidencia funcional del sistema en un ambiente semiestructurado en un proceso de logística y transporte dentro de las instalaciones del laboratorio fábrica experimental.

Palabras clave: Automatización, servicios, programación informática, manufactura, producción industrial.

Platform for machines integration in experimental laboratory factory - Industry 4.0 approach

Abstract: The research group focused on new technologies of design and manufacturing (DIMA-UN) has developed a tool for teaching new concepts and methodologies related with the fourth industrial revolution. The multi-platform system denominated Automated Industrial Robotic Platform (PRIA-UN) provides a connection for machines with different technologies and functionalities allowing the automation of industrial processes. A Petri Net model has been implemented to design and execute discrete events, that in this case represent the different capabilities of the robots connected to the platform. It is the result of the project Development of Experimental Cellular Robotic Experimental Mini factory, with the Paradigm of the New Industry 4.0: Reconfigurable, Flexible and Autonomous with the participation of public entities and private business. With this tool, an easier intellectual transference is achieved to better prepare students for the industrial market requirements and reduce the gap between the worldwide trending technologies. Additionally, it seeks to demonstrate that with interdisciplinary research, it is possible to create tools that have an impact on the productive sector. Finally, functional evidence is shown of the system working on a semi-structured environment in a logistic and transportation process inside the facilities of the experimental laboratory factory.

Key words: Automation, services, programming, manufacturing, industrial production.

Introducción:

El término Industria 4.0 es frecuentemente usado en ámbitos como la automatización y la manufactura. Fue presentado por el gobierno alemán en el 2011 dentro del plan tecnológico High-Tech Strategy 2020 (European Union, Erasmus,

2019; Li Da Xu & L. Xu, 2018). En este, se proponen nuevos escenarios en donde el internet industrial de las cosas (IIoT), la supervisión y el control remoto, las redes inalámbricas de alta velocidad, la identificación por radio frecuencia (RFID), entre otras tecnologías, son vistas como oportunidades para mejorar las formas tradicionales de fabricación de productos o la prestación de servicios. La Industria 4.0 también es llamada cuarta revolución industrial e involucra avances tecnológicos en nuevas metodologías de fabricación y producción (Li Da Xu & L. Xu, 2018; Rojko, 2017). Algunos de los conceptos más relevantes que propone utilizar son: Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS) (Monostori, y otros, 2016), internet de las cosas (IoT) (Tandur, Gandhi, Kour, & Gore, 2017; Rupasinghe, 2017), realidad aumentada (Tandur, Gandhi, Kour, & Gore, 2017; Paelke, 2014), computación en la nube, almacenamiento y procesamiento masivo de datos (big data) (Yan, Meng, Lu, & Li, 2017) e inteligencia artificial (AI) (Telukdarie & Sishi, 2018). La industria requiere el desarrollo de herramientas de software para apoyar sus procesos productivos. De hecho, desde hace varios años existen en el mercado múltiples programas de computadora que son utilizados en los diferentes departamentos -empresariales- como la administración de operaciones y producción (POM), la planeación de procesos asistida por computadora (CAPP) y el planeamiento de recursos empresariales (ERP) (Lee, Wong, & Hoo, 2017; Mantravadi, Møller, & F. M., 2018; El Hamdi, Abouabdellah, & Oudani, 2018), entre otros. Poder brindar un servicio o producto de calidad o con alto valor agregado es un objetivo común en la industria. Los consumidores se han beneficiado con el incremento en la velocidad de las comunicaciones al recibir productos en rangos de tiempo muy cortos, exigiendo a los productores contar con opciones como personalizaciones y entregas en tiempos cada vez menores. Esto es un ejemplo de la manera en que el comportamiento de la sociedad cambia de acuerdo con los avances tecnológicos.

En la región, el uso de nuevas tecnologías o equipos de punta no es común en empresas tradicionales. De hecho, localmente se utilizan equipos y metodologías que pueden tener décadas de antigüedad, además de no contar con un sistema de gestión y supervisión que permita conocer el estado actual de los procesos o de las finanzas (Bocanegra G., 2017; Colciencias, 2017). Una encuesta realizada este año, dirigida a múltiples sectores de la industria mundial permite reconocer al IoT como un diferenciador competitivo dentro de la industria (Aymeric, 2019). El costo de adquirir nueva maquinaria y personal calificado, y el desconocimiento de los beneficios que se pueden obtener disuaden a las empresas de realizar este tipo de inversiones. Esta

situación pone en alto riesgo el sector productivo nacional a mediano y largo plazo, incluso ahora es notorio el aumento en la participación de productos y servicios de empresas extranjeras dentro del mercado local. Made in China 2025 en China o Industrie du futur (Rojko, 2017) son ejemplos de estrategias gubernamentales que, como High-Tech Strategy 2020 de Alemania, buscan incentivar el uso de nuevas tecnologías y métodos en sus respectivas empresas nacionales y así estimular la exportación de productos con precios cada vez menores. En este sentido, la industria de países en vía de desarrollo está en desventaja con respecto a los competidores externos que poseen un plan de desarrollo nacional enfocado a la mejora de procesos de producción hacia la Industria 4.0.

Las instituciones educativas juegan un rol esencial en el estudio, la investigación, la enseñanza y la experimentación con tecnologías emergentes, puesto que el sector productivo además de contar con las herramientas tecnológicas adecuadas necesita también de talento humano calificado, así que es conveniente generar un ambiente colaborativo-estratégico y participar, desde etapas tempranas con la formulación, acompañamiento y financiación de proyectos, obteniendo resultados convenientes para todas las partes. Los laboratorios de las universidades son las principales instalaciones donde se realiza investigación, en donde los estudiantes pueden realizar prácticas sobre diferentes temáticas abordadas de manera teórica, mejorando la interiorización de los conceptos. Sin embargo, el conocimiento producido dentro de estos espacios no logra trascender hacia una aplicación real y tangible dentro de la misma sociedad. De esta manera nacen iniciativas que buscan transformar el paradigma dentro del cual se fundan estos espacios de investigación (Faller & Feldmüller, 2015; Abele, y otros, 2015). Modernizando el proceso educativo, propiciando la transferencia de conocimiento de manera efectiva entre las dos partes (Baena, Guarín, Mora, Sauza, & Retat, 2017; Reuter, y otros, 2017) mediante una metodología de investigación que implica la planeación, incertidumbre y ejecución de proyectos enfocados hacia la industria 4.0 y que son de utilidad para la sociedad y la industria (Erol, Jäger, Hold, Ott, & Sihn, 2016; Prinz, y otros, 2016). En la Universidad Nacional, el Laboratorio Fábrica Experimental (LabFabEx-UN) se estructura como una mini-fábrica para la investigación y la enseñanza, donde se emulan problemas que enfrentan las industrias manufactureras en sus procesos productivos buscando concebir soluciones reales, y de esta manera acercar la academia a la industria y viceversa. En la Figura 1 se aprecia un resumen cronológico de los temas más representativos que se han abordado en el laboratorio.

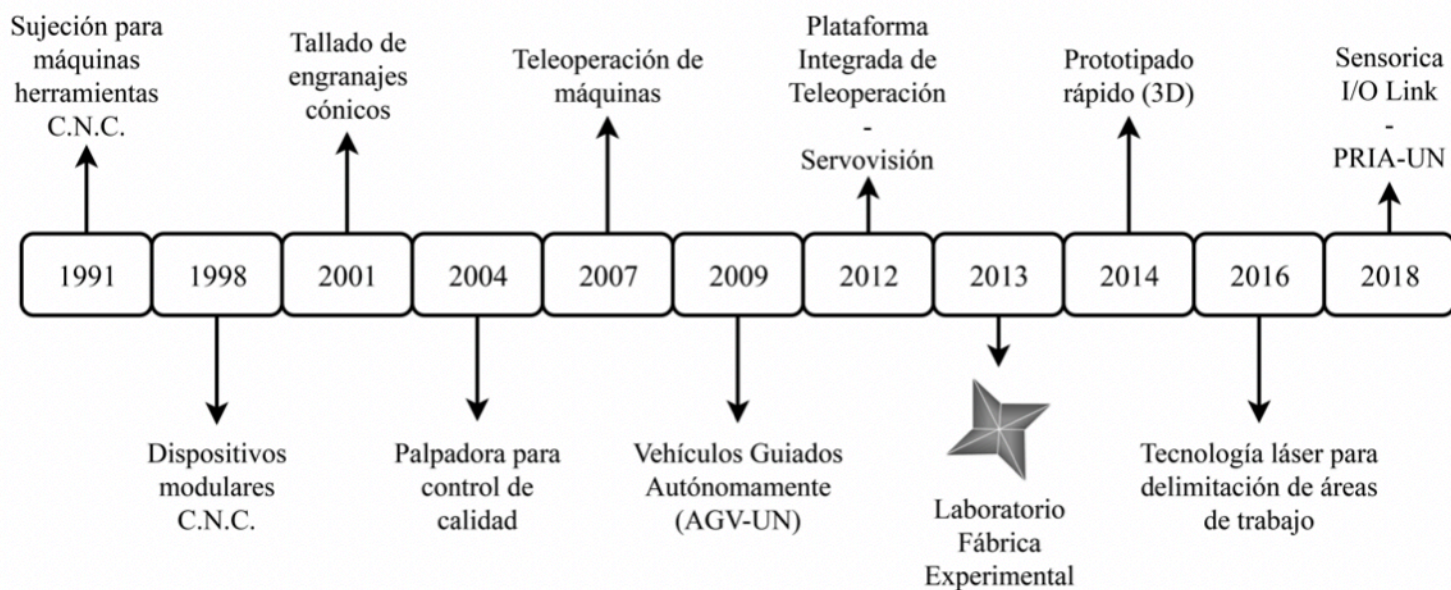


Figura 1. Línea de tiempo con proyectos relevantes.

El laboratorio cuenta con una división en sectores, de igual manera que en una fábrica de producción, en este caso existen tres celdas de manufactura, cuya segmentación se rige de acuerdo con el origen y funcionalidad de las máquinas: la celda industrial contiene maquinaria para producción en equipos automatizados CNC y robots industriales para manufactura en serie o por lotes; la celda experimental cuenta con equipos diseñados dentro del marco de proyectos de investigación a cargo de estudiantes de pregrado o posgrado, y cumplen diversas funciones como maquinado, control de calidad y transporte; por último, la celda de prototipado rápido cuenta con máquinas diseñadas en el laboratorio enfocadas a la producción flexible e impresión 3D con tecnología Polyjet. Es un símil de fábrica de la pequeña y mediana industria colombiana donde es posible encontrar equipos de diversas marcas, épocas y especificaciones. La labor investigativa dentro de las instalaciones se enfoca en el paradigma de la cuarta revolución industrial, es decir en interiorizar el conocimiento en mejores prácticas y en el uso de tecnologías novedosas. Los objetivos a corto plazo buscan lograr la repotenciación de las máquinas existentes, con una inversión económica viable, para que cada una de éstas pueda ser integrada en un proceso cooperativo y sincronizado, y en el proceso cumplir el objetivo de mediano y largo plazo formar talento humano desde la universidad, siguiendo el ejemplo de otras instituciones (Angrisani, Arpaia, Bonavolontà, & Schiano Lo Moriello, 2018).

Metodología:

Para abordar la problemática descrita con énfasis en computación en la nube y en miras hacia Industria 4.0, es posible extender la capacidad de un software ya existente y así utilizar un servicio en nube ó construir un desarrollo desde ceros (Yi, Mueller, Yu, & Chuan, 2017). La propuesta desarrollada implicó un desarrollo nuevo, como requerimiento principal se establece que la interoperabilidad de las máquinas debe ser garantizada, por lo que el desarrollo debe ser multiplataforma (compatible con varios sistemas operativos), permitir la adición de diferentes protocolos de comunicación industrial y posibilitar la conectividad con servicios en línea para poder establecer una conectividad de forma remota desde cualquier lugar del mundo. Partiendo de estos requerimientos se creó un sistema compuesto por librerías y módulos, que permite intercomunicar equipos con diferentes características para realizar operaciones coordinadas (interoperabilidad), con énfasis en procesos de manufactura automatizados, robótica colaborativa y con capacidad de monitorización en tiempo real. Existen en el mundo desarrollos software conceptualmente similares al descrito anteriormente, utilizando protocolos de comunicación como OPC, MODBUS TCP y MQTT (W, Yen, Lin, Tung, & Huang, 2018; Li, Wang, Yen, Lin, & Tung, 2018), aunque las pruebas de campo de se realizaron en escenarios domésticos. También existen desarrollos hardware, necesarios en situaciones donde la infraestructura previa de comunicación o de proceso no es suficiente (Romanov, Romanov, Kharchenko, & Kholopov, 2016; Gokhale, Wagh, Chaudhari, Khairnar, & Jadhav, 2018), estos ejemplos permiten mostrar el potencial y la flexibilidad de este tipo de arquitecturas.

Se hizo una selección inicial de los dispositivos con los cuales se realizaría la prueba funcional, partiendo de robots experimentales que utilizan el Sistema Operativo Robótico (ROS). Se continuó con la integración de equipos compatibles con el protocolo OPC y la especificación Data Access (DA) y finalmente, se adicionó la interacción con un equipo de mecanizado CNC de tipo torno suizo que se integra mediante el uso de visión de máquina. Finalmente se cuenta con 9 equipos en línea realizando tareas de un mismo proceso de forma coordinada, más un equipo monitorizado que se incluyó utilizando visión.

Descripción de equipos:

Plataforma robótica: es un sistema conformado por un robot Motoman YASKAWA de seis (6) grados de libertad montado sobre una guía lineal y conectado a un eje externo rotacional, para un total de ocho (8) grados de libertad. Puede ser manipulado manualmente (teach pendant) o con software de fabricante y por medio de ROS. Se encuentra ubicado en la celda industrial y es el intermediario entre las diferentes máquinas que se encuentran dentro de su espacio de trabajo. Se cuenta con un equipo de estas características.

Grúa Maya: es un robot experimental de transporte de tres (3) grados de libertad con actuador de tipo pinza electroneumática. Puede ser manipulado con el software de fabricante del controlador (GALIL), con una aplicación desarrollada en Java y por medio de ROS. Se encuentra ubicado en la celda experimental y es el intermediario entre las diferentes máquinas que se encuentran dentro de su espacio de trabajo. Se cuenta con un equipo de estas características.

SDV-UN: es un vehículo experimental de transporte con autonomía de manejo para desplazamiento sobre piso, diseñado con un sistema de ruedas de dirección deslizante (skid steering). Su firmware se encuentra embebido en un computador TIVA y es manipulado por medio de ROS. Su capacidad de movimiento le permite desplazarse entre las celdas dentro de todo el laboratorio. En total, se cuenta con tres dispositivos de este tipo, de los cuales se utilizaron dos de estos.

RFU62x: es una antena con tecnología de identificación por radiofrecuencia SICK. Se programa con software de fabricante y una vez configurado es posible acceder a la información de sus registros por medio de protocolos Ethernet/IP, OPC, serial y CAN. En total, se cuenta con tres dispositivos de este tipo instalados individualmente en cada una de las celdas de manufactura.

PLC: es un dispositivo lógico programable FESTO que se configura utilizando software de fabricante, en lenguaje escalera (ladder) o lista de instrucciones. Una vez configurado, es posible acceder a la información de las entradas y salidas digitales (32 y 16 respectivamente) por medio de protocolos OPC y serial. Se cuenta con dos dispositivos que controlan un proceso de serigrafía y un ensamblaje, apoyados con actuadores electroneumáticos en la celda de prototipado rápido.

Torno Suizo: es un equipo de mecanizado de precisión de control numérico por computadora (CNC) con ocho (3) grados de libertad JINN FA, provisto con alimentador de barras automático y ocho (8) herramientas. Puede ser programado mediante teclado en máquina y de forma remota con software de terceros mediante control numérico directo (DNC). Se encuentra ubicado en la celda industrial. Se cuenta con un equipo de estas características.

Tecnologías asociadas:

Los equipos descritos anteriormente no cuentan con una configuración de fábrica que provea las capacidades de conectividad necesarias para poder realizar tareas de supervisión, monitorización y control. Para la comunicación propuesta es necesario utilizar un módulo que extraiga la información del robot, y la transmita por medio de una librería de comunicaciones. Typescript es el lenguaje de programación utilizado para la librería y los módulos de conexión ya que es compatible con el entorno NodeJS que es usado por más de once millones de desarrolladores alrededor del mundo (NPM, s.f.), permite utilizar paquetes externos a través del gestor de paquetes y módulos (npm) y se puede utilizar en sistemas operativos Windows, Linux y MacOS.

Se crearon componentes a manera de módulos para administrar la interacción entre las máquinas y la librería de comunicaciones, la cual a su vez, unifica la información en la base de datos de tiempo real (RTDB). Cada uno de ellos se ejecuta en una estación de cómputo conectada al controlador y cuenta con una conexión estable a internet. Una vez alcanzado el objetivo de comunicar una máquina con un protocolo de comunicación específico, es posible adicionar los equipos que son compatibles con el mismo protocolo. Así, estos pueden ser integrados al proceso colaborativo en PRIA-UN. Los robots que se utilizan ROS se apoyan de la librería rosbridge que es una utilidad del Sistema Operativo Robótico con la que pueden comunicarse con diferentes programas, entornos o lenguajes. Los equipos que utilizan el protocolo OPC utilizan un módulo JavaScript compatible directamente con la especificación Data Access (Hengzhou, 2017).

Los SDVs presentan un error de exactitud durante su operación debido a su diseño de tipo skid steering. Las máquinas que interactúan con este equipo son: la grúa Maya y la plataforma robótica. Para esta última se desarrolló un método

adicional con el cual se puede ajustar la coordenada en la que interactúa con el vehículo que involucra visión de máquina y la librería de código abierto para aprendizaje de máquina TensorFlow (Google, 2015), que también es usada para la integración del torno suizo.

En arquitecturas clásicas de sistemas de software, se cuenta con una instancia o servidor (back-end) donde se ejecuta una aplicación que administra las sesiones de usuario y operaciones de acceso y tratamiento de datos. Las arquitecturas sin servidor (serverless) se caracterizan por utilizar un back-end como servicio (BaaS), el cual puede incluir manejos funcionales mediante servicios (FaaS). Una ventaja de utilizar servicios en nube (Cloud Service) es que se evita el uso de un recurso físico de forma constante y se permite el escalamiento en proporción con la demanda, relacionando directamente el costo con el uso, lo cual representa una disminución en gastos de infraestructura, operación y mantenimiento para este tipo de servicios. En este caso, el proyecto utiliza servicios en nube para cargar los datos generados durante la ejecución de un proceso. Firebase™ es una plataforma de Google® que permite realizar diferentes tipos de acciones de almacenamiento de información en línea. Uno de los productos que ofrece es la base de datos de tiempo real (real-time data base), donde se almacena información y se notifica de los cambios de esta a los agentes que se encuentren conectados mediante enlaces de tipo WebSocket, permitiendo una conexión similar a par-a-par (P2P).

Desarrollo conceptual de manufactura:

Se establecieron primitivas funcionales base (de ahora en adelante primitivas) para los agentes, las cuales representan acciones fundamentales que cada uno puede realizar. La metodología de identificación de una primitiva consiste en el reconocimiento de los datos mínimos necesarios para invocar una acción del robot. Las representaciones de los modelos operativos funcionales de los equipos contienen dos atributos: el tipo y los argumentos.

La grúa Maya se define con tres primitivas: recolección (pick), entrega (place), y aproximación (approach). Cada una de ellas necesita las coordenadas espaciales del punto objetivo en tres dimensiones x, y, z, los cuales son los respectivos argumentos. Tomando como marco de referencia el espacio de trabajo de la grúa (coordenadas relativas con respecto al laboratorio), los comandos establecen un punto a donde se

dirigirá el actuador, que en este caso es la pinza electroneumática. El SDV describe una única primitiva: desplazarse (move), que recibe cuatro parámetros: las coordenadas x, y del plano sobre el cual se mueve, tomando como marco de referencia el espacio de trabajo del laboratorio (coordenadas absolutas) y las coordenadas z, w del cuaternio de la pose objetivo que representa la rotación sobre el eje z. La plataforma robótica está configurada para recibir comandos que representan rutinas preprogramadas (scripts). Cada comando dispara una tarea específica que no recibe parámetros.

Para el caso de las antenas RFID y los PLC, se define una única primitiva de lectura (read) que recibe el identificador (ID) del proyecto registrado en el servidor OPC y el valor del artículo (item) de interés. Para el caso del torno suizo como se ha mencionado anteriormente se emplean técnicas de análisis de imagen con Tensorflow. El procedimiento típico de entrenamiento para redes neuronales de visión de máquina consiste en crear una base de datos que contenga diferentes escenarios en donde se encuentre el objetivo deseado. Para este desarrollo se toman fotografías en diferentes situaciones donde hay una variación de la fuente de luz (solar y artificial), la intensidad lumínica y la posición del objetivo. La galería de imágenes es usada por el software para construir un algoritmo que realiza una identificación. Cuando la plataforma robótica debe realizar una recolección o entrega de material de los SDVs, el algoritmo identifica las coordenadas espaciales del vehículo y realiza una corrección en línea de la coordenada objetivo, y así logra un acercamiento exitoso. Por otra parte, la integración del torno suizo consiste en un análisis de imagen de una bandeja tipo pallet ubicada a la salida de una banda de transporte dentro de este equipo, la cámara instalada en la muñeca del robot Motoman revisa la bandeja y detecta si existen o no piezas acabadas.

Para la generación de un proceso automatizado integrado es necesario identificar la lista de tareas que se deben realizar. En la RTDB se crea un modelo de proceso que contiene la lista de primitivas asignadas y el estado representado por una lista de valores o banderas. Las primitivas cuentan con dos parámetros opcionales: las precondiciones y los indicadores de finalización, que son usados para evaluar y modificar el estado del proceso en la RTDB. Las precondiciones de una tarea son valores requeridos para iniciar su ejecución; los indicadores de finalización contienen las banderas que se deben actualizar en la base de datos del proceso al culminar la tarea. La actualización del estado del proceso envía una notificación a todos los

agentes involucrados, los cuales evalúan el cambio de estado de acuerdo con las precondiciones. La Plataforma Robótica Integrada y Automatizada (PRIA-UN) es entonces un sistema compuesto por múltiples agentes que procesan la información del proceso que únicamente les concierne, es un sistema distribuido y además, utiliza eventos y banderas para representar el estado de los procesos y las tareas, por lo que el flujo de ejecución se puede describir mediante una red de Petri (Best, Devillers, & Koutny, 2001). Este tipo de gestión permite el desarrollo de tareas de forma secuencial, coordinada, sincronizada o una mezcla de estas (Aized, 2010; Seatzu, Silva, & van Schuppen, 2013). En procesos secuenciales, las banderas de finalización de una tarea son precondiciones de otra, como se muestra en la Figura 2a. En procesos coordinados, las banderas de finalización de una tarea son precondiciones de múltiples tareas diferentes, es decir que estas últimas se inician de forma paralela, como se muestra en la Figura 2b. Por último, el caso de un proceso sincronizado se presenta cuando múltiples tareas preceden a una, todas las banderas de finalización de las tareas predecesoras son las banderas de precondición de la tarea siguiente, como se muestra en la Figura 2c.

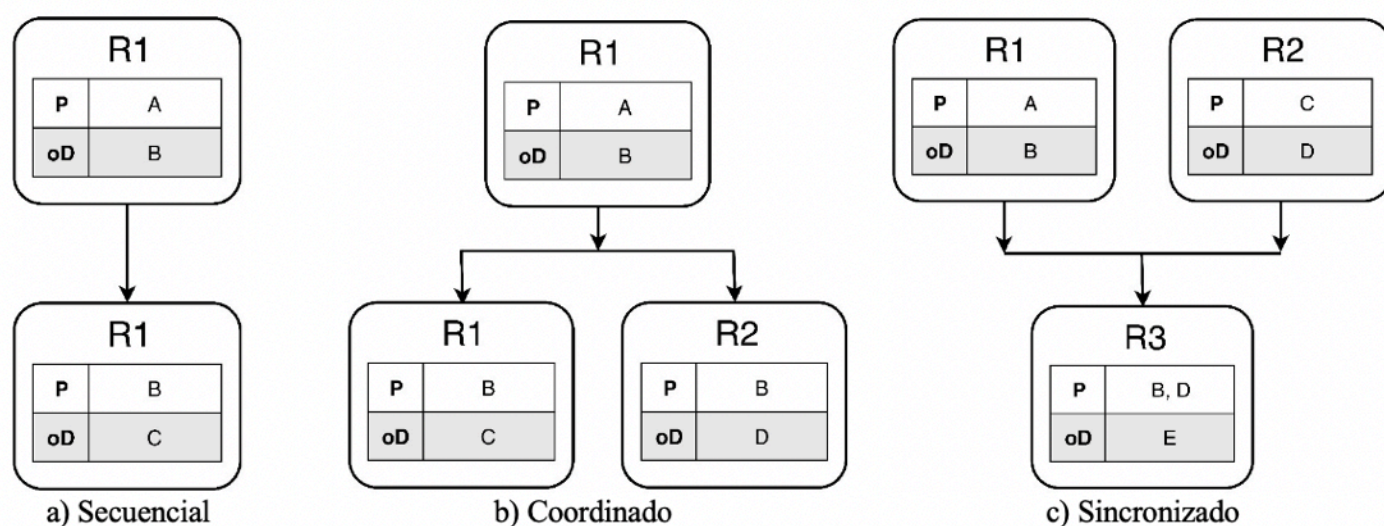


Figura 2. Tipos de procesos soportados.

En la Tabla 1 se describe la terminología empleada en la Figura 2 la cual es una representación conceptual de las posibles topologías de proceso soportadas por la plataforma. Un proceso puede estar compuesto por mezclas de tareas secuenciales, coordinadas y sincronizadas. Los nombres de las banderas P y oD son asignados de manera arbitraria según criterios de planeación de proceso. Es recomendable utilizar una denominación que sea entendible por el administrador del proceso, puesto que es

posible realizar una monitorización de los datos que son ingresados o actualizados a la nube usando la consola de firebase por medio de la página web.

Atributo	Descripción
P	Conjunto de precondiciones que deben ser cumplidas (publicadas) para comenzar con la realización de la tarea
oD	Del inglés <i>onDone</i> , indica la o las banderas que debe publicar el robot una vez finalice el proceso
R1, R2, R3	Referencia conceptual que representa los nombres de los agentes (robots)
A, B, C, D	Referencia conceptual de las banderas utilizadas para coordinación de tareas

Tabla 1. Descripción de nomenclatura

Una vez definidas las primitivas de cada agente, se establece la conexión con la RTDB de firebase, utilizando la infraestructura física cableada (LAN) e inalámbrica (WLAN). Cada módulo representa un agente con un nombre como identificador, y este realiza una consulta para identificar los procesos pendientes del mismo. Una vez se inicia un proceso, los agentes realizan una consulta con la que obtienen las tareas que deben realizar.

Resultados:

Las pruebas del sistema desarrollado involucran la operación de las máquinas y de los equipos que sirven como interfaz de comunicación, así como el acondicionamiento de la infraestructura que soporta las conexiones. Por cada tecnología que se integra al sistema es necesario un estudio previo con el fin de proponer un módulo que permita su integración. Un factor que afectó de forma negativa el progreso de esta metodología fue la falta documentación de los desarrollos existentes, lo que generó una dependencia al desarrollador inicial. De esta manera, se evidencia la necesidad de establecer estándares en la documentación y un sistema de trabajo para promover un ambiente de desarrollo ágil. Por esta razón fue promovido el uso de sistemas de control de versiones, unificando los proyectos en repositorios centralizados. Con ello se logra trazabilidad de las contribuciones y modificaciones, información que complementa la documentación y aumenta la sostenibilidad de los proyectos.

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con una capa proxy que inicialmente impedía la conexión con el servicio en nube propuesto, fue necesario contactar con la Oficina de Tecnologías de Información y Comunicaciones (OTIC) para configurar una excepción de la restricción en la red del laboratorio. El modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI se empleó como marco de referencia, se establece el estándar Ethernet para la capa física y de datos, la versión 4 del protocolo de internet (IPv4) se utiliza como el estándar en la capa de red, el protocolo de control de transmisión (TCP/IP) en la capa de transporte y el protocolo WebSocket es el estándar en la capa de aplicación siguiendo los lineamientos establecidos (M. Alani, 2014). Las distancias de conexión entre punto y punto (equipos) dentro del laboratorio están en el rango especificado para los estándares mencionados anteriormente y la velocidad de transmisión de datos es suficiente para los requerimientos de la plataforma desarrollada. Todos los equipos comparten un mismo nodo, pero esto no es indispensable. En el protocolo TCP/IP cada interfaz de red debe contar con una dirección IP única para poder realizar el intercambio de datos y esta dirección se configura de manera estática o dinámica. Pero PRIA-UN no depende de direcciones para establecer comunicación entre agentes, siendo independiente del protocolo de asignación IP. En otras palabras, los equipos pueden conectarse y operarse con la plataforma desde cualquier lugar.

En la Figura 3 se ilustra el esquema del proceso completo, en donde dos subprocesos (fondo blanco y gris) inician de forma paralela inmediatamente después que el total de las máquinas se conecta a la base de datos. En la celda experimental, la grúa Maya recoge una pieza ubicada en el depósito, cuando finaliza esta tarea el SDV-UN2 se dirige a la posición de entrega de la celda para recibir la pieza, al llegar es detectado por la antena y cuando las dos banderas (antena y SDV) son publicadas en la RTDB, la grúa procede a realizar la entrega. A su vez, en la celda industrial la plataforma robótica se posiciona para detectar la entrega de las piezas maquinadas por el torno sobre el pallet, cuando esto sucede el robot toma la bandeja y publica en la base de datos para que el SDV-UN1 se dirija a la posición de entrega de la celda industrial. La mayor cantidad de las tareas del proceso son de transporte, las piezas son trasladadas de una celda a otra. El operario se ve involucrado al ubicar un objeto fabricado por una impresora 3D sobre el vehículo SDV-UN1, el sistema es notificado al accionar un interruptor acondicionado como entrada lógica del PLC-1. Finalmente, cuando las dos piezas se encuentran en la zona de ensamblaje dentro de la celda industrial, es posible realizar el ensamble y nuevamente se realiza la publicación en la

RTDB por medio de un interruptor conectado al PLC-2, acto seguido la pieza es recogida por la plataforma robótica y entregada al SDV-UN1 para que este la transporte a la zona de despacho. En (LabFabEx, 2018), es posible observar todo el procedimiento descrito, así como el comportamiento en tiempo real de la base de datos, es decir, la publicación de las diferentes banderas una vez que la tarea es realizada con éxito.

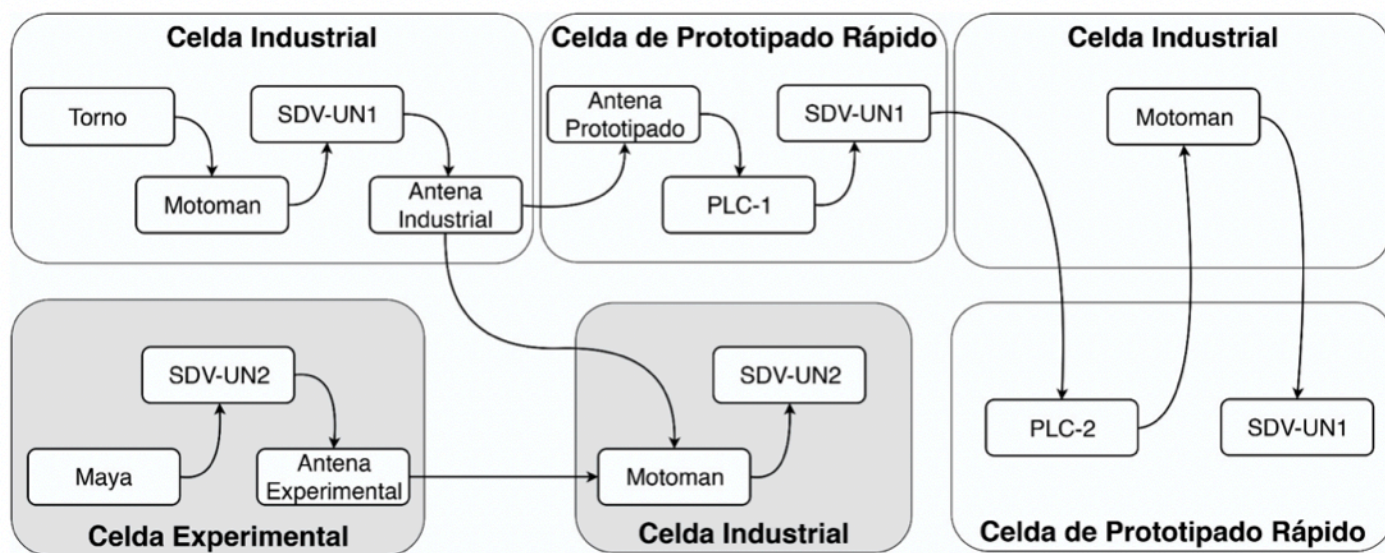


Figura 3. Secuencia de transporte de productos.

Se desarrolla un proceso que involucra el transporte, ensamblaje y destinación final de un producto, simulando un proceso de manufactura y logística empresarial automatizado. Actualmente no es posible prescindir de la intervención de personal humano, ya que las capacidades de algunas máquinas y los desarrollos de software relacionados no permiten tener un control de todas las acciones asociadas al proceso.

Las banderas publicadas por cada una de las interfaces permitieron el desarrollo del proceso propuesto en la sección anterior. Se comprueba que PRIA-UN permite establecer comunicación entre equipos con protocolo OPC DA, computadoras con sistema operativo Windows, varios sistemas de ROS ejecutándose en el sistema operativo Ubuntu y en el caso de la plataforma robótica, se emplea adicionalmente la librería ROS industrial.

El sistema se apoya en un protocolo basado en eventos y demostró el potencial que puede alcanzar, incluso en un contexto industrial. El uso promedio de la base de

datos durante una sesión de pruebas (aproximadamente 4 horas) implica 500 escrituras, 2000 lecturas y 500 eliminaciones, valores muy por debajo del mínimo establecido (50.000) para comenzar un cobro por el servicio.

En ocasiones, el ambiente semiestructurado del laboratorio causa un fallo en los robots, ya que estos pueden determinar que es imposible culminar una tarea. La información provista por el protocolo implementado actualmente es insuficiente, puesto que no es posible determinar la fuente del error, haciendo que el proceso se detenga. Al presentarse esta situación se debe identificar la causa de este comportamiento, realizando una inspección individual de los reportes de cada módulo y así tomar las medidas correctivas necesarias. Una vez hecho esto, se reprograma el proceso para comprobar su progreso.

La publicación del proceso involucra la creación del listado de tareas y banderas relacionadas con estas. Hasta el momento esto se realiza de forma manual, lo cual aumenta la probabilidad de cometer errores. Si la secuencia es definida de forma errada, el proceso no podrá completarse. El método tradicional de prueba de escritorio permite prevenir este tipo de situaciones, pero al no ser un proceso automatizado siempre será susceptible al error humano.

Discusión de resultados:

Por primera vez se utilizan servicios en la nube para coordinar flujos de proceso que involucran tareas asíncronas en un escenario de manufactura en el laboratorio. A diferencia de desarrollo previos, los procesos soportados no son temporizados, lo que permite un mejor desempeño en ambientes semiestructurados. Actualmente se incrementa la versatilidad en el número de posibles secuencias de tareas o procesos que se pueden programar. Esto es una contribución directa a los proyectos que involucran el estudio de la gerencia del ciclo de vida del producto (PLM) (Holligan, Hargaden, & Papakostas, 2017), al brindar las herramientas para ejecutar y monitorizar procesos que generan productos en la fábrica experimental y generar información para trazabilidad, sentando las bases para escalar hacia programas de gestión empresarial de última era (Singh, Misra, & Kumar, 2019). Este sistema es una evidencia de la capacidad que tienen las universidades para generar herramientas que permitan la implementación y enseñanza del nuevo paradigma de la

Industria 4.0, que impacte a la pequeña y mediana empresa que desee incluir en su proceso productivo tecnologías modernas que incrementen su productividad.

Mediante un protocolo basado en eventos es posible programar procesos colaborativos automatizados. Es necesario determinar la manera de integrar desarrollos de PLM al sistema y de iniciar la construcción de una interfaz gráfica (página web administrable) para interactuar con los procesos de manera portable y remota, procedimiento usado para este tipo de desarrollos (Gavrilov, 2017; Maccarana, Cologni, & Previdi, 2016) gracias a la flexibilidad y portabilidad que ofrecen estas herramientas.

Existe la posibilidad de integrar más equipos con diferentes tipos de protocolos de comunicación o control, actualmente se tiene acceso a equipos con tecnología IO LINK, la cual es descrita como la tendencia a utilizarse en escenarios de fábricas inteligentes por su facilidad en configuración, uso y mayormente por la amplia gama de información que proveen (Piotr, 2018). Así como también de interconectar otras instalaciones de producción, manufactura, administración y gestión (Brazhenenko, Kozachok, Petrivskiy, Bychkov, & Shevchenko, 2019). Un trabajo conjunto con más laboratorios, instituciones, fábricas o empresas desde cualquier lugar del mundo será posible, como se plantea en la Figura 4. Así mismo, los aspectos de seguridad también serán tenidos en cuenta, y con ellos las tecnologías emergentes como el blockchain para contratos inteligentes (Bagozi, Bianchini, De Antonellis, Garda, & Melchiori, 2019).

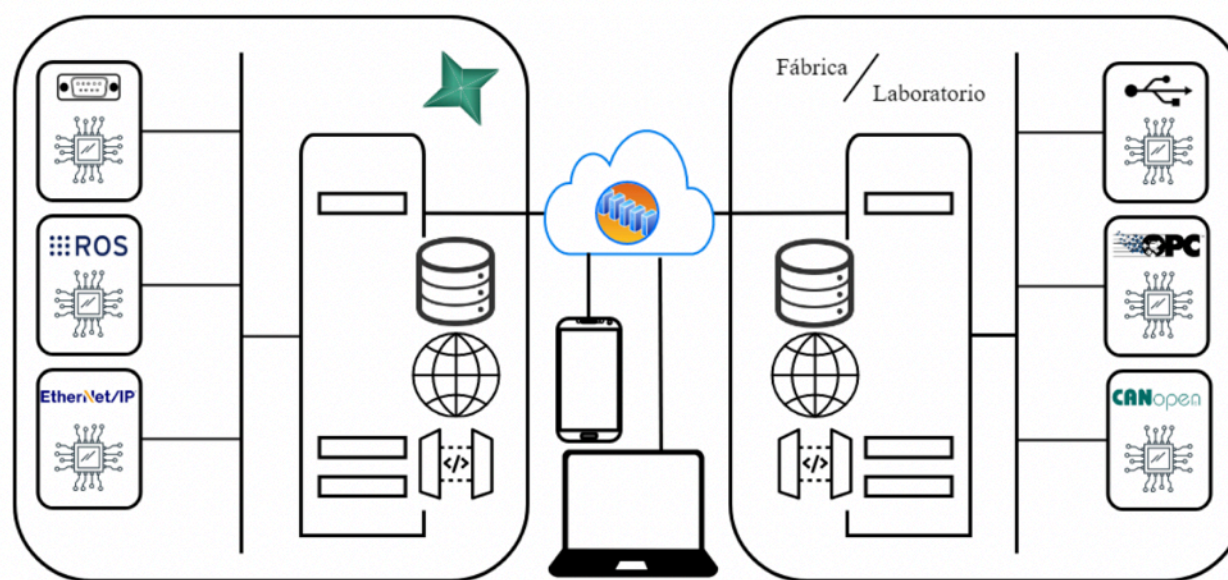


Figura 4. Modelo futuro con características de interoperabilidad entre diferentes locaciones

Actualmente se encuentra en desarrollo una segunda versión del protocolo con un esquema de datos optimizado para lecturas más eficientes y un manejo del estado de las tareas y su relación en el proceso, esto permitirá manejar de manera eficaz los eventos y errores. Se adelanta un proceso de creación de empresa a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, un spin-off universitario que busca mejorar los desarrollos actuales teniendo en cuenta que se desea generar un servicio comercial atractivo para la industria.

Conclusiones y trabajo futuro:

El Laboratorio Fábrica Experimental de la Universidad Nacional de Colombia representa la situación de una parte de la industria local e incluso regional, al contar con equipo de diversos tipos de tecnologías, marcas y protocolos que son usados en las operaciones cotidianas. A partir del desarrollo de PRIA-UN queda demostrado que es posible incursionar en procesos de automatización novedosos y metodologías referidas dentro del paradigma de la industria 4.0. Además, la metodología empleada para el desarrollo sirve como estándar para futuros proyectos tecnológicos. El acercamiento del grupo de investigación, utilizando las instalaciones del LabFabEx-UN puede ayudar a las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) a conocer el estado actual de las tecnologías y metodologías empleadas en países desarrollados, reconociendo que este tipo de técnicas proporcionan herramientas que mejoran la competitividad.

Agradecimientos:

Los autores expresan su agradecimiento al M.Sc. Julio Cesar García Carrero por su apoyo en la programación de la plataforma robótica, igualmente se consigna reconocimiento al Ing. Javier Duque, M.Sc. Erick Ardila T. y Ph.D. Henry Zárate Ceballos, miembros de la OTIC, por su cooperación. Se agradece a Colciencias y a las empresas colaboradoras: Industrias RAMFE, Colsein, Control de Movimiento, IMOCOM, FEPCO y Movitec Avanzada por su acompañamiento y dotación.

Este trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto de investigación Colciencias: Desarrollo de Minifábrica Celular Robotizada Experimental con el Paradigma de la Nueva Industria 4.0: Reconfigurable, Flexible y Autónoma.

Referencias:

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., Elmaraghy, H., . . . Ranz, F. (2015). Learning Factories for Research, Education, and Training. *Procedia CIRP*. doi:10.1016/j.procir.2015.02.187
- Aized, T. (2010). Petri Net as a Manufacturing System Scheduling Tool. In *Advances in Petri Net Theory and Applications* (p. 220). Rijeka: Sciyo.
- Angrisani, L., Arpaia, P., Bonavolontà, F., & Schiano Lo Moriello, R. (2018). Academic FabLabs for Industry 4.0: Experience at University of Naples Federico II. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 21(1), 6-13. doi:10.1109/MIM.2018.8278802
- Aymeric, S. (2019). Accelerating the internet of thing timeline. *Harvard Business Review*. Retrieved from <https://hbr.org/sponsored/2019/05/accelerating-the-internet-of-things-timeline>
- Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J., & Retat, S. (2017). Learning Factory: The Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 73-80. doi:10.1016/j.promfg.2017.04.022
- Bagozi, A., Bianchini, D., De Antonellis, V., Garda, M., & Melchiori, M. (2019). Services as Enterprise Smart Contracts in the Digital Factory. 2019 IEEE International Conference on Web Services (ICWS), 224-228. doi:10.1109/ICWS.2019.00046
- Best, E., Devillers, R., & Koutny, M. (2001). *Petri Net Algebra*. New York: Springer.
- Bocanegra G., J. (2017, Junio). Reportero Industrial. Retrieved Abril 2019, from <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Manufactura-colombiana,-de-la-luz-a-la-red+119763>
- Brazhenenko, M., Kozachok, P., Petrivskyi, V., Bychkov, O., & Shevchenko, V. (2019). Cloud Based Architecture Design of System of Systems. In 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM) (pp. 1-5). doi:10.1109/CADSM.2019.8779307
- Colciencias. (2017). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2017-2022)*. Bogotá, Colombia: Colciencias.
- El Hamdi, S., Abouabdellah, A., & Oudani, M. (2018). Disposition of Moroccan SME Manufacturers to Industry 4.0 with the Implementation of ERP as a First Step. 2018 Sixth International Conference on Enterprise Systems (ES), 116-122.

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*, 54, 13-18. doi:10.1016/j.procir.2016.03.162

European Union, Erasmus. (2019). Universities of the future. Retrieved from https://universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/Benchmarking_Report.pdf

Faller, C., & Feldmüller, D. (2015). Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs. *Procedia CIRP*, 32, 88-91. doi:10.1016/j.procir.2015.02.117

Gavrilov, N. (2017). Appliance of WEB-technologies in automation of industrial facilities. 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 841-843. doi:10.1109/EIConRus.2017.7910687

Gokhale, M., Wagh, R., Chaudhari, P., Khairnar, S., & Jadhav, S. (2018). IOT Based E-Tracking System for Waste Management. 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), 1-6. doi:10.1109/ICCUBEA.2018.8697385

Google. (2015, November 9). TensorFlow. (Google) Retrieved October 23, 2018, from <https://www.tensorflow.org/>

Hengzhou, L. (2017, February 2). node-opcda. Retrieved July 12, 2018, from <https://github.com/lizhengzhou>

Holligan, C., Hargaden, V., & Papakostas, N. (2017). Product lifecycle management and digital manufacturing technologies in the era of cloud computing. In 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) (pp. 909-918). IEEE.

LabFabEx. (2018, 12). Trabajo cooperativo automatizado coordinado multirobótico para transporte y trazabilidad de proceso hacia industria 4.0. (DIMA UN) Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=opjcieqhm3A>

Lee, M., Wong, W., & Hoo, M. (2017). Next era of enterprise resource planning system review on traditional on-premise ERP versus cloud-based ERP: Factors influence decision on migration to cloud-based ERP for Malaysian SMEs/SMIs. 2017 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), 48-53. doi:10.1109/SPC.2017.8313020

Li Da Xu, L. L., & L. Xu, E. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. 2018 International Journal of Production Research, 56, 2941 - 2962.

Li, W., Wang, J., Yen, C., Lin, Y., & Tung, S. (2018). Cloud supervisory control system based on JustIoT. 2018 IEEE International Conference on Smart

Manufacturing, Industrial Logistics Engineering (SMILE), 17-20. doi:10.1109/SMILE.2018.8353974

M. Alani, M. (2014). Guide to OSI and TCP/IP Models. London: Springer.

Maccarana, Y., Cologni, A., & Previdi, F. (2016). Design of a HTML5 SCADA system. 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI), 1-5. doi:10.1109/RTSI.2016.7740630

Mantravadi, S., Møller, C., & F. M., M. (2018). Perspectives on Real-Time Information Sharing through Smart Factories: Visibility via Enterprise Integration. 2018 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), 133-137.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., . . . Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. CIRP Annals, 65(2), 621 - 641. doi:10.1016/j.cirp.2016.06.005

NPM. (n.d.). npmjs. Retrieved Febrero 12, 2018, from <https://www.npmjs.com/>

Paelke, V. (2014). Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment. Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), 1-4. doi:10.1109/ETFA.2014.7005252

Piotr, M. (2018). Collecting data from industrial sensors in case of 4-th industrial revolution. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 400, 062019. doi:10.1088/1757-899X/400/6/062019

Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2016). Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0. Procedia CIRP, 54, 113-118. doi:10.1016/j.procir.2016.05.105

Reuter, M., Oberc, H., Wannöffel, M., Kreimeier, D., Klippert, J., Pawlicki, P., & Kuhlenkötter, B. (2017). Learning Factories' Trainings as an Enabler of Proactive Workers' Participation Regarding Industrie 4.0. Procedia Manufacturing, 9, 354-360. doi:10.1016/j.promfg.2017.04.020

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. 2017 International Journal of Interactive Mobile Technologies, 11, 77-90.

Romanov, A., Romanov, M., Kharchenko, A., & Kholopov, V. (2016). Unified architecture of execution level hardware and software for discrete machinery manufacturing control systems. 2016 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), 1-6. doi:10.1109/SCORED.2016.7810088

Rupasinghe, T. (2017). Internet of Things (IoT) Embedded Future Supply Chains for Industry 4.0: An Assessment from an ERP-based Fashion Apparel and Footwear Industry. Journal of Supply Chain Management, 6.

Seatzu, C., Silva, M., & van Schuppen, J. (2013). *Control of Discrete-Event Systems*. London: Springer.

Singh, S., Misra, S., & Kumar, S. (2019). What are the Stumbling Blocks to Making Product Lifecycle Management Routine in Organizations? *IEEE Engineering Management Review*, 47(2), 123-127. doi:10.1109/EMR.2019.2912595

Tandur, D., Gandhi, M., Kour, H., & Gore, R. (2017). An IoT infrastructure solution for factories. 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFAs), 1-4. doi:10.1109/ETFAs.2017.8247729

Telukdarie, A., & Sishi, M. (2018). Enterprise Definition for Industry 4.0. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 849-853.

W, L., Yen, C., Lin, Y., Tung, S., & Huang, S. (2018). JustIoT Internet of Things based on the Firebase real-time database. 2018 IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial Logistics Engineering (SMILE), 43-47. doi:10.1109/SMILE.2018.8353979

Yan, J., Meng, Y., Lu, L., & Li, L. (2017). Industrial Big Data in an Industry 4.0 Environment: Challenges, Schemes, and Applications for Predictive Maintenance. *IEEE Access*, 5, 23484-23491.

Yi, M., Mueller, H., Yu, L., & Chuan, J. (2017). Benchmarking Cloud-Based SCADA System. 2017 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 122-129. doi:10.1109/CloudCom.2017.25

GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

La gestión del talento humano es un tema de gran actualidad en la sociedad del conocimiento para el ejercicio de las diferentes profesiones y en el campo científico, por cuanto progresivamente se avanza hacia una sociedad inclusiva, en la cual el capital esencial es el individuo. Por ello la gestión del talento humano se está convirtiendo en el bien más valioso para cualquier organización. Con ello el “saber específico” se está convirtiendo en el bien más valioso para cualquier organización, y su gestión es el elemento clave para vivir, relacionarse con otros, y crear e innovar productos y servicios. Para una adecuada gestión del talento humano se requiere de la modernización del currículo, de sus contenidos y por supuesto de la tecnología que los transmite a las personas. “La modernización de la educación, hoy, está correlacionada con el avance estructural de la sociedad del conocimiento y es necesaria para hacer pertinente el perfil de egreso de los egresados que la sociedad demanda”.

Finalmente, este tema permite compartir experiencias de liderazgo concretas en torno a cómo se están mejorando e innovando los procesos de gestión del talento humano en todos niveles educativos, organizaciones sociales y empresariales, que contribuyan a elevar el conocimiento en esta área. Así tendremos más claridad del impacto de la aplicación de la gestión del conocimiento en el marco de diversos modelos y enfoques educativos y empresariales en Iberoamérica. También se pretende contribuir a fomentar el trabajo serio y riguroso en la gestión del talento humano

PALABRAS CLAVES

DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO,
DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO,
FORMULACIÓN ESTRATÉGICA,
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, VISIÓN.

CAPÍTULO 7

DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA PARA PEQUEÑAS EMPRESAS

Victhor Manuel Caicedo Valencia, Diana Milena Loaiza Salazar, Johan Alexis Agudelo Villa

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

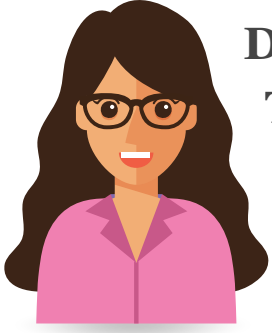
Medellín - Colombia

Sobre los autores:



Victhor Manuel Caicedo Valencia: Docente e investigador, líder del semillero de Investigación Desarrollo Humano y Organizacional en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Tecnólogo e Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira con maestría en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional y otra maestría en Administración Económica y Financiera, ambas realizadas en Universidad Tecnológica de Pereira. Cuenta con más de 18 años de experiencia en docencia en universidades tales como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y la Universidad Tecnológica de Pereira, además de experiencia laboral en instituciones privadas y del Estado.

Correspondencia: vmcaicedo@elpoli.edu.co



Diana Milena Loaiza Salazar: Ingeniera de Productividad y Calidad, y Tecnólogo Industrial del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, perteneciente al semillero de Investigación Desarrollo Humano y Organizacional, en el cual ha desarrollado el proyecto actual.

Correspondencia: diana_loaiza92091@elpoli.edu.co



Johan Alexis Agudelo Villa: Tecnólogo Industrial, y Estudiante de décimo semestre de Ingeniería de Productividad y Calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, perteneciente al semillero de Investigación Desarrollo Humano y Organizacional, en el cual ha desarrollado el proyecto actual

Correspondencia: johan_agudelo06141@elpoli.edu.co

Resumen:

El Proyecto nació de la necesidad de aportar al mejoramiento de la competitividad de las pequeñas empresas en el mercado actual, iniciando con la Planeación Estratégica por ser la herramienta que arroja directrices para establecer el rumbo a seguir. En la primera etapa se estudian los diferentes modelos existentes de Planeación Estratégica, identificando que no son claros al momento de aplicarlos. Posteriormente se estableció el modelo a seguir definiendo tres grandes elementos; el Direccionamiento Estratégico, compuesto por Misión, Visión, Valores y Objetivos Estratégicos. El Diagnóstico Estratégico, donde se realizó el análisis Interno, Externo, y las fuerzas de Porter. Por último la Formulación Estratégica, conformada por Estrategias, Programas y Proyectos. Una vez definida la estructura del modelo, se diseñó toda una metodología de fácil aplicación para las pequeñas empresas.

La metodología definida, contó con el apoyo de expertos en el tema que evaluaron cada una de sus fases haciendo ajustes y recomendaciones al respecto.

Cabe aclarar que dicha metodología se fundamenta en la participación activa de todo el personal, permitiendo el conocimiento de los colaboradores y por ende una implementación eficaz. Una vez diseñada la metodología, se aplicó a una empresa para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.

Palabras Claves: Diagnóstico Estratégico, Direccionamiento Estratégico, Formulación Estratégica, Objetivos Estratégicos, Visión.

Design and Application of a Strategic Planning Methodology for Small Businesses.

Abstract

The Project was born out of the need to contribute to the improvement of the competitiveness of small businesses in the current market, starting with Strategic Planning as the tool that provides guidelines for setting the direction to follow.

In the first stage, the different existing models of Strategic Planning are studied, identifying that they are not clear when applying them. It was then established the model to continue defining three main elements: the Strategic Direction, composed by Mission, Vision, Values and Strategic Objectives. The Strategic Diagnosis, where the Internal, External, and Porter forces analysis was performed. Finally, the Strategic Formulation, consisting of Strategies, Programmes and Projects. Once the structure of the model has been defined, a whole methodology was designed that is easy to apply to small enterprises.

The methodology defined was supported by experts in the field who evaluated each of its phases by making adjustments and recommendations thereon. It should be pointed out that this methodology is based on the active participation of all staff, allowing for the knowledge of collaborators and thus effective implementation. Once the methodology was designed, it was applied to a company to assess its performance and make the necessary adjustments.

Keywords: Strategic Diagnosis, Strategic Addressing, Strategy formulation, Strategic Objectives, View.

Introducción

En la actualidad debido a la dinámica de los consumidores, la mayoría de las empresas están sujetas a cambios constantes en su estrategia corporativa. No solo es necesario aplicar herramientas de mejoramiento continuo, también es muy importante conocer a profundidad el entorno competitivo de la organización, Con el fin de conocer su comportamiento y tratar de predecir los cambios que puedan afectar los resultados esperados. Esto permite tomar las decisiones pertinentes que eliminen las amenazas contra la visión a futuro. Es clave para una administración eficaz, utilizar herramientas que conciban la organización como un todo, con el fin de elegir el “Curso de acción que muestre la dirección y el empleo general de los recursos y esfuerzos, para lograr los objetivos en las condiciones ventajosas”. (Rojas López & Medina Marín, 2012). Aun sabiendo esta realidad, algunos administrativos siguen con la tendencia a enfocarse solo en resultados financieros, dejando a un lado otras perspectivas importantes en la organización, como Talento humano, procesos y Comercial. Esto sigue generando resultados en muchas ocasiones diferentes a los planteados por la organización. La mayoría de las estrategias construidas por las pequeñas empresas no están sustentadas en su entorno competitivo, convirtiéndose en acciones que no satisfacen los objetivos que se quieren lograr.

El presente documento tiene como objetivo, mostrar el diseño y la aplicación de una Metodología para realizar la Planeación Estratégica en pequeñas empresas. Esta iniciativa surge de identificar la necesidad de implementar un modelo de Planeación Estratégica práctico, y coherente con el dinamismo de las empresas. Con esta herramienta se busca articular lo que se quiere alcanzar en el tiempo, con los medios y recursos más adecuados para su cumplimiento. Logrando de esta manera dar respuesta a la gran inquietud de la mayoría de los administrativos, ¿Cómo lograremos lograr cumplir nuestros objetivos organizacionales?; Para desarrollar esta herramienta, es fundamental dedicar en gran parte tiempo y dinero, factores claves que no tienen la mayoría de las pequeñas empresas. Por ende, es común ver a las empresas utilizar métodos empíricos para tratar de alcanzar sus objetivos organizacionales. Otro de los aspectos a considerar, es la multitud de modelos de planeación estratégica en su mayoría enfocados a grandes empresas. Además, los autores utilizan una metodología poco didáctica y bastante teórica para su desarrollo. Con las problemáticas antes mencionadas encontramos por un lado la falta de recursos, y por el otro la poca practicidad de los modelos existentes. Estas razones

hacen que la planeación estratégica en las pequeñas empresas se vuelva una herramienta compleja y difícil de implementar. Para resolver dichas problemáticas expuestas anteriormente, los investigadores estructuraron un modelo para desarrollar la planeación estratégica, el cual es fácil de implementar e involucra a todo el personal. Además con la gran diferencia que el diagnóstico estratégico diseñado, permite tomar una radiografía completa de la situación actual de la organización. Esta será la base para la construcción de estrategias adecuadas que conduzcan al logro de los objetivos planteados en el direccionamiento estratégico.

Dada esta exposición el lector se preguntará, y entonces ¿Qué es la Planeación Estratégica?, una definición acertada sería” El proceso mediante el cual quienes toman decisiones en una organización obtienen, y analizan información pertinente interna y externa, para evaluar la situación presente de la empresa, con el propósito de anticiparse y decidir sobre el futuro”. (Chiavenato & Sapiro, 2011).

Pero en que radica la importancia de realizar la planeación estratégica, porque el lector podría imaginarse, ¿bueno y cuantas empresas no la han implementado y hoy pueden ser exitosas?, Las empresas, “Deben identificar elementos que pueden ser nocivos e incluso destructivos para sus organizaciones”, (Serna, 2008). En consecuencia, “Una planeación exitosa requiere una especie de timonel que dirija las áreas de la empresa evitando las trampas”, por lo tanto, es fundamental entender la naturaleza del medio en que se mueve la organización. “Hacer la planeación estratégica es como usar lentes especiales para agudizar nuestra vista, al usarlos podemos ver cosas que nunca se habían visto”. (Lerma y Kircher & Bárcena Juárez, 2012). Algunas investigaciones dicen que la planeación estratégica “mejora significativamente las ventajas competitivas, y la rentabilidad en comparación con otras” (David F. R., 2008).

Surge entonces esta hipótesis; ¿Es posible diseñar una herramienta que permita a las pequeñas empresas hacer la Planeación Estratégica de una forma adecuada, logrando diseñar las estrategias pertinentes para lograr las aspiraciones a futuro?

Metodología:

Como elemento de partida para el diseño de una Metodología clara, coherente y aplicable a las distintas problemáticas que enfrentan las pequeñas empresas, en primera instancia se investigaron algunos de los principales modelos para implementar la Planeación Estratégica en una Organización. Encontrando una gran variedad, la mayoría, aplicables a grandes empresas. Por ende, se eligieron los siguientes criterios para seleccionar los modelos más apropiados: Coherencia, fácil aplicabilidad, y ayudas didácticos de los autores para desarrollarla. Como resultado, los investigadores se apoyaron en autores como (Serna, 2008), (Chiavenato & Sapiro, 2011) , (Híjar Fernández, 2013) y (David, 1994). Con el fin de diseñar un método práctico que pueda ser aplicado en pequeñas empresas.

Posteriormente se analizaron los diferentes modelos planteados por los autores seleccionados, luego a partir de esta información, se establecieron tres fases fundamentales para realizar la Planeación Estratégica, las cuales son: Direccionamiento Estratégico, Diagnóstico Estratégico, y Formulación Estratégica. Una vez se definieron las etapas para desarrollarla, se procedió a diseñar la Metodología para cada una de estas. Como en las pequeñas empresas no se tiene un conocimiento amplio de los conceptos de la Planeación Estratégica, se estableció que antes de iniciar su implementación, es muy importante realizar una reunión con toda la parte directiva, táctica y operativa. Donde es necesario brindarles capacitación sobre el tema, sus componentes y beneficios de la misma para la Organización. Se deben aclarar dudas sobre el tema, tiempos, costos y en qué consiste cada etapa.

En la primera etapa se define la metodología para diseñar el Direccionamiento Estratégico, el cual contiene Misión, Visión, Valores y Objetivos Estratégicos según (Sainz de Vicuña Ancín, 2009).

Para la recolección de la información necesaria en la construcción de los elementos del direccionamiento estratégico, los investigadores diseñaron unos instrumentos, los cuales fueron revisados y aprobados por expertos en el tema. Este diseño fue el mismo para la Misión, Visión, Valores y Objetivos Estratégicos. La definición de las preguntas del instrumento, fue con base en la metodología propuesta por: (David & David, 2017) y (Carrión Maroto, 2007).

El instrumento final queda de tres páginas, La Hoja 1 contiene el encabezado del instrumento. En este se encuentra el Título, Objetivo, definiciones de palabras claves

de acuerdo al tema a tratar, instrucciones para diligenciar el instrumento, y un ejemplo ilustrativo de pregunta y respuesta. En La Hoja 2, se encuentran las preguntas respectivas y el espacio para escribir las respuestas. En La Hoja 3, hay un espacio para que se realicen las observaciones respectivas.

Después, se programó una reunión con los participantes para darles a conocer el instrumento, su objetivo y explicarle las preguntas. Luego se procede al diligenciamiento del mismo, para ello se utilizó la técnica de la entrevista, por ser una herramienta que permite tener un mayor acercamiento con el participante. Esto permite verificar las respuestas, o en su defecto explicarle alguna pregunta que no entienda. Cabe resaltar que la técnica de la entrevista se utilizó para todos los instrumentos aplicados. Con la información recolectada de los instrumentos, se analizaron cada una de las respuestas y se diseñaron tres propuestas de Misión. Por tal motivo, se hace necesario diseñar otro instrumento para presentar las propuestas; este tenía la siguiente estructura: Título, objetivo, definiciones, instrucciones de diligenciamiento, propuestas de Misión, y dos preguntas, una para seleccionar la mejor opción, y otra para hacer los cambios necesarios.

Se reúne nuevamente a los participantes y se le presentan las tres propuestas, luego cada uno seleccionó la Misión que mejor representaba la empresa. Los resultados se analizaron y se construyó una sola Misión con las observaciones del grupo. En otra reunión se presenta la propuesta, a lo cual los participantes consideran que es adecuada. El objetivo es que los participantes formulen la mejor alternativa y no sea una imposición de los investigadores. Esta misma metodología se aplica para la construcción de la Visión, Valores y Objetivos Estratégicos. De esta manera, se busca lograr la comprensión de cada etapa del proyecto y facilitar la recolección de la información.

Para el encabezado del instrumento de los Objetivos Estratégicos, se emplearon las características anteriores. El instrumento estaba enfocado en las cuatro perspectivas de (Kaplan & Norton, 1996). Para cada perspectiva, se plantearon preguntas con la ayuda de la metodología de (Serna, 2008). Las preguntas en su mayoría eran abiertas y tenían como objetivo conocer específicamente las metas en términos de calidad, tiempos de entrega, finanzas etc. Se programó una reunión y se entrega a los participantes el instrumento para ser diligenciado. Se utilizó la misma metodología de la misión para recolectar la información. Los resultados de los instrumentos se analizaron y se desarrollaron los objetivos estratégicos. Estos se presentan en una reunión a los directivos, con el fin de recibir sus observaciones y ajustes correspondientes. Conforme a las sugerencias presentadas, éstos se modifican

y se organizan. En una nueva reunión se presenta a los participantes y estos aprueban la propuesta.

Para el encabezado del instrumento de la Visión, se diseña de igual manera un instrumento con las características anteriores. El desarrollo de las preguntas del instrumento fue con base en la metodología de: (Alvarez Torrez, 2006). Se utilizó la misma metodología de la Misión, en la cual los directivos definieron la Visión de la empresa. La cual tiene como característica, que es medible en el tiempo, y describe las aspiraciones a futuro de la organización. Los objetivos estratégicos se realizaron primero, porque a partir de estos, es más fácil definir la visión. Los objetivos estratégicos son las metas específicas en términos de calidad, tiempo de entrega, ventas etc. La visión describe estas variables de forma general.

Para evitar volver a la misma pregunta, ¿Cómo vamos a medir el cumplimiento de la Visión?, Se utilizó esta metodología en la cual los directivos se enfocan en alcanzar los objetivos estratégicos, y así de paso se logra la Visión.

Para el encabezado del instrumento de los valores, se diseña un instrumento con las características anteriores. Este se diseñó con base en la escala de valores de (Rokeach, 1973). A diferencia de los instrumentos anteriores, este contiene una lista de Valores generales. Para cada valor existe una definición simple, con el fin de ayudar a los colaboradores al momento de seleccionar y calificarlos. A fin de disminuir la subjetividad en la calificación, los investigadores emplearon una de las escalas de (Likert, 1932).

En el diligenciamiento del instrumento, Los participantes dieron una calificación a los Valores según consideraban mejor los representaba. Después dieron un orden de importancia a cada Valor dentro de la empresa. La información obtenida se tabula, luego es presentada a los participantes los valores con mayor calificación. Su tarea es aprobar la lista de valores propuestos de acuerdo al ejercicio anterior. Además, deben sugerir las observaciones que consideren importantes. Con base en las observaciones, se presenta una nueva lista de valores y los colaboradores la aprueban como los más adecuados para la empresa.

En la segunda etapa se diseña la metodología para realizar el Diagnóstico Estratégico, En el cual se realiza: El Análisis interno, Análisis externo y Análisis de las

fuerzas de Porter. Para recolectar la información respectiva, es necesario elaborar instrumentos que tengan la misma estructura. En el encabezado estos llevan los siguientes elementos: Título, Objetivos, Definiciones, Instrucciones de diligenciamiento, una escala de evaluación y preguntas clave. Para darle un orden a las preguntas, se utiliza el proceso administrativo con base en (Koontz & Cannice, 2017). Coherente con las funciones de administración, se formulan preguntas para las áreas de: Operaciones, Talento Humano, Financiera, Administrativa, Logística y Comercial, diseñadas desde el punto de vista administrativo que se da en un área, tomando como base a los autores: (García, 2009), (Vásquez, 2014), (Chase & Jacobs, 2019), (Cuatrecasas, 2010), (Lovelock & Wirtz, 2015), (Jones, 2013).

Los instrumentos se aplicaron por medio de la técnica de la entrevista a los líderes de las áreas mencionadas anteriormente. Para el análisis interno cada participante debe elegir si considera la respuesta a la pregunta como una Fortaleza o Debilidad. Y en el análisis externo identificar si es una Oportunidad o Amenaza. Por último, se califica cada pregunta con base a la siguiente escala de valoración: Alto (A), cuando se alcanzan todos los requisitos, Medio (M), cuando alcanzan parcialmente los requisitos. Bajo (B), Cuando se alcanzan mínimamente los requisitos. La información obtenida es analizada y tabulada, con la que se obtiene una lista de Fortalezas y Debilidades de la organización. Los resultados se presentan a los colaboradores, los cuales tienen como tarea aprobar o dar las sugerencias correspondientes con respecto al diagnóstico entregado. Dadas las recomendaciones del personal, la lista debe es ajustada nuevamente y aprobada por ellos.

El encabezado del instrumento del Análisis externo, es igual al anterior. En este escenario se evalúan los siguientes aspectos del Macro-Entorno: Factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, ambientales y legales conforme a: (Kotler, Keller, Cámara, & Mollá, 2006). Para formular las preguntas del instrumento, es fundamental estudiar a profundidad el Sector Productivo en el cual se encuentra la empresa.

Para ello se toma como base: (Hitt, R. , Ireland, & Hoskisson, 2004), (Leonard Goodtein & Nolan, J. , 1998), (Koontz & Heinz , 2013), (Millán González & Rodríguez Díaz, 2019). Aplicando el mismo procedimiento anterior; la información obtenida se tabula y se muestra a los participantes una lista de Oportunidades y Amenazas presentes en el Macro-Entorno. Los administrativos son quienes aprueban si consideran esta lista pertinente con la situación de la empresa, y además sugieren

recomendaciones al respecto. Dadas estas recomendaciones, la lista se ajusta nuevamente y se presenta para su aprobación.

El encabezado del instrumento de las fuerzas de Porter, fue igual al anterior. En este caso se evalúan los siguientes elementos del Micro-Entorno: La amenaza de entrada de nuevos competidores, poder de negociación de los proveedores, rivalidad entre competidores, poder de negociación de los clientes, Amenaza de productos sustitutos. (Porter , 1997). Las preguntas se construyeron con ayuda de (Dess Lumpkin , 2011), (Rivas Tovar, 2016) y (Abascal Rojas, 2000). La información obtenida es tabulada y se socializa con los administrativos una lista de Oportunidades y Amenazas presentes en el Micro-Entorno. Ellos deben aprobar si consideran esta lista pertinente con la situación de la empresa, y además pueden sugerir recomendaciones al respecto. Con base en las recomendaciones se ajustan los resultados, y son aprobados por ellos. Los resultados se organizan en la Matriz DOFA. Esta “Resume los aspectos clave de un análisis del entorno de una actividad empresarial y de la capacidad estratégica de la organización”. (Martínez Pedrós & Milla Gutiérrez , 2005).

En la tercera etapa se diseña la metodología para desarrollar la Formulación Estratégica. Esta contiene las Estrategias, Programas y Proyectos conforme a (Serna, 2008). “Una estrategia tiene tres elementos, metas que deben alcanzarse, políticas que limitan la acción y programas que son la secuencia de acciones que deben lograr las metas en el tiempo”. (Rojas López & Medina Marín, 2012). Para desarrollar las estrategias, se toma como insumo los resultados del Diagnostico Estratégico. Por último, con la ayuda de la Matriz DOFA se construyen las estrategias DO, DA, FA, FO. Sumado a esto, se diseñan estrategias para cada los Objetivos Estratégicos. Con el fin de tener claro la forma en que se dará cumplimiento a las metas planteadas. Los resultados son presentados a los administrativos a la espera de sus observaciones y recomendaciones, y estas se tienen en cuenta para los ajustes respectivos. A partir de las sugerencias se muestran nuevamente las estrategias y estas son aprobadas por los directivos.

Para la formulación de los Programas se toma como base las cuatro perspectivas de (Kaplan & Norton, 2004). Posteriormente se le asignan nombres a cada Programa por cada perspectiva. En la Formulación de los Proyectos se utiliza como insumo la Matriz DOFA y los Objetivos Estratégicos. Se definen Proyectos para eliminar las

debilidades y las Amenazas, y para aprovechar las oportunidades del entorno competitivo. Para el logro de los Objetivos Estratégicos, se definen proyectos con la finalidad de dar respuesta al ¿Cómo se logrará dicho objetivo en el tiempo establecido?, Se utiliza la siguiente estructura para los proyectos: Programa al que pertenece, Título, Objetivo Estratégico que impacta, Meta, Indicador, Duración, Fecha de Inicio y Fecha de Terminación, Estrategia que Desarrolla, Objetivos, Beneficios, Actividades, Responsables, y Presupuesto. Posteriormente se programa una reunión para socializar Los Programas y Proyectos con los administrativos, donde se tiene en cuenta sus recomendaciones y sugerencias. Luego se presentan nuevamente obteniendo su aprobación.

Análisis de resultados o Desarrollo:

Luego de tener establecida la Metodología, se debe comprobar si ésta funciona o no y que ajustes se deben hacer. Por lo tanto, se realiza una prueba piloto en una Empresa del sector textil.

Al implementar la primera etapa que es el Direccionamiento Estratégico; se obtienen los resultados esperados, gracias a que el personal administrativo, táctico y operativo participa activamente en la construcción de cada uno de los elementos. Y se evidencia en los colaboradores que este tipo de actividades les genera mayor sentido de pertinencia y motivación, porque la empresa tiene en cuenta sus opiniones. Por tanto, todos sienten estos elementos como propios.

Se realiza una capacitación previa a iniciar el proceso; donde se trata el tema central que es La Planeación Estratégica, se hace claridad sobre todos los conceptos a trabajar y los participantes tienen la oportunidad de expresar que conocen de la empresa, las ventajas competitivas, características, aspiraciones a futuro y los elementos que los identifican. Generando mayor confianza y seguridad al momento de contestar cada una de las preguntas formuladas en el objeto de estudio.

El instrumento de los objetivos estratégicos es una herramienta vital para lograr aterrizar todas las metas y objetivos que están en el aire y que aún no han sido plasmados. En este caso solo se trabaja con la parte Directiva de la organización, lo que permite a los involucrados hablar de las proyecciones a futuro en cuanto a cifras, nuevos mercados, del talento humano y del proceso. Y se hace hincapié en la importancia de estos para la consecución de la Visión establecida.

La metodología utilizada dio buenos resultados, porque en primer lugar se definió la Misión, y la Visión, Valores y luego fue más fácil construir los objetivos estratégicos con base en sus características críticas.

Entre las técnicas para aplicar los instrumentos, se escogió la opción de la Entrevista. Una característica importante de ella, es que se desarrolla de forma personalizada con el participante. Las preguntas que se realizan permiten obtener mejor información, y se anotan las observaciones que se consideran necesarias en un instrumento de apoyo.

Durante la aplicación de la técnica se hicieron modificaciones y ajustes a algunos instrumentos, porque se observaba dificultad al diligenciarse, o por el contrario algunas preguntas no eran claras para ellos. Luego de esos ajustes se obtiene la información de los instrumentos diligenciados, con las observaciones respectivas. La información fue fiable y oportuna, lo cual hace que las conclusiones tengan mayor impacto en la organización.

Las preguntas formuladas en cada uno de los instrumentos son precisas al momento de evaluar las variables críticas; como sucedió en el desarrollo de la segunda etapa: El Diagnóstico Estratégico, con el análisis interno, externo y las 5 fuerzas de Porter. Donde se logra detectar variables y causas que a veces los administrativos no tienen contempladas. Es hacer una mirada holística a toda la organización y sus procesos, abarcando todas sus áreas funcionales e identificando sus fortalezas y oportunidades de mejora latentes. Para ello los investigadores han tenido en cuenta, algunos autores y sus teorías: (Cruelles Ruiz, 2013), (García Ó. , 2003), (Cuesta Santos , 2016), (Castellanos Ramírez , 2015), (Bernal, 2016).

En las pequeñas empresas es normal ver a los líderes sin tiempo, corriendo para ejecutar sus labores, por ende, se dispone de poco tiempo para que ellos identifiquen sus dificultades actuales. Así los problemas siguen aumentando y sus efectos sobre la organización. Los administrativos son quienes formulan las metas para un periodo de tiempo, pero a veces no establecen de forma clara las acciones para alcanzarlas, y tampoco se comunican todas al personal. “La estrategia de una organización aporta dirección y guía, en términos de lo que la organización debería hacer, y también de lo que no debería hacer” (Thompson & Strickland III, A.J, 2018).

A los Directivos de la empresa, les gustó la metodología utilizada, ya que consideran que los proyectos son el camino correcto para desarrollar los objetivos formulados. Y son conscientes que deben implementar los proyectos más críticos para alcanzar la Visión. Se enfatiza también en lo fundamental que es revisar el estado de las metas constantemente. Ellos cambiaron su forma de pensar, comprendieron que

no solo es formular estrategias para los objetivos estratégicos, también se deben diseñar las acciones que conduzcan al desarrollo y cumplimiento de estas.

Al desarrollar las estrategias con base en la Matriz DOFA, les causó gran impresión, porque nunca se había utilizado en la organización. Las estrategias las realizaban con base en su experiencia y sin apoyo de ninguna herramienta administrativa. El estudio minucioso del sector productivo de la empresa, es lo que facilita la construcción de las tácticas conforme a su contexto empresarial. Este aspecto ayuda en gran medida a mejorar el impacto de las estrategias formuladas, porque no solo es diseñarlas. Estas deben estar apoyadas en información confiable del entorno competitivo de la empresa, para lograr un verdadero impacto en los resultados deseados. “Las empresas pueden recopilar mejor y más rica información sobre mercados, clientes reales, clientes potenciales”. (Kotler, Estrategia de Marketing, 2016). Esta afirmación se comprueba al desarrollar este ejercicio.

y competidores

La finalidad de las estrategias DO, es elevar las debilidades presentes en la organización con ayuda de las oportunidades encontradas en el entorno empresarial. Las estrategias DA, combinan las debilidades y las Amenazas más críticas. Luego se diseñan acciones para mantenerlas controladas y evitar una afectación mayor. Las estrategias FA permiten a la empresa utilizar sus fortalezas para contrarrestar las Amenazas. Por último, las estrategias FO, combinan los aspectos positivos y las oportunidades para mantener las fortalezas en el tiempo. Estas estrategias se realizan gracias a la buena información obtenida por los instrumentos del Análisis interno, externo y las cinco fuerzas de Porter. “El diagnóstico es el análisis de la situación actual y le permite a la organización saber en dónde está, cuáles son sus fortalezas y debilidades (internas) y sus oportunidades y amenazas (externas) actuales. Lo importante del diagnóstico no es solo saber cómo está la empresa actualmente, sino identificar las fuentes de mejora y los campos en que debe mantenerse y reforzarse dicha situación actual”. (Uribe Macías & Reinoso, 2014), por lo tanto, es esencial analizar cuidadosamente las variables del entorno y las capacidades internas de la organización. Los hallazgos dan un nuevo panorama de oportunidades.

Situaciones que no estaban contempladas y de las cuales se puede disponer para mejorar la formulación de las estrategias.

La tercera etapa corresponde a la Formulación Estratégica, donde se deben alinear estrategias, programas y proyectos para cada uno de los objetivos Estratégicos.

Los programas ayudan a enfocar cada acción hacia un área específica. En muchas ocasiones se realizan proyectos y no se sabe a dónde apuntan o que objetivo

desarrollan. Estos deben estar alineado con las metas o se convierte en un desperdicio de tiempo. Por lo tanto, cada proyecto que se ejecute debe ser coherente con las perspectivas planteadas, desarrollar la estrategia y contribuir al cumplimiento del objetivo estratégico.

Para presentar los resultados en la empresa, se utilizan diapositivas e imágenes ilustrativas para dar a entender el contenido de manera más práctica. La metodología es bastante incluyente, en donde los participantes pueden disfrutar de las actividades a pesar de la extensión de algunas de estas. Previamente, se concertan estos tiempos con los encargados del personal y se realizan reuniones para escuchar las observaciones de los involucrados, enfatizando que el trabajo es de ellos y para ellos y no una imposición de personas ajenas a la empresa.

El personal estuvo atento al desarrollo del proyecto, y preguntaban frecuentemente por las etapas posteriores de este. De hecho, el gerente siempre expresó a los investigadores la felicidad que sentía con la ejecución de este trabajo.

A pesar de los buenos resultados obtenidos, se presentan algunas situaciones sujetas a mejora. Entre estas se encuentra, proponer indicadores para monitorear el cumplimiento de los objetivos estratégicos. Aunque los directivos tomaron consciencia de la importancia de revisar las metas, no se plantearon elementos para su medición, lo cual, a futuro por la carga de trabajo en la empresa, puede dar pie a que no se tomen las acciones adecuadas para alcanzarlas. Lo que no se mide, no se puede controlar. Es una vieja frase que puede darse debido a las condiciones expresadas.

Los tiempos que transcurrieron entre cada reunión, fueron muy largos. Por lo tanto, debían capacitarse o recordarles nuevamente a los colaboradores el estado del proyecto. Prácticamente se debía invertir nuevamente tiempo en contextualizar a los participantes acerca de los avances obtenidos porque olvidaban o confundían algunos conceptos.

También se encontraron muchas oportunidades en el entorno donde se desenvuelve la empresa. Como es el caso de las oportunidades que este sector productivo pueden tener accediendo a redes colaborativas como:

1. <https://www.camamedellin.com.co/comunidad-cluster/comunidad-cluster/cluster-moda-y-fabricacion-avanzada>
2. <http://www.ccas.org.co/asesoriaemprendimiento/>
3. <https://www.inexmoda.org.co/ferias/>

Finalizando la prueba piloto, en la última reunión se entrega a los administrativos un resumen ejecutivo con el plan estratégico realizado. Donde se explican las etapas ejecutadas en el proyecto y los beneficios obtenidos. Se anexa una

lista de proyectos con su respectivo presupuesto y cronograma de actividades para su puesta en marcha. Se deja en manos de ellos, para que tomen las decisiones correspondientes para continuar con la implementación de las estrategias. Esta etapa que esta fuera del alcance de este proyecto.

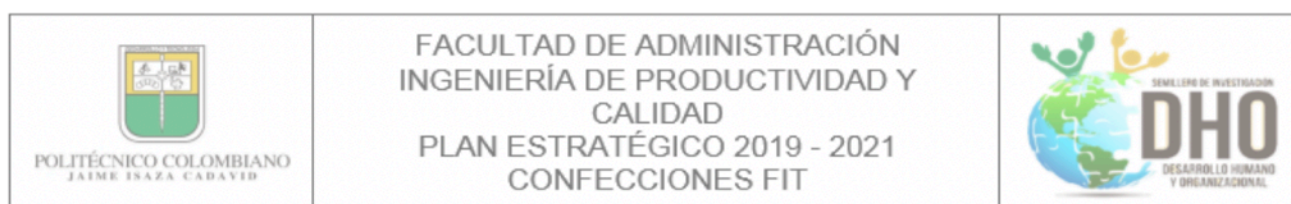
Resultados:

Aplicando, lo explicado en la metodología; se realizó una prueba en una empresa del sector confección.

Estos son los formatos de los instrumentos diseñados y aplicados para verificar que la Metodología

Era aplicable a las pequeñas empresas:

La figura 1, muestra alguna de las preguntas realizadas para construir la misión. En la aplicación del instrumento, se logró constatar con los participantes que fue clara la información y las preguntas se ajustaron al objetivo planteado. Con los resultados obtenidos se realizó tres propuestas de misión.



MISIÓN	
Nombre : _____ Cargo : _____	
PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿Quiénes somos?	_____ _____
2. ¿Qué hacemos?	_____ _____
3. ¿Quiénes son nuestros clientes?	_____ _____
4. ¿Cuáles son nuestras fortalezas?	_____ _____

Figura 1. Instrumento para construir la misión

Las siguientes preguntas ayudaron a los participantes a seleccionar la mejor opción, y también a los investigadores a realizar los cambios respectivos.

- De las tres propuestas de Misión presentadas, ¿cuál considera que es la más apropiada para la empresa y porque?
-

- De acuerdo a la propuesta de Misión que usted seleccionó, ¿qué cambios le realizaría?; descríbalos a continuación.
-

La metodología permitió definir la Misión fácilmente y con la participación de todos. El personal comprendió la importancia de la misión y sus elementos clave.

En la figura 2, se observa alguna de las preguntas utilizadas para la formulación de los objetivos estratégicos. El instrumento permitió definirlos de forma sencilla, y con base en los propósitos de los directivos.



 <p>POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID</p>	<p>FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN INGENIERÍA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD PLAN ESTRATÉGICO 2019 - 2021 CONFECCIONES FIT</p>	 <p>SEMIOTICO DE INVESTIGACIÓN DHO DESARROLLO HUMANO Y ORGANIZACIONAL</p>
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS		
Nombre: _____ Cargo: _____		
1. De acuerdo a su conocimiento del sector ¿En el momento tienen pensado incursionar en nuevos mercados?		
<hr/>		
2. ¿En cuáles mercados se tiene proyectado entrar para el año 2021?		
<hr/>		
3. Con base en su experiencia ¿Cuál espera que sea el porcentaje de las ventas en esos nuevos mercados?		
<hr/>		
4. ¿Cómo cree que está el clima laboral al día de hoy en la empresa?		
<hr/>		
5. ¿Se tiene planeado medir el clima laboral en la empresa?		
<hr/>		

Figura 2. Instrumento para construir los objetivos estratégicos



Las siguientes preguntas, fueron de gran ayuda para hacer los cambios respectivos y elegir la mejor alternativa.

1. De los objetivos estratégicos presentados, ¿Cuáles considera que son apropiados para la empresa y porque?

2. ¿Qué cambios realizaría a los objetivos estratégicos presentados?; descríbalos a continuación.

Esta metodología permitió formular fácilmente los objetivos estratégicos, con la aprobación de los directivos. Además es propia de los investigadores, porque ningún autor consultado tiene apoyos didácticos para su definición.

La figura 3, muestra alguna de las preguntas utilizadas para construir la visión. El instrumento cumplió con el enfoque que se pretendía inicialmente y las respuestas dieron como resultado el insumo adecuado para su desarrollo.

 POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID	FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN INGENIERÍA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD PLAN ESTRATÉGICO 2019 - 2021 CONFECCIONES FIT	 SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN DHO DESARROLLO HUMANO Y ORGANIZACIONAL
--	--	--

VISIÓN	
Nombre : _____ Cargo : _____	
PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿Qué lograremos en el futuro?	_____ _____
2. ¿Cómo lo vamos a lograr?	_____ _____
3. ¿Cuál es el tiempo en que lo vamos a lograr?	_____ _____

Figura 3. Instrumento para construir la visión

Nuevamente conforme a estas preguntas los participantes escogieron la alternativa más acertada.

1. De las tres propuestas de visión presentadas, ¿Cuál considera que es la más apropiada para la empresa y porque?

2. De acuerdo a la propuesta de visión que usted seleccionó, o alguna de las propuestas anteriores ¿Qué cambios le realizaría?; descríbalos a continuación.

Gracias a los objetivos estratégicos, fue más fácil formular la visión con las variables que eran importantes para la empresa a futuro.

La figura 4, muestra alguna de las preguntas utilizadas para construir los valores. El instrumento ayudo a construir los valores con apoyo del personal.



ESCALA DE VALORES ROKEACH						
Nombre : _____			Cargo : _____			
VALORES	CALIFICACIÓN					ORDEN
	1	2	3	4	5	
RESPECTO						
TRANSPARENCIA						
RESPONSABILIDAD						
COMPROMISO						
HONESTIDAD						
SOLIDARIDAD						
PUNTUALIDAD						

Figura 4. Instrumento para construir los valores.

La metodología fue participativa, de modo que todos aportaron y como resultado los valores obtenidos eran los que representaban la empresa.

En la figura 5, se puede apreciar el instrumento con algunas de las preguntas utilizadas para hacer el diagnóstico organizacional. El análisis interno tuvo en cuenta todas las variables posibles para estudiar las áreas de la organización. Como resultado, se obtiene una lista detallada de fortalezas y debilidades que afectaban los resultados empresariales. Gracias a la metodología, fue posible identificar los aspectos críticos de las áreas de la empresa de forma sencilla.


		FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN INGENIERÍA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD PLAN ESTRATÉGICO 2019 - 2021 CONFECCIONES FIT													
ANÁLISIS INTERNO															
Nombre :					Cargo :										
ÁREA					CATEGORIA										
OPERACIONES					SI	NO	DEBILIDAD			FORTALEZA			IMPACTO		
							A	M	B	B	M	A	B	M	A
1. ¿Se utilizan herramientas para realizar la Planeación de la Producción?															
2. ¿Son eficaces estas herramientas para realizar la planeación de la producción?															
3. ¿Se utilizan herramientas para Programar la Producción?															
4. ¿Son eficaces estas herramientas para Programar la Producción?															
5. ¿Se utilizan indicadores para medir la eficacia de los procesos de producción?															

Figura 5. Instrumento para el análisis interno

Gracias a la profundidad con la que se diseñó las preguntas, se logra identificar las oportunidades y amenazas del entorno competitivo. Donde muchas de estas, eran desconocidos por los directivos o no eran conscientes de su impacto en los resultados de la empresa.

ANÁLISIS MACROENTORNO															
Nombre :					Cargo :										
FACTORES				CATEGORIA											
SOCIALES				SI	NO	AMENAZA			OPORTUNIDAD			IMPACTO			
						A	M	B	B	M	A	B	M	A	
1. ¿Existe mano de obra con experiencia en el Sector textil confección en Medellín?															
2. ¿Es alta la cantidad de mano de obra con experiencia en el sector textil confección en Medellín?															
3. ¿Es alta la venta de mercancía de contrabando en Medellín?															
4. ¿Cómo afecta la subfacturación al Sector textil confección en Colombia?															

Figura 6. Instrumento para el análisis externo

Discusión de resultados:

Al tener en cuenta que los resultados que se obtienen son satisfactorios y se ha cumplido con los objetivos planteados inicialmente, se hacen las siguientes anotaciones:

1. Un aspecto a mejorar en la metodología es la programación de las reuniones, para que no pase mucho tiempo entre una reunión y otra. De esta manera el personal no olvida los conceptos trabajados en la etapa que se está desarrollando.
2. En la entrega final del proyecto, es muy importante asesorar a la empresa para que empiece la etapa de implementación de la estrategia. Es frecuente que se diseñe todo un plan exitoso, pero se queda en el papel y no se lleva a la realidad. Esta situación hace que la planeación estratégica se vuelva un proyecto de poco impacto.
3. Es necesario estudiar las empresas que desarrollan la planeación estratégica de forma exitosa, y aplican las estrategias formuladas de forma eficaz. Esto permitiría reducir el número de empresas que son buenas creando planes, pero que la implementación de estos se vuelve todo un problema para la empresa
4. Cuando se realiza la reunión inicial y se le explica a la parte directiva sobre el proyecto a desarrollar, se debe tener en cuenta, hacerles un entregable de la

información para que ellos lo estudien y de esa forma al momento de ir a aplicar los instrumentos no se tenga que volver a repetir la información.

5. La Metodología aplicada funciona; ya que se logra alinear y aterrizar conceptos que los administrativos tienen en su cabeza, pero no han plasmado, como por ejemplo la parte del Direccionamiento Estratégico.

6. Toda la organización ha estado muy comprometida con el proyecto de investigación, y toda la información ha sido socializada, y aprobada por ellos; al finalizar y hacer la entrega de resultados; se ha constatado que el Direccionamiento Estratégico se implementó en su totalidad, el Diagnóstico Estratégico está siendo analizado porque ha logrado generar expectativas y ver el panorama de oportunidades que tiene la empresa en el entorno que se desenvuelve.

7. Una perspectiva a futuro que se puede lograr con la implementación de la Metodología de Planeación Estratégica, es poner en marcha el Cuadro de Mando Integral, que permite hacer los controles y medición al cumplimiento de los objetivos, e implementar mejoras en la marcha.

8. En la reunión de la entrega final del proyecto, es necesario divulgar los resultados a todo el personal. Para que todos conozcan los objetivos de la empresa y la forma en que planea alcanzarlas. Así todos serán conscientes de su papel en los resultados de la organización.

Conclusiones:

- Al aplicar la metodología, se observa que la investigación aporta elementos claves que sirven de base para que una pequeña empresa pueda aplicar la Planeación Estratégica de forma exitosa.
- Con una adecuada Planeación Estratégica se logra plasmar y determinar cuál es el rumbo que se le quiere dar a una empresa.
- Aplicando la metodología propuesta en este proyecto, se rompe con el mito de que hacer Planeación Estratégica requiere hacer una gran inversión de capital, porque la metodología es fácil y sencilla de aplicar.
- La metodología es ganadora porque logra que toda la organización participe activamente en la construcción de cada una de las etapas y entienda los conceptos.
- Hacer un buen diagnóstico permite encontrar las Fortalezas, Amenazas, Oportunidades y Debilidades que existen en el entorno de la empresa, y con base en este se pueden crear estrategias que permitan estar preparados para aprovechar y afrontar las situaciones que surgen.

- Para la construcción de estos elementos (objetivo estratégico, la estrategia, programa y proyecto); debe existir una coherencia que permita a los participantes comprender la relación existen entre ellos; para que cada acción ejecutada este alineada con el cumplimiento del objetivo estratégico.
- Es muy importante explicarle de modo general a los directivos la etapa posterior a la planeación estratégica, la cual es la implementación de la estrategia. De manera que las estrategias realizadas no se implementen y queden en un segundo plano.
- El cuadro de mando integral se vuelve sumamente importante después de realizar la planeación estratégica, para monitorear los objetivos estratégicos y hacer que los directivos trabajen en conjunto con el personal para lograr los resultados.

Agradecimientos:

Primero que todo a nuestro Padre Celestial, por todas las bendiciones recibidas. A nuestro profesor Victhor Caicedo por su loable labor de compartir sus conocimientos, apostarle a este proyecto, su paciencia y disposición para acompañarnos en este proceso de formación y aprendizaje.

A nuestra Institución Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, por todo el conocimiento aprendido a lo largo de nuestra formación y la empresa privada por su confianza y permitirnos acceder a sus instalaciones para poder desarrollar a feliz termino la prueba piloto; para nuestra investigación.

Referencias:

- Abascal Rojas, Francisco, (2000), Cómo se hace un Plan Estratégico.
- Álvarez Torres, Martin G, (2006), Manual de Planeación Estratégica : la metodología de consultoría más práctica para crecer en un ambiente competitivo.
- Bernal, Cesar, 2016, Metodología de la Investigación.
- Chase, Richard B, Jacobs F. Robert, (2019), Administración de Operaciones.
- Chiavenato Idalberto, Sapiro Arao, (2011), Planeación Estratégica.
- Carrión Maroto, Juan, (2007), Estrategia de la visión a la acción.
- Castellanos Ramírez, Andrés, (2015), Logística comercial internacional
- Cuatrecasas, Lluís, (2010), TPM en un entorno Lean Management.
- Cuesta Santos, Armando, (2016), Indicadores de gestión humana y del conocimiento en la empresa.

Cruces Ruiz, José Agustín (2013), Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua.

David, Fred R (1994), La gerencia estratégica.

David, Fred R, (2008), Conceptos de Administración Estratégica.

David, Fred R., David, Forest R, (2017), Conceptos de administración estratégica.

Dess, Lumpkin, Eisner (2011), Administración Estratégica.

García, Oscar León, (2003), Valoración de empresas, gerencia del valor y eva

González Millán, José Javier, Rodríguez Díaz, Miryam Teresa, (2019), Manual Práctico De Planeación Estratégica.

Goodstein, Leonard, Nolan, J. Timothy M, Pfeiffer, William (1998), Planeación Estratégica Aplicada.

Híjar Fernández, Guillermo, (2013), Planeación Estratégica la visión prospectiva.

Hitt, R. Michael A.; Ireland, Duane; Hoskisson, Robert E., (2004), Administración Estratégica.

Jones, Gareth R., (2015), Teoría Organizacional, Diseño y cambio en las organizaciones.

Kaplan y Norton, (1996), Balanced Scorecard.

Kaplan Robert y Norton David (2004), Mapas Estratégico.

Koontz, Harold, Heinz Weihrich, (2013), Elementos de Administración.

Koontz, Harold, Cannice, Mark V., (2017), Administración una perspectiva, Global empresarial y de innovación.

Kotler, Philip; Keller, Kevin Lane; Cámara, Dionisio; Mollá, Alejandro, (2006), Dirección de Marketing.

Kotler, Philip, (2016), Dirección de Marketing.

Lovelock, Christopher; Wirtz, Jochen, (2015), Marketing de Servicios.

Marín Vásquez, Rafael, (2014), Almacén de clase Mundial.

Martínez Pedrós Daniel, Milla Gutiérrez Artemio (2005), La elaboración del Plan Estratégico y su implantación a través del Cuadro de Mando Integral.

Porter, Michael E. (1997), Estrategia Competitiva.

Rivas Tovar, Luis Arturo, (2016), Dirección Estratégica.

Rokeach (1973), Milton.

Rojas López Miguel David; Medina Marín Laura Johana (2012), Planeación Estratégica Fundamentos y Casos.

Sainz de Vicuña Ancín, José María. (2009), El Plan Estratégico en la práctica

Serna Humberto (2008), Gerencia Estratégica.

Thompson, Arthur A., Strickland III, A.J., Ciara Sutton, Alex Janes, Peteraf, Margaret A., Gamble, John E. (2018), Administración Estratégica

Uribe Macías Mario Enrique, Reinoso, Juan Fernando, (2014), Sistema de indicadores de Gestión.

<https://www.camamedellin.com.co/comunidad-cluster/comunidad-cluster/cluster-moda-y-fabricacion-avanzada>

<http://www.ccas.org.co/asesoriaemprendimiento/>

<https://www.inexmoda.org.co/ferias/>

Palabras Claves

Aprendizaje
organizacional,
estructura,
estrategia y
cultura.

CAPÍTULO 8

APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL ESTRATEGIA INFALIBLE DE LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Esperanza Díaz Vargas

Universidad de La Salle

Bogotá, Colombia

Sobre el autor:



Esperanza Díaz Vargas: Docente-Investigadora adscrita a la Facultad de Administración de Empresas y Contaduría Pública de la Universidad de La Salle, Psicóloga Educativa, Especialista en Pedagogía y Magister en Educación. Bogotá- Colombia.

Correspondencia: esperanzadiazv@unisalle.edu.co

Resumen:

El presente aporte académico y empresarial es producto de dar respuesta al siguiente objetivo: Diseñar una estrategia orientada a racionalizar el uso del poder gerencial que facilite la reducción de los conflictos, mejorando la eficiencia en una empresa floricultora de la sabana de Bogotá. Por tanto, una de las intenciones de esta investigación es intervenir en espacios de socialización e intercambio de

conocimientos entre empleador y empleado, con la intención de fortalecer las relaciones sociales de estos actores con un fin común, la empresa. La metodología usada es de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo. En las conclusiones se puede apreciar como a partir del proceso estratégico del aprendizaje organizacional, se logra mejorar la eficiencia de los actores de esta organización.

Palabras claves: Aprendizaje organizacional, estructura, estrategia y cultura.

Abstract:

This academic and business contribution is the product of responding to the following objective: Design a strategy aimed at streamlining the use of managerial power that facilitates the reduction of conflicts, improving efficiency in a flower-growing company in the savanna of Bogotá. Therefore, one of the intentions of this research is to intervene in spaces of socialization and exchange of knowledge between employer and employee, with the intention of strengthening the social relations of these actors with a common purpose, the company. The methodology used is descriptive with a quantitative approach. In the conclusions it can be seen how, from the strategic process of organizational learning, the efficiency of the actors of this organization is improved.

Keywords: Organizational learning, structure, strategy and culture.

Introducción:

El cambio organizacional en tiempos de incertidumbre requiere de personas preparadas y actualizadas para desarrollar adecuadamente las tareas asignadas en la empresa, por tanto, es notorio el interés de muchos gerentes por crear espacios para capacitar al personal de su organización y mantenerse competitivos en esta economía global.

Para este caso, específicamente para las empresas del sector floricultor, no es la excepción. Estas organizaciones están comprometidas por mejorar constantemente sus estructuras de trabajo y producción, y para ello, la articulación con la academia es importante como estrategia de actualización, investigación y formación de sus empleados, lo que garantiza acuerdos que bajan los costos de inversión en la capacitación y les permite fortalecer áreas de desarrollo personal y profesional de sus colaboradores.

De acuerdo con esto, desde el 2017 se ha implementado un trabajo coordinado y con una dirección compartida desde la gerencia de talento humano, con el fin de dar respuesta a los diferentes problemas de formación y desarrollo profesional en la empresa floricultora con la intención de diseñar una estrategia orientada a racionalizar el uso del poder gerencial que facilite la reducción de los conflictos, mejorando la eficiencia en esta organización de la sabana de Bogotá. Por tanto, una de las intenciones de esta investigación es intervenir en espacios de socialización e intercambio de conocimientos entre empleador y empleado, con la intención de fortalecer las relaciones sociales de estos actores con un fin común, la empresa.

De igual forma, una de las intenciones por las que esta investigación se fundamenta, es el abordaje desde el área de las Ciencias Humanas, específicamente en la temática sobre la identidad del campesino, el ámbito o contexto rural y el fortalecimiento de la labor del trabajador en este sector, de acuerdo a lo que mencionan Pérez & Farah (2002), se percibe que “[...] dicha revalorización parte del supuesto de que el medio rural no sólo existe, sino que es de suma importancia para la sociedad y la economía en su conjunto” (p. 18). Destacando, para este caso, las potencialidades del trabajo rural, los beneficios económicos, sociales, políticos y culturales relacionados al sector productivo de los municipios de Chía, Cajicá, Sopó, La Calera, Cota, Tenjo y Tabio, así como la ciudad de Bogotá con la que está vinculada directamente.

Pues de acuerdo con Friedemann (2008) “En estos pueblos las relaciones sociales de producción se remontan al periodo colonial y al sistema socioeconómico de hacienda” (p. 37), lo que significa que haya una relación despersonalizada entre el dueño de la hacienda y el trabajador, pues el primero, quien no necesariamente tiene un vínculo nato con la zona, a diferencia del segundo, podría verlo solo como parte del proceso de producción, y no como un portador potencial de saberes útiles para su empresa. Si bien esto ha cambiado por la gestión del área de recursos humanos, se sigue presentando un inadecuado manejo del poder que se evidencia en conflictos laborales que desgastan al trabajador y al administrativo en protocolos disciplinarios, que imparten sanciones, pero no genera cambio en la relación conflictiva en algunos casos puntuales.

Teniendo en cuenta estos propósitos, se muestra en los resultados que esta empresa tiene un alto porcentaje de personas que provienen del área rural de diversas partes del país, lo que genera una diversidad cultural importante, aportando a la empresa miradas diferentes sobre el contexto laboral y el modo de comportarse; Otra característica significativa es el alto nivel de participación de mujeres trabajando en

cargos de supervisión y operativos, lo que lleva a explicar qué sucede con la equidad de género en la empresa y el manejo del poder de los directivos para resolver los conflictos, de ahí lo importante de estudiar los efectos que trae la capacitación en el aprendizaje organizacional y la eficiencia de la misma.

Metodología:

Esta investigación es de carácter exploratorio, puesto que es una aproximación novedosa al estudio de las relaciones laborales y del ejercicio del poder en las empresas floricultoras, específicamente, en las que son de carácter familiar. Es también una investigación cualitativa- descriptiva, ya que se trabaja en el ámbito de lo relacional, subjetivo e intersubjetivo de los agentes, de ahí que fueron considerados, además, los aspectos de índole valorativo – normativo.

La metodología usada para el estudio se fundamenta en el método inductivo – deductivo, ya que, a partir de una serie de casos particulares y concretos, se determinarán las conclusiones que permiten fundamentar y demostrar los objetivos de trabajo.

Es importante mencionar que la selección de la empresa, objeto de estudio, no obedece a parámetros estadísticos, ésta fue determinada mediante criterio intencional o por conveniencia. De esta forma, se escogió una organización cuyas características obedecieran a los siguientes aspectos de selección:

1. Que sea empresa de familia.
2. Que esté legalmente constituida.
3. Que sea empresa floricultora.
4. Que sus prácticas sean transparentes.
5. Que esté ubicada en la sabana de Bogotá.
6. Que lleven de 15 años en adelante de funcionamiento.

Posterior al proceso de selección, fueron aplicadas encuestas, entrevistas y conversatorios con el propósito de recolectar la información que nos permitiera detectar las relaciones laborales y su incidencia en el comportamiento organizacional de la empresa floricultora.

De la misma manera, se estudió su estructura organizacional y sus transformaciones con el propósito de determinar los niveles jerárquicos. A su vez, fueron revisados los manuales de funciones y de procedimientos, así como los estatutos, los reglamentos de trabajo, los sistemas de ascenso, de promoción, de

sanciones, entre otros. Como fuentes secundarias, fueron consultados textos de la literatura relevante relacionados con la temática del poder y su presencia en las organizaciones, especialmente conexas con las empresas de familia. Así mismo, fueron analizados estudios de caso en donde se manifiesta el ejercicio del poder dentro de la cultura organizacional.

En virtud de esto, es posible decir que la información obtenida a partir de este estudio fue analizada en torno un método Crítico – hermenéutico, ideal para las ciencias sociales, el cual consiste en establecer un sistema de comunicación abierto, horizontal y dialéctico que facilite una mirada crítica de los fenómenos que circundan al objeto de estudio:

Resultados:

A continuación, se relatan los datos encontrados a partir del desarrollo investigativo desde las diferentes herramientas usadas en el proceso. En la tabla No.1, se encuentran algunos resultados relevantes obtenidos del proceso de entrevista.

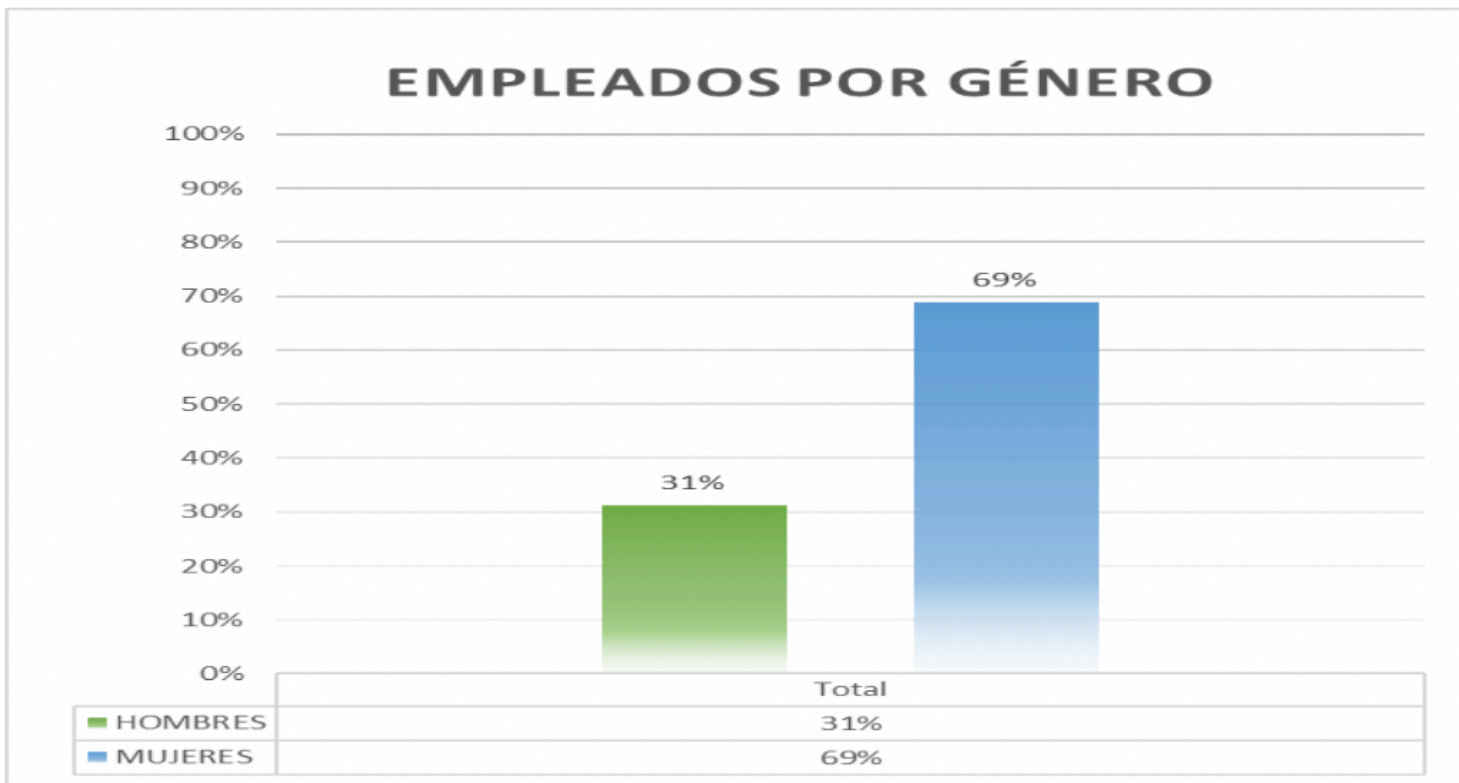
	Categorías de Indagación	Respuestas a la indagación.
1	Tamaño de la Empresa:	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionarios 900 personas Aprox. • Empresa de tamaño grande.
2	Actividad económica:	<ul style="list-style-type: none"> • Agropecuaria y comercial.
3	Características Territoriales de donde desarrolla su actividad económica:	<p>Cota, Cundinamarca, Colombia.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Extensión total: 55 Km² ✓ Extensión área urbana: 1,3 Km² ✓ Extensión área rural: 53,7 Km² ✓ Altitud de la cabecera municipal: 2.566 msnm ✓ Temperatura media: 14 ° C ✓ Distancia de referencia: 26 Kilómetros al noroccidente de la ciudad de Bogotá D.C.
4	Razón social de la empresa:	<ul style="list-style-type: none"> • Registrada como Sociedad Anónima ante la Cámara de Comercio
5	Características de delegación Familiar:	<ul style="list-style-type: none"> • Profesional con 25 años como presidente de la empresa. No tiene vínculo familiar con los dueños de la empresa.

		<ul style="list-style-type: none"> • Constituida por tres hermanos: 1 hombre y 2 mujeres (gemelas), al fallecer su hermano, ellas quedan con el 70% de la compañía y realizan inversiones en otro tipo de negocios. • Ningún familiar pasó de la segunda generación, ya que ninguno de los dueños de esa empresa familiar se casó, ni existe ningún tipo de herederos consanguíneos, por derecho o de hecho. • Existen socios NO familiares en la empresa, con los cuales existe una buena comunicación y donde el poder decisorio está en cabeza del presidente actual de la empresa.
6	Visión Familiar	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en negocios diferentes
7	Comunicación Intrafamiliar:	<p>Caracterizada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reunión como familia para tomar decisiones de la empresa y llegar a acuerdos mutuos por proteger el patrimonio familiar. • Los miembros de la familia (dos hermanas gemelas) de aproximadamente 70 años, mantienen un trato amable y considerado entre ellas • Evitan choques de comunicación en la empresa
8	Solución de conflictos familiares de la empresa:	<ul style="list-style-type: none"> • Determinan las diferencias y un tercero interviene de la decisión final.
9	Nivel educativo del empresario encargado:	<ul style="list-style-type: none"> • Universitario.
10	Características de la presidencia Actual:	<p>El actual presidente considera que</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe prepararse para mejorar sus conocimientos acerca del negocio. • Le debe gustar mejorar procesos y estar actualizada en tecnología.
11	La forma de gobierno:	<ul style="list-style-type: none"> • A través de la junta directiva
12	Estilo de dirección gerencial	<ul style="list-style-type: none"> • Directivo-delegativo.

13	Relaciones de Poder	<ul style="list-style-type: none"> • Se enmarcan en las negociaciones entre el capital y el trabajo.
14	Reclutamiento de personal:	<ul style="list-style-type: none"> • No se realiza por parentesco con funcionarios existentes. • No existe clientelismo político, tampoco amiguismo, ni nepotismo.
15	Significado de ser un buen trabajador:	<ul style="list-style-type: none"> • El mejor trabajador es el que cumple de manera fiel las disposiciones de la dirección.
16	Relaciones de poder	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiende a negar las faltas cometidas por los trabajadores por miedo a una sanción por parte de los jefes asignados por la gerencia para ejercer control.
17	La planeación estratégica y la Familia:	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha desarrollado una estrategia para la familia empresaria y se cuenta con una plataforma de valores de la familia.
18	Visiones estratégicas para la empresa en el Futuro:	<ul style="list-style-type: none"> • En cuanto apalancar la empresa para mejorar su capacidad, consideran que debe mantenerse única. • La preparación para la jubilación de los fundadores está pensada en una candidatura externa.

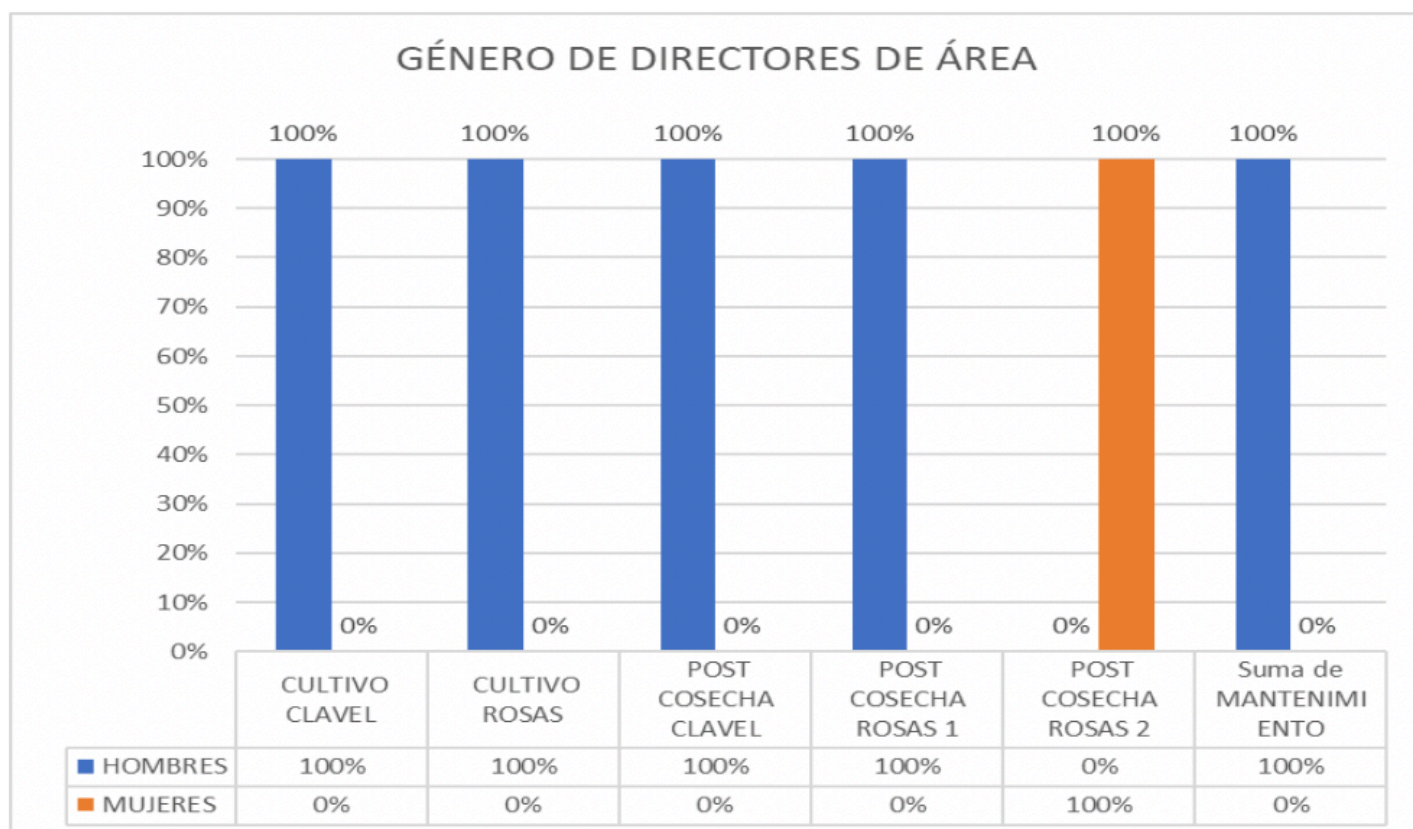
Tabla 1. Resultados de la caracterización de la empresa floricultora. Fuente: Autor.

Los datos presentados, fueron obtenidos a partir de una entrevista realizada a la gerente de talento humano de la empresa investigada, para esto, se ha expuesto en una ficha técnica con el fin de establecer una caracterización de esta empresa floricultora y evidenciar algunos datos relacionado con las relaciones de poder y la cultura organizacional desde las dinámicas de familia a nivel empresarial. Por consiguiente, a continuación, en los próximos gráficos se presentan los resultados de la distribución por género desde el área de trabajo y línea de mando en la empresa floricultora, la información de la gráfica No 1, nos permite evidenciar cómo está distribuido el personal en la organización. se aprecia que el 69% de los trabajadores de esta empresa floricultora son mujeres con edades que oscilan entre 38 y 47 años y un grupo menor entre 18 y 32 años.



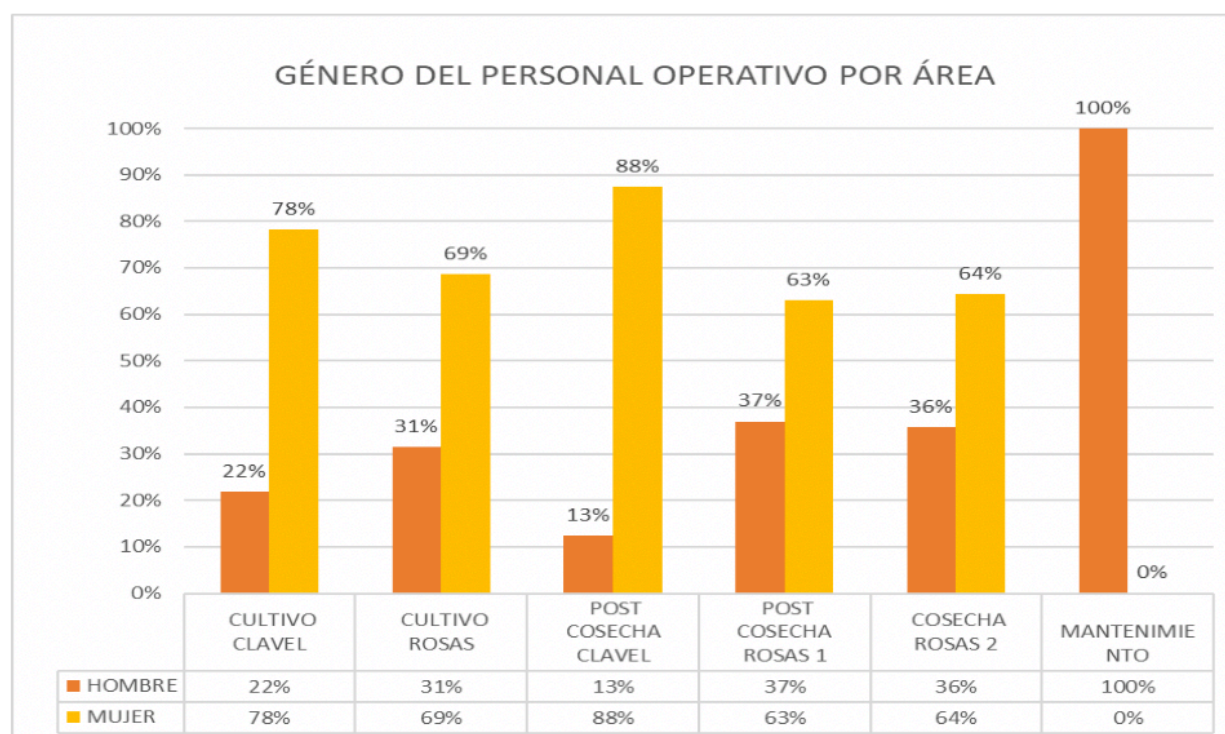
Gráfica. 1. Distribución de empleados por género.

La empresa está compuesta por seis áreas de trabajo, cultivo de clavel, cultivo de rosas, postcosecha de clavel, postcosecha de rosas 1, postcosecha de rosas 2 y mantenimiento, sin embargo, es significativo observar que solo en una de las seis áreas de labores, la dirige una mujer y que la dirección de las demás recae en hombres.



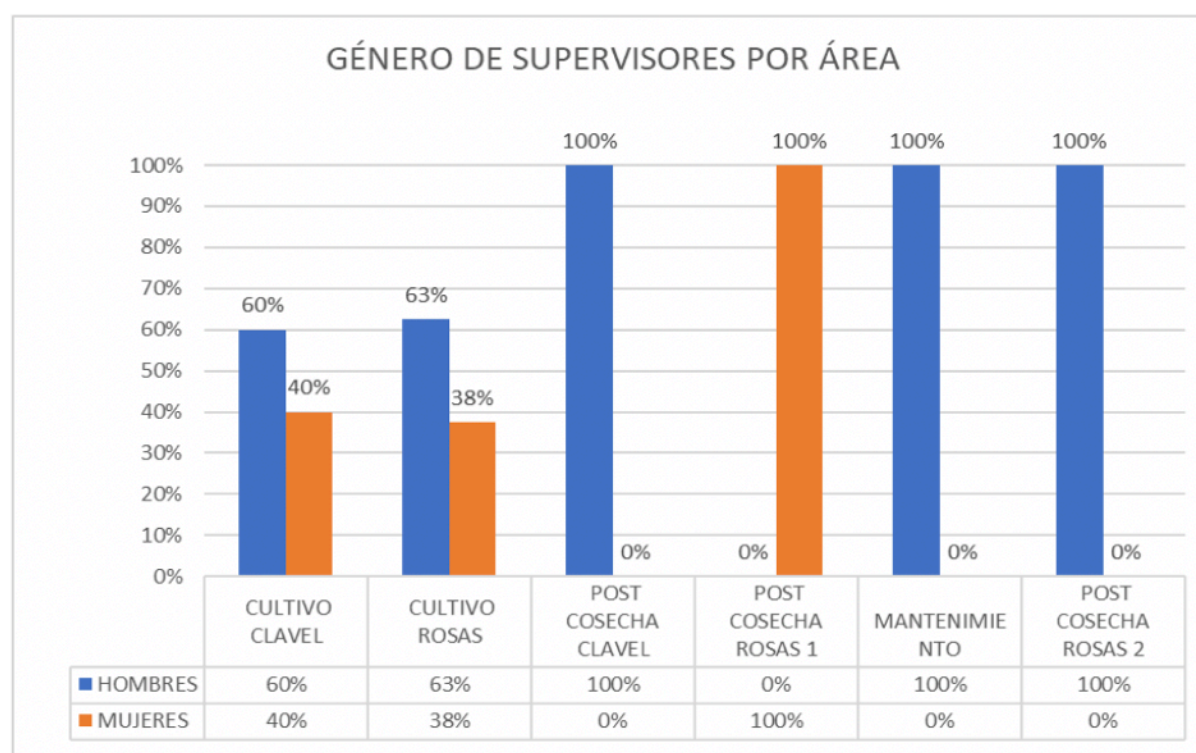
Gráfica 2. Distribución por dirección de área.

Relacionado a la información anterior, la gráfica No.3, nos muestra la distribución del personal operativo en cada una de las áreas anteriormente mencionadas. A continuación, la estadística laboral sectorizada:



Gráfica. 3. Distribución de personal operativo por área.

Esto quiere decir que es evidente que, de las seis áreas operativas, en cuatro de ellas el mayor número de las personas que trabajan allí son mujeres, diferenciándose solo el área de mantenimiento donde trabajan solo hombres.



Gráfica. 4. Distribución de supervisores por área.

En la gráfica No 4, la distribución de las áreas de cultivo clavel y rosas presenta porcentajes relativamente más equilibrados de supervisores entre mujeres y hombres, sin embargo, de las seis áreas, hay tres en donde los supervisores solo son hombres de manera exclusiva: post cosecha clavel, rosas y mantenimiento, mientras que solo en una de ellas, la mujer es la supervisora: postcosechas rosas 1.

Al ser este un documento de análisis de algunos de los datos obtenidos es posible evidenciar que las relaciones de poder, en tanto la organización de la supervisión, está mediada por los hombres, sin embargo, es evidente que, para el desarrollo de las acciones específicas operativas de cada área, las fuerzas de trabajo se homogenizan y la distribución de personal es un poco más equilibrado.

Conclusiones:

De acuerdo con el proceso realizado y presentado en el desarrollo de este documento, es posible correlacionar estos datos en una serie de discusiones, a modo de conclusión, que permitan articular de manera teórica los hallazgos de esta investigación.

En primer lugar, en la caracterización de la empresa floricultora estudiada se puede establecer que es una empresa grande, la cual mantiene una estructura jerárquica funcional y que permite, de manera organizada, trabajar bajo una administración tradicional. Igualmente, es posible mencionar que esta organización es liderada por profesionales que mantienen un equilibrio financiero y donde uno de sus mayores intereses es contar con personas comprometidas, dispuestas al cambio y con convicción de trabajo en equipo.

En cuanto a lo registrado, cada vez es más significativo para estas empresas mantener un personal capacitado, de fácil adaptación al cambio, así como un ideal importante en el fortalecimiento de competencias para el trabajo en equipo. Lo anterior contribuye con el propósito de mantener la lealtad de los clientes, quienes cada día son más exigentes, por tanto, sus necesidades hay que tenerlas presentes para lograr la perdurabilidad de la empresa.

Es revelador el marcado poder masculino en la dirección del trabajo con las operarias de la empresa. Con relación a esto, Friedemann (2008) menciona que

El orden jerárquico que se mantiene [...] es un sistema patriarcal y clasista de dominación social. De hecho, las relaciones de clase no solo se mantienen, sino que se graban en la estructura social por la transcripción pública de dominación y poder que crean los cultivos de flores. (p. 124)

Esto es muy notorio en la empresa cuando se distingue que las operarias lucen overol naranja y sus jefes inmediatos están con ropa particular, botas y cachuchas. Es evidente entonces que no existe uniformidad de prácticas institucionalizadas, prima la estandarización de la tarea, también, al personal se le trata de manera diferente y se evidencia que sí importa el nivel en donde se desarrolle la conversación o acción de mando, evidenciando educación o estatus. Por su parte, los ingenieros agrónomos imparten instrucciones precisas en planta como: tipo de trabajo, ritmo, formas de control, materiales a utilizar y la organización de la producción y el trabajo, todo con el apoyo del supervisor de área.

En lo concerniente a los datos analizados y evaluados en la empresa floricultora y conforme a sus necesidades y requerimientos sobre mantener su competitividad, se propone la estrategia de aprendizaje organizacional, tomando en consideración el siguiente modelo organizativo, propuesto por Molina, Botero, & Montoya (2016), basandose en Pereira (2006), con la intención de analizar de manera diagramal y organizativa un modelo estratégico de una empresa familiar.

Este modelo permite desarrollar un proceso de aprendizaje más integral detectando los puntos fuertes y débiles de la empresa como se puede ver en la siguiente figura, además de promover una formación y desarrollo del personal basado en competencias gerenciales que faciliten la comunicación y el desarrollo de un trabajo en equipo.

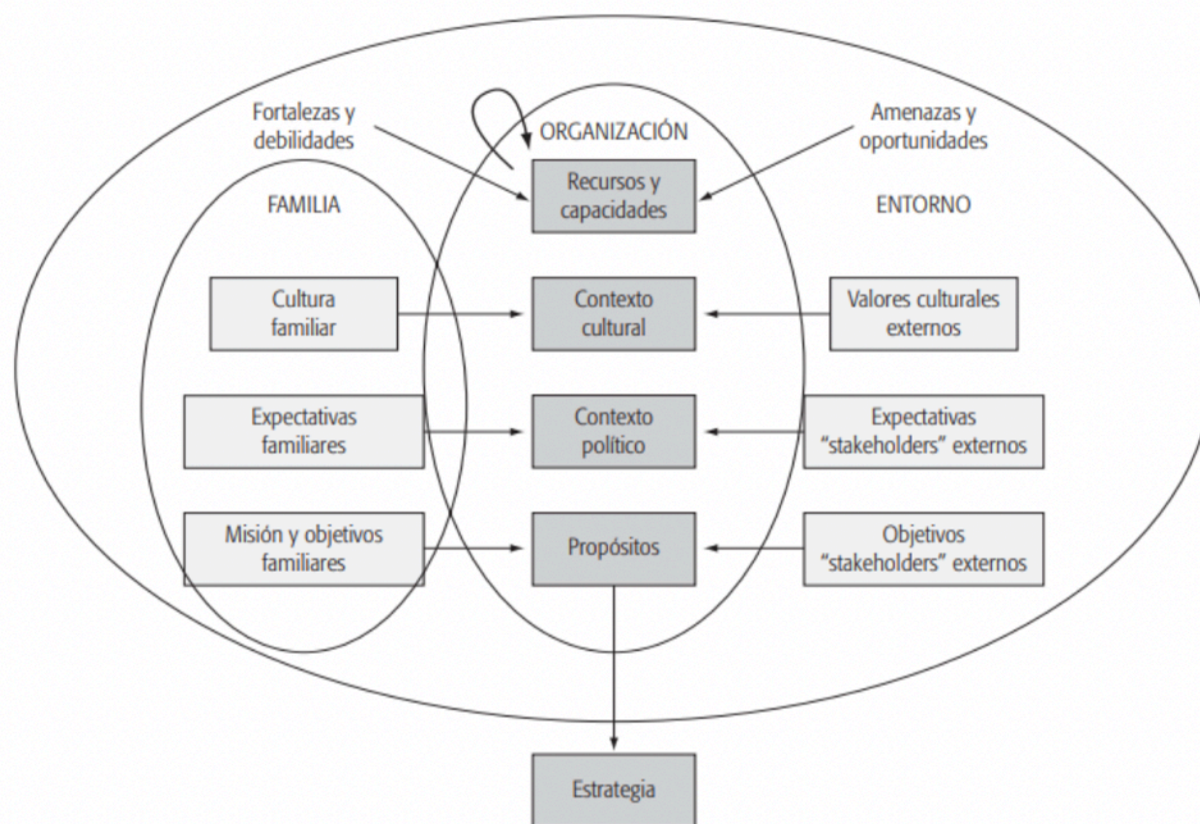


Ilustración 1. Modelo Organizativo del proceso estratégico de la empresa familiar

Fuente: (Molina, Botero, & Montoya, 2016)

Para entender mejor los efectos que ha producido el aprendizaje organizacional y el análisis de las dinámicas internas, miremos la siguiente tabla que permite comprender lo que ha pasado en las últimas décadas a propósito de la construcción de herramientas innovadoras para las empresas.

AUTORES	CONCEPTOS DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL
Miller y Cangelotti (1965)	Estos autores fueron los pioneros en el concepto de “aprendizaje Organizacional, quienes se basaron en la Teoría de Contingencias, a partir de ese avance, conceptualizaron un modelo denominado “adaptación de aprendizaje” que permitió dar explicación sobre la permanencia de algunas empresas a lo largo del tiempo a pesar de las adversidades. (Garzón & Fisher, 2008)
Chris Argyris y Donald Schon (1978)	Por su trabajo: "Organizacional Learning" consideraron el aprendizaje en función de la detección y corrección de errores en las organizaciones. Lo anterior siempre determinado por las variables reguladoras lo que domina el comportamiento.
Schein, (1982)	Siendo el Aprendizaje una capacidad inherente a los seres humanos, en las organizaciones se encuentra determinado por la cultura organizacional, especialmente por aquellos elementos inobservables como lo son son las creencias, las tradiciones y los valores que configuran.
Strategic Management Journal (1995)	Esta revista, se encarga de reflexionar y ubicar las implicaciones administrativas del aprendizaje organizacional y opina que es preciso caracterizar brevemente el contexto con el que se inicia éste; en términos generales, cuatro factores pueden distinguir al nuevo milenio: el incremento en la tasa de difusión y cambio tecnológico, la era de la información, el incremento en la intensidad del conocimiento y la emergencia de una retroalimentación positiva de la industria.
Siglo XX Peter Drucker	En el libro Los desafíos de la administración en el siglo XXI, el autor dedica un capítulo entero a hablar del trabajador del conocimiento,

	apuntando que en este siglo las ventajas competitivas de una organización dependen básicamente de lo que sabe y el uso que hace de ese conocimiento. El autor asigna al trabajador del conocimiento el papel protagónico.
Siglo XXI	Para este periodo de tiempo, <u>Pereyras (2015)</u> reflexiona respecto a la incursión del Internet y las <u>TIC's</u> han modificado las dinámicas de la sociedad, produciendo entonces conocimientos de cada sujeto libre, privado u o público y categorizando los niveles de aproximación a las tecnologías a partir de las siglas Y, a la X o a la Z (Pereyras, 2015)

Tabla 2. Conceptos del Aprendizaje Organizacional. Fuente: Autor

Lo presentado anteriormente, implica mencionar que, en los últimos cincuenta años, se han realizado una serie de aportes sobre el aprendizaje organizacional en las empresas y la relación que éste tiene con la perdurabilidad y competitividad empresarial, lo cual han permitido consolidar diversos modelos organizativos. Este recorrido histórico, presentado brevemente en este documento, permite comprender mejor el ejercicio de transformación en la compañía, el cual vamos a concebirlo como toda manifestación neurológica que se hace presente en la consciencia de un sujeto y que aparece luego como objeto de su percepción, por tanto se convierte en un proceso compuesto y complejo que tiene como propósito su relación con la estrategia, la estructura y la cultura, y así, hacer más productiva y perdurable la empresa a través de la innovación y la creatividad de las personas.

Dentro de las características de las empresas, es importante destacar que la cultura organizacional, desarrollada en el proceso de aprendizaje empresarial, permite desplegar un cambio en la organización de carácter fundamental con la intención de llegar al pensamiento de quienes dirigen y operan la empresa. Para Cortes & Pérez (2008), es viable considerar que

el conocimiento sólo es posible a través del aprendizaje, en otras palabras, primero se da en las personas el proceso de aprender, este proceso conduce a generar conocimiento y dicho conocimiento se ve reflejado en la organización en nuevos procesos, formas de hacer las cosas, productos, tecnología, sistemas de información, etc. (p. 25)

En efecto, lo anterior implica trabajar en lo que se conoce como el alma de la organización, es decir, “la cultura organizacional” determinada por los valores corporativos, el tipo de liderazgo y la ideología que se genera a partir del proceso decisorio, este conjunto de acciones subscribe implementar una transformación desde lo humano y lo tecnológico que permita avanzar en hacer caminos hacia la innovación y creatividad.

Para Roberto Motta (1993),

las etapas de la innovación son relatadas solamente por disociación mental, pues que, como lo dijimos, no existe necesariamente una lógica secuencial, determinante, en el proceso de producción de ideas. Así, en primer lugar, el desarrollo de ideas exige que el gerente estimule la creatividad individual. Es necesario despertar en el individuo el espíritu crítico y ofrecer la oportunidad de descubrir y conocer nuevas alternativas, nuevas posibilidades. Los estímulos son indispensables porque las grandes organizaciones normalmente conducen a sus miembros más bien hacia la conformidad y protección de las condiciones existentes, que hacia la búsqueda de la novedad.

En segundo lugar, es importante recordar que, si la generación de ideas nuevas es esencialmente una cuestión individual, la aceptación de las ideas es un proceso colectivo. Por eso se considera que la innovación es un proceso organizacional, donde ideas individuales, únicas, necesitan ser colectivizadas e institucionalizadas.

En tercer lugar, la implantación de ideas nuevas corresponde a una modificación en las condiciones organizacionales existente; exige movilización de todos los recursos organizacionales en el sentido de crear condiciones favorables, superar resistencias y transformar la organización. (p. 217)

De acuerdo a lo explicado por Motta (1993), se establece aquí una relación innegable entre el tratamiento de las ideas y los procesos de aprendizaje para lograr transformar pensamientos acomodados en patrones de conducta aparentemente “exitosa” a pensamientos flexibles y estructurados con una mirada más holística y autocrítica, en donde la responsabilidad es el principal valor de las personas para que la empresa, en cabeza de sus dirigentes, inicie una la interpretación desde el contexto laboral de oportunidades y no, al acostumbrado, panorama de quejas y de culpables que lo único que hace es detener el progreso y sostenibilidad de la organización, bien sea de carácter familiar o no.

En la ilustración que se presenta a continuación se puede apreciar cuál sería el camino que se requiere recorrer cuando las ideas son claras frente al cambio organizacional que se necesita realizar, interiorizar y ejecutar de forma colectiva con los colaboradores de la empresa, que sin duda alguna, se volverá rentable a través de la gestión del conocimiento que la empresa ejecute y así, la vida laboral, recobrará un sentido más humano enriquecido por su qué hacer y trabajo, donde se reconoce su creatividad e innovación.



Ilustración 2. Valor Económico para la Organización.

Fuente: (ActualGrupo, s/f)

En ese sentido, buscar permanecer en el mercado y generar oportunidades de trabajo son los retos que los empresarios y dirigentes tiene en los próximos años, además de combatir la rutina el tedio y el estrés laboral que silenciosamente deterioran las relaciones laborales, acciones que poco a poco van ocasionando errores, fuga de talento y un deterioro al patrimonio económico de las empresas de familia.

Con lo anterior, es indispensable pensar en construir escenarios que ayuden a pensar de forma distinta, donde el empleado sea parte de la solución y no del problema, esto relacionado con lo encontrado en el análisis de la empresa familiar estudiada, en la cual se identificaron las necesidades de capacitación de los directivos,

supervisores y colaboradores, en donde el 100% de jefes y supervisores recibieron la capacitación, así como el 30% de sus colaboradores.

A propósito del proceso de formación, Garzón & Fisher (2008) mencionan que

Las grandes fortalezas de las empresas japonesas permiten descubrir que en buena parte el éxito partía de la experiencia, conocimientos y relaciones dentro de las personas que trabajan en las organizaciones, cuyo valor es incalculable. Este descubrimiento llevó a una serie de estudiosos norteamericanos a buscar la forma de poner el conocimiento propio de ellas, individual y colectivo, que estaba en poder de unos pocos a disposición de toda la organización.

La incorporación del conocimiento de la empresa a la generación de estrategias que la hicieran más competitiva creó un nuevo concepto en las ciencias administrativas conocido como Gestión del Conocimiento o Knowledge Management. Este concepto se puede definir como un proceso sistemático de buscar y encontrar; tamizar y seleccionar; organizar, disponer y almacenar; recuperar y compartir la información que se genera por la dinámica propia de la empresa, para transformarla a través de la cooperación de las personas involucradas en el proceso de conocimiento. Si se comprenden mejor los procesos claves y las situaciones específicas, se aprovecha la experiencia y el conocimiento acumulados por la comunidad para beneficio de los miembros de la organización y de los objetivos que ella persigue. (p. 203)

En consecuencia, es evidente que el aprendizaje se convierte en conocimiento cuando el ser humano interpreta y construye su realidad, hechos que se ven reflejados en las entrevistas propuestas para esta investigación, en especial, para el jefe empresarial, quien afirma que es necesario e importante apostar por la educación constante y la masiva retroalimentación a sus colaboradores.

Para establecer esta estrategia de formación en esta investigación, también se tuvo en cuenta algunos de los pasos del diagnóstico de la cultura escalonada, descrita por Rodríguez (2016) de la siguiente manera, Justamente por esto, todo este ejercicio organizacional, permite dar cuenta de la gran necesidad de formación y desarrollo del personal, donde la empresa requiere invertir en alianzas con el sector educativo, en este caso la asociación con Universidad de La Salle, quien apoya que la formación sea de calidad, de forma gratuita o de menor costo, respondiendo de manera estratégica al impacto de competitividad que se manifiesta en la actual economía Colombina, ya que habilita a dar cobertura a este sector floricultor, el cual da empleo formal a 130.000 personas actualmente y que además, necesita dar respuesta a estándares de calidad internacional dentro de parámetros de una cultura que conserve al medio ambiente.

METODOLOGÍA ESCALONADA

- ✓ Contacto Inicial: **Necesidad, utilidades y características del diagnóstico.**
- ✓ Examen de artefactos culturales:
Información impresa de la empresa: organigramas, slogans, historias oficiales, credos, premios, diarios, revistas, documentos de propaganda y publicidad interna y externa.
- ✓ Entrevistas a informantes calificados: **“héroes y villanos”**
- ✓ Entrevistas grupales: **Información adicional y complementaria.**
- ✓ **Reunión del equipo consultor**, con la participación de informantes internos.
- ✓ **Determinación de hipótesis y de los principales ítemes culturales:** Elaborar hipótesis, es decir, suposiciones de los fenómenos culturales de la organización.
- ✓ **Análisis grupal de textos:** Con las hipótesis, se pueden seleccionar textos de historias laborales en que sea posible detectar la presencia de ciertos rasgos culturales en el colectivo laboral.
- ✓ **Elaboración de instrumentos:** Encuestas, entrevistas, videos, etc.
- ✓ **Análisis de resultados:** Presentación de resultados, Ej: Gráficas y Tablas.
- ✓ **Elaboración y presentación del informe:** Presupuesto.

Fuente propia Basada en el autor.

Con referencia a la estructura implementada, es importante retomar este proceso reflexivo a partir de los postulados que Senge propone para este abordaje temático. Aquí se muestra el ciclo de aprendizaje que idealmente debe tener una organización para tener óptimos resultados de apropiación del conocimiento.

Antes que nada, es importante mencionar que uno de los modelos más significativos para Senge (1990), dentro de los entornos de aprendizaje en las organizaciones, es el que hace referencia a la necesidad que sus individuos estén en constante aprendizaje, inicialmente desde lo individual para la construcción de lo colectivo. Fischer (2010), señala que Senge (1990) “considera que el aprendizaje se conecta intrínsecamente con el individuo y que las empresas que aprenden incrementan continuamente su capacidad para crear el futuro”. (p. 21)

Relacionado a lo mencionado por Fischer (2010), es importante señalar que el ser individual marca una gran diferencia al momento de construir aprendizajes en la organización y a partir de lo anterior, Senge (1990) propone un esquema fundamentado en cinco disciplinas de carácter personal que motivan a la apropiación

de los aprendizajes para un bien común, en este caso, el de la empresa, lo que permitirá un progreso constante y efectivo que se va adaptando a las necesidades de los clientes y la industria, así como de las capacidades de aprendizaje de los empleados.

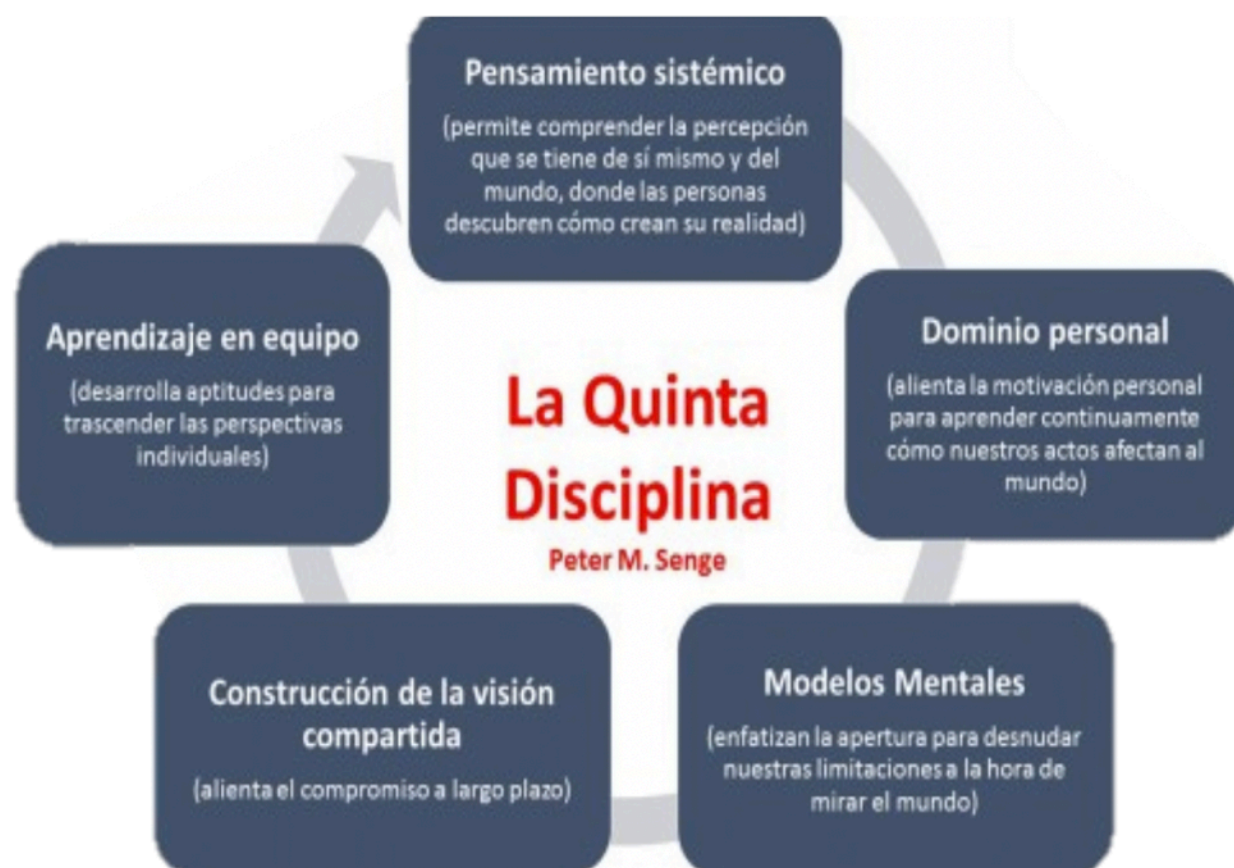


Ilustración 3. La Quinta disciplina. Senge (1990)

Finalmente, es posible mencionar que las empresas de familia que han logrado profesionalizarse, se han convertido en un sistema que permite educar, formar y establecer pensamientos de manera colectiva, cimentados en un sistema de valores que facilitan la creatividad e innovación de las personas que trabajan allí.

Significa decir también que el uso inteligente de la tecnología, al alcance de todos, es un ideal en países industrializados y desarrollados, pero en países donde aún esto no ha sido posible, por la desigualdad social, genera un gran desequilibrio educativo y, a su vez laboral, que no implica que no puedan establecer bases formativas para todos sus colaboradores en las diversas áreas productivas.

Esto quiere decir que es importante reflexionar que esta herramienta debería tener una función de proyección social y cultural, con miras a la eliminación del analfabetismo en los jóvenes del área rural. En otras palabras, al profesionalizar el campo, esta herramienta se convierte en un elemento esencial en momentos de

cambio ambiental, económico, político, social y cultural, por tanto, las empresas son fuente de aprendizaje explícito que exige cada vez más personas calificadas y conscientes de su qué hacer con sentido ético, ambiental y social.

En definitiva, es pertinente decir que esta investigación ha mostrado, desde un proceso sistematizado, cómo los directivos están abiertos a los cambios y cómo se logra establecer una comunicación más efectiva, que permite desaprender el círculo vicioso de la queja a un aprendizaje virtuoso de la responsabilidad social.

Referencias:

ActualGrupo. (s/f). un mapa de ruta para adecuar RRHH a los retos de la era del conocimiento.

Cortes, J., & Pérez, J. (2008). El aprendizaje organizacional: Reflexión desde la investigación aplicada en el grupo de estudios. Cuadernos de Administración, 29-36. <https://bit.ly/2LkqEli>

Fischer, A. (2010). Estudio descriptivo sobre el aprendizaje organizacional, en organizaciones de Brasil, Colombia y República Dominicana. Investigación Administrativa, 39(106). <https://bit.ly/2Wtf5Pg>

Friedemann, G. (2008). Ensamblar flores y cultivar hogares. Trabajo y género en Colombia. Instituto colombiano de antropología e historia.

Garzón, M. A., & Fisher, A. L. (2008). Modelo teórico de aprendizaje organizacional. Pensamiento & Gestión(24), 195-224. <https://bit.ly/3fFRbaB>

Molina, P., Botero, S., & Montoya, J. (2016). Empresas de familia conceptos y modelos para un análisis. Pensamiento & Gestión, 41. <https://bit.ly/3cv08BQ>

Motta, R. (1993). El arte de ser dirigente. Bogotá: Ediciones Uniandes.

Pereyras, A. (mayo de 2015). ¿Qué es el aprendizaje profundo? Nuevas pedagogías para el cambio educativo.

Pérez, C., & Farah, M. (2002). Los modelos de desarrollo y las funciones del medio rural en Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural.

Rodríguez, D. (2016). Diagnostico organizacional. Bogotá.: Alfa Omega.

Senge, P. (1990). Organizaciones que aprenden. Barcelona: Gránica.

PALABRAS CLAVES

ESTUDIO MÉTODOS
DEL TRABAJO,
NORMALIZACIÓN,
EMPRESA

CAPÍTULO 9

IMPLEMENTACIÓN 5'S EN LA EMPRESA VEHÍCULOS DEL CAMINO FORD

Victhor Manuel Caicedo Valencia, Daniel Marín Vanegas, Carlos Andrés Villa
Rodas, Francisco Javier López Correa

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

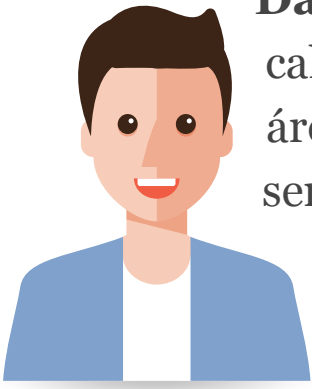
Colombia

Sobre los autores:



Victhor Manuel Caicedo Valencia: Docente e investigador, líder del semillero de Desarrollo Humano Organizacional del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Tecnólogo Industrial, Ingeniero Industrial con maestría en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional, y maestría en Administración Económica y Financiera, realizadas en Universidad Tecnológica de Pereira. Lleva más de 18 años de experiencia en docencia en universidades, tales como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y la Universidad Tecnológica de Pereira, además de experiencia en instituciones del estado como la gobernación de Risaralda.

Correspondencia: vmcaicedo@elpoli.edu.co



Daniel Marín Vanegas: Estudiante de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Jaime Isaza Cadavid hizo su profundización en el área de Logística cursando el 9 semestre de la carrera, perteneciente al semillero de investigación en desarrollo humano y organizacional, el cual llevo a cabo el proyecto vigente. actualmente cuenta con experiencia en solución de problemas en el entorno social gracias a que es un líder social dentro del departamento de Antioquia.

Correspondencia: Daniel_marin92151@elpoli.edu.co



Francisco Javier López Correa: Docente e investigador, Tecnólogo Industrial, Ingeniero de Productividad y Calidad y Especialista en Gerencia Integral, los tres títulos obtenidos del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, con Maestría en Educación Docencia de la Universidad de Manizales. Experiencia docente 30 años en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, además trabaje 25 años en varias industrias de la ciudad de Medellín y Rionegro, entre las cuales están Imusa, Espumas Plásticas - Comodísimos. Miembro del grupo de investigación COINDE, del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Participe de la Junta Directiva de la Red Iberoamericana de Ingeniería de Proyectos (RIIPRO).

Correspondencia: fjlopez@elpoli.edu.co



Carlos Andrés Villa Rodas: Estudiante de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, actualmente cursando el sexto semestre de la carrera. Pertenece al semillero de investigación de desarrollo humano organizacional del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, en el cual ha desarrollado el actual proyecto. Se destaca por sus logros conseguidos en la banda sinfónica La Estrella haciendo varios conciertos internacionales.

Correspondencia: carlos_villa92151@elpoli.edu.co

Resumen:

El proyecto nace de la necesidad de Ford Vehículos Del Camino de Medellín de hacer más eficiente su proceso de atención en los diferentes servicios que ofrece, una

vez se hace el diagnóstico con las directivas acompañado de una inspección a las instalaciones, se concluye que es necesario la implementación de una herramienta perteneciente a Lean Manufacturing, llamada 5´S porque el nombre de sus principales procesos inicia con S “en Japonés”. Entre los principales problemas identificados se tiene, que los lugares de trabajo se encuentran desordenados los que produce pérdida de repuestos y retraso en la entrega de vehículos, dos situaciones difíciles, la prestación del servicio deja menores utilidades y la imagen del taller está en tela de juicio al no entregar los vehículos |a tiempo.

Se realiza el proyecto bajo los estándares de diferentes autores maestros de la filosofía, mitigando focos de suciedad, a la vez un orden dentro de los repuestos y clasificando los vehículos que entran con más frecuencia a planta, adueñando a los operarios de su proceso y creando cultura de mantenimiento. Finalizando con una distribución de plantas y logrando el objetivo del proyecto que era aumentar la productividad de la compañía.

Palabras Claves: Estudio métodos del trabajo, normalización, empresa

Implementation 5´S At the Company Vehículos Del Camino FORD

Abstract:

The project starts from the need of Ford Vehículos Del camino de Medellin to make its costumer service more efficient on all the different services that are being offered. Once the diagnosis is done with the directives along with an inspection of the installations, it comes to conclusion that it is necessary to implement a permanent tool to Lean Manufacturing, called 5´S because the name of its most important processes starts with S “in Japonese”. Among the main problems identified there are: the work places are found disorganized which ends up in a lost of parts and the delay on the delivery of cars. Two complicated situations, the service presentation makes for lower profits and a poor image of the workshop since the cars are not being delivered on time.

The project is done under the different standards of the authors and teachers of the philosophy, mitigating dirt focus at the same time establishing an order with the parts and classifying the vehicles that come more often to the warehouse making it feel more like their own to the operators and creating a culture of maintenance.

Finalizing with warehouse distribution and accomplishing the objective of the project which is to increase the productivity of the company.

Keywords: I study work methods, standardization, company

Introducción:

En la industria existen diferentes herramientas que permiten impactar beneficiosamente a las compañías y sus necesidades. Este proyecto realizado en Vehículos del Camino FORD de Medellín la cual tiene como función principal atender vehículos afectados por colisión. Presenta como oportunidad de mejora focos de desorden y suciedad, trae consigo que los procesos que se realizan sean lentos, dedicando tiempos para mover repuestos que están en las áreas de trabajo y así atenderlos, trabajar con suciedad lo que conlleva a la mezcla de repuestos y que el operario no se mueva con facilidad en su puesto de trabajo, situación que trae como consecuencia el incremento de los costos, afectando la imagen corporativa al no cumplir con los tiempos estipulados en la entrega del vehículo.

Para mitigar este defecto, los investigadores se enfocan en las herramientas de Lean las cuales se definen como “Un conjunto de técnicas desarrolladas por la Compañía Toyota que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño. El objetivo es minimizar el desperdicio.” (Padilla L. , 2010).

“Lean es una filosofía de trabajo, cuyo objetivo es la eliminación de todo tipo de desperdicio, para así conseguir la máxima eficiencia en todos los procesos y, por ende, la competitividad de las empresas.” (Sole, 2015). Con esta herramienta podemos implementar los resultados propuestos y mejorar en los procesos que muestran más dificultad, como lo son el área de latonería, armado del vehículo.

“Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, teniendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo” (Socconini, EL sistema de gestion industrial japones) como definición más actual de Lean.

Para mejorar los procesos en el área del taller y hacerlos eficientes se estudiaron las diferentes herramientas que postulan diferentes autores escogiendo 5´S por su capacidad para organización de una compañía. Pero que son las 5´S “Se refiere a 5 palabras en japonés que describen una metodología útil en el lugar de trabajo; esas 5 palabras iniciadas todas con la letra S, conducen a tener una mayor eficiencia en el trabajo, basándose en el control visual y en la producción LEAN.” (Cota, 2008).

“Se llama estrategia de las 5´S por que representan acciones que son principios expresados con cinco palabras en japonés que empiezan con la letra S y cada letra tiene un significado importante dentro de la metodología. ¡Son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y aplicado en las empresas occidentales!” (Villalva, 2008)

Para comenzar la primera S es “Seiri o clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas” (Correa F. G., Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas, 2015) esta primera parte se hace con la intención de eliminar de los puestos de trabajo lo innecesario, logrando disminuir los tiempos de búsqueda. Luego se encuentra la 2´S que se define como “Seiton u orden significa más que apariencia. El orden empresarial dentro del concepto de las 5'S se podría definir como: la organización de los elementos necesarios de modo que resulten de fácil uso y acceso” (Correa F. G., Manufactura esbelta (LEAN MANUFACTURING). Herramientas, 2015) cumpliendo con solo tener lo necesario y de forma ordenada.

Teniendo lo necesario y ordenado dentro de los puestos de trabajo, se continua con la 3´S que “Seiso o limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo” (Correa F. G., Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas, 2015).

Finalizando se encuentra como lograr que este ejercicio se mantenga y es la 4´S Llamada “Seiketsu o limpieza estandarizada pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras tres S, el seiketsu solo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores” (Correa F. G., 2015) Y la última S llamada Shitsuke habla de la disciplina que se debe emplear

para que la metodología funcione “Al evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan” (Correa F. G., 2015) LA herramienta Impacto de manera sustancial en el proyecto, su enfoque ayudo para que la compañía estuviera acompañada de una filosofía útil, a la vez la herramienta ayudo a los investigadores a organizar su tiempo y poder distribuirlo de manera adecuada para cumplir con los plazos establecidos.

Las herramientas Lean “Busca mejorar el área de trabajo, con el propósito de facilitar el flujo de materiales y personas, disminuyendo así errores y tiempo. Una de las herramientas de estandarización más importantes de Lean” (Tejeda, 2011) (esta cita deja reflejado la importancia de la herramienta dentro del entorno empresarial) la herramienta a su vez identifico dentro de la empresa diferentes puntos o focos de suciedad donde están ubicados una gran cantidad de repuestos que debieron ser retirados de los vehículos y que hasta que no finalice su proceso no pueden ser dispuestos a basura o reciclaje, logrando una cantidad excesiva de puntos con un número elevado de repuestos de gran tamaño como lo son los Capos, Bompers, puertas, entre otros, pero para impactar esta problemática se debió primero realizar una matriz de criticidad y diferentes elementos que en cada apartado se verán reflejadas. Para ello se establece un punto final o una meta a alcanzar, pero antes se debe “Establecer una Métrica que sea significativa para la salud del negocio. La métrica son las medidas las cuales se puedan comparar los procedimientos y los productos terminados, esta deberá ser distinta para cada organización y será la meta que la empresa se esfuerza para alcanzar continuamente.” (Whaet, Mills, & Carnel, 2004).

Para este proyecto se identificó el problema mediante la aplicación de una matriz de criticidad que en el cuerpo del trabajo se mostrara detalladamente y determinando que lugar es primordial impactar, buscando un control de lo que se pretende mejorar “como podemos ver, el control y el mejoramiento de los procesos los podemos aplicar al entorno haciéndolo siempre bien y cada vez mejor o al resultado, asegurando la satisfacción del cliente.” (Sosa, Como Mejorar un proceso, 2014)

Como hipótesis, la empresa tiende al desorden y a la falta de limpieza, se mejorará si se logra la implementación de la herramienta adecuadamente, disminuyendo pérdidas de tiempo en búsqueda de repuestos, logrando ser menos

costoso, obteniendo un proceso más ágil y entregas sin contratiempos, aumentando su productividad. Como objetivos se pretende Implementar las 5´S para la mejora del proceso en búsqueda de repuestos ubicados de forma aleatoria, Presentar opciones de mejora válidas y oportunas. Lo necesario que es la herramienta perdure en el tiempo y que no se pierda la cultura organizacional.

Metodología:

Esta investigación se llevó a cabo desde marzo del 2018 hasta julio de 2019, el proyecto es una propuesta que se presentó en la empresa Vehículos del Camino FORD a fin de encontrar alternativas para los siguientes aspectos: entrega a destiempo de los vehículos, pérdidas de tiempo en búsqueda de repuestos y focos de suciedad.

La Torre de Colisión (Sede de la Empresa) cuenta con 6 pisos, realizando diferentes procesos, en el sótano es recibido por la empresa y se hace la primera evaluación del vehículo, al final del proceso también es el lugar donde es entregado al cliente luego de ser reparado; el Primer Piso es el concesionario y mantenimiento que realiza las siguientes actividades de mantenimiento en general; el Segundo Piso es un parqueadero, en un 65% del piso con el restante para pasillos, elevadores y es el lugar encargado para todas las reparaciones mecánicas que el vehículo haya sufrido durante la colisión.

En el Tercer Piso se retiran las piezas que luego serán procesadas en latonería, en este punto se identifican las piezas para establecer a que sector se dirigen, si son desechadas, si serán reparadas o si simplemente debieron ser retiradas para un proceso al interior, en él también se encuentra el lugar donde se lavan los vehículos y se realiza el control de calidad. El Cuarto Piso es donde se hace el armado del vehículo en su totalidad, se encuentra taller de latonería y el almacén de repuestos. Por último, está el Quinto Piso donde se hace reparaciones de pintura en su totalidad también está el cuarto de secado de piezas.

El desarrollo de la investigación inició presentando a la empresa una propuesta de trabajo para los siguientes meses, luego se identificó cual era el punto para intervenir, para definir el problema se pasaron por el estudio de diferentes autores en el tema. Por consiguiente, se recopiló bibliografía que soportara la suficiente información para dar solución al problema entre otros los siguientes textos.

(socconini, 2016) también de (acevedo garcia & Conde Horta, 2014) también se investigó en (Villaseñor Contreras & Galindo Cota, 2008) se tomaron estos textos por su buena información dentro de la metodología y la descripción de manera detallada en cada uno de sus pasos, mostrando formatos, herramientas que ayudan al alcance de los objetivos.

Comenzando, la metodología sugiere iniciar con un diagnóstico, para ello se diseñó una Matriz de Criticidad para evaluar la situación inicial de la empresa al comenzar el proyecto. “El diagnóstico empresarial le permite a la administración conocer la situación actual por la que atraviesa el proceso organizativo, qué estrategias implementar para superar los obstáculos que impiden obtener los resultados.” (Rincón, 22 diciembre 2015)

En la siguiente figura se presenta un aparte de la Matriz de Criticidad diseñada.

MATRIZ DE CRITICIDAD					
SI			NO		
ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
VALOR	CARACTERISTICAS				
ALTO	Hay gran impacto en el aspecto evaluado				
MEDIO	Hay un mediano impacto en el aspecto a evaluar				
BAJO	Hay poco impacto en el aspecto a evaluar				
ASPECTO A EVALUAR	SI	NO	NO APLICA	CRITICIDAD	VALORACION
En el área se tienen las suficientes herramientas de trabajo para obtener un proceso sin interrupciones para el colaborador.					
El puesto de trabajo se encuentra en buenas condiciones de uso para guardar los repuestos.					
Se cuenta con un lugar en buenas condiciones para almacenar					
Existen elementos ajenos al puesto de trabajo que dificultan la ejecución de un buen procedimiento.					
La búsqueda de materiales requiere de mucho más tiempo del estimado.					
La operación de almacenaje cuenta con los instructivos correspondientes.					

Figura1: Matriz de Criticidad

En esta imagen solo se observan 6 aspectos, pero en total son 24 los evaluados en cada piso. Los otros aspectos fueron: Hay elementos innecesarios en el puesto de trabajo, Cuenta con cubículos para repuestos y si es así, se encuentran organizados, en general, si hay espacio para los repuestos, si los colaboradores ejecutan bien su trabajo, si hay cultura de orden y limpieza, por último, si existe una persona encargada para organizar los repuestos.

El diagnóstico arrojó como lugares críticos los pisos 3 y 4 en donde se debían distinguir cuales repuestos presentaban más dificultad, y para ello se decidió hacer un análisis de Pareto para la realización de la 1´S que es Clasificación “se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos” (Duarte, 2013) cabe resaltar que las piezas de mayor tamaño son las que generan desorden, el problema raíz, debido a que desde este punto se desprende los otros problemas como son, tiempos de perdida mientras son buscados los repuestos, entrega a destiempo de vehículos a clientes, desorden en pasillos, parqueaderos y puestos de trabajo.

Después de identificar el problema principal, se buscó una solución viable, identificando alternativas de solución, la alternativa que se encontró para suplir las necesidades fue la Gestión de Inventarios “Uno de los procesos más importantes y más complejos que existe es el control y la gestión de los inventarios, ya que independiente del tamaño de la empresa existen cientos o miles de ítems que deben ser controlados con el propósito de conocer sus existencias, ubicaciones, estado y demás información que es esencial para lograr realizar almacenamientos” (Castro Zuluaga & Velez Gallego, 2011) se precisa el tema de inventarios debido a que estas piezas de gran tamaño son producto en proceso y deben estar almacenadas correctamente. La metodología utilizada fue la clasificación ABC, “El enfoque tradicional de la clasificación ABC consiste en organizar todos los ítems de manera descendente según el criterio de consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o de demanda o ventas anuales (para productos terminados).” (Urrego, 2011). dando cumplimiento a la 2´S que es el Orden.

También se tuvo que identificar factores para ubicar la solución que, en este caso, es una estantería fija, a la cual se le hizo la clasificación ABC para la ubicación de los repuestos. En el mismo orden de ideas, dentro de la Empresa se redistribuyó la planta del Tercer Piso, ubicando las estanterías fijas “La distribución en plantas consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo empresarial, en la distribución del área, determinación de los productos” (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005).

Para cumplir con la tercera S que es limpieza y las personas encargadas de mantener que estas soluciones se mantengan en el futuro se realizó un plan para identificar la persona con mejores capacidades para mantener este proceso en funcionamiento, por consiguiente, se realizó un formato. “Como clave de todo proceso de mejoramiento se debe hacer sentir participe a todo el personal en la organización. Cada uno debe tener su parte en la acción y todos los niveles de dirección de la fábrica deben ser partícipes en la toma de decisiones” (Arrieta, jul 3, 2012). Algo que se resaltó de la Empresa es tener ubicados en algunos lugares estratégicos mapas donde se visualiza la distribución de los talleres útiles dentro de la metodología ya que es una ayuda visual, continuando con esta metodología se pensó en implementar la cuarta y quinta S Estandarizar y disciplina respectivamente por medio de ayudas visuales, mapas de visualización y reuniones para recordar la herramienta en el tiempo “Con ellos se chequea las distribuciones de cada centro de trabajo, son visibles al trabajador, permitiendo participar al colaborador en la mejora de su sección y de su empresa en general” (Universidad EAFIT, 2012).

Análisis de Resultados o Desarrollo:

Aplicando esta metodología se identificaron diferentes dificultades y oportunidades de mejora generadas por factores tanto internos como externos, que afectaron de manera directa e indirecta los pasos que permiten implementar esta herramienta.

Primer contacto con la empresa:

La investigación inicio cuando dos estudiantes del Poli JIC decidieron aumentar sus conocimientos y quisieron investigar dentro del entorno empresarial por medio del Semillero DHO un tema de producción llamado Estudio del Trabajo “el estudio del

trabajo es la revisión sistemática de los métodos empleados para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas de con respecto a las actividades que se están realizando” (Guaraca Guaraca, 2015), pero al tener la primera reunión con las directivas, fue brindada la oportunidad de realizar el proyecto en el tema de Lean Manufacturing en la herramienta 5´S.

Diagnostico:

Iniciando el diagnóstico, los investigadores debieron incluirse en el ambiente de la empresa, conocer sus procesos. Luego de conocer los procesos que se realizan, se decide hacer un Análisis de Criticidad (Ver Figura 1) debido a su alto contenido de información, a sus oportunidades de evaluar diferentes aspectos se identifica el lugar a intervenir. “ANALISIS DE CRITICIDAD: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones” (Mendoza., 2000) por estas aplicaciones se eligió esta herramienta como ayuda para realizar un diagnóstico apropiado.

“El objetivo principal del análisis situacional es revisar las condiciones y situaciones que pueden afectar positiva o negativamente los objetivos, estrategias e implementación del BSC al personal involucrado en la comercialización de vehículos” (Aguirre, 2014)

La Matriz de Criticidad fue aplicada a colaboradores que identificaron oportunidades de mejora, recopilando los 24 aspectos que se evaluaron en el instrumento.

A modo de información se reflejaron diferentes dudas mientras se llena aspectos a el instrumento debido a que la naturaleza del proceso en diferentes pisos reflejaba unos aspectos similares y puntos críticos similares, es decir; todos los pisos mostraban semejanza en resultados, para lo cual se tuvo que medir que pisos asumían un cuello de botella para el proceso, y a su vez reflejaban un elevado número de puntos críticos por mejorar, unas de las oportunidades de mejora que más tuvieron relevancia fueron la búsqueda de repuestos, grandes arrumes de repuestos, pasillos ocupados por repuestos lo cual dificultaba la movilidad de vehículos y colaboradores, no hay lugares pertinentes para ubicar repuestos que deben estar en tiempo de espera, ubicación de repuestos en lugares aleatorios, incumplimiento de entregas de repuestos al siguiente

proceso. Por estos motivos se identificaron que los pisos 3 y 4 fueron los seleccionados para intervenir.

“El desarrollo organizacional busca lograr un cambio planeado de la organización conforme a, en primer término, las necesidades, exigencias o demandas de esta” (Castrillon, 2005) Todos los cambios que se deben realizar deben estar debidamente planeados para controlar cualquier anomalía o cambio durante la investigación.

Ejecución del proyecto

Luego de identificar los pisos más críticos (3 y 4). Se llegó a un punto crítico del proyecto y es que se tenía una cantidad excesiva de vehículos, para ello entro en funcionamiento la primera S que es Clasificar, comenzó realizando la recolección de la información de 100 automóviles que entraron en la empresa, los cuales ingresaron para ser reparados por daños. La información es organizada mediante el principio de Pareto, desde la referencia de auto que más entro (Mazda 2) hasta la referencia en la que se abarcan el 80% de los vehículos (ECO SPORT), para un total de 6 marcas que se analizaran según los repuestos que hay que cambiar, los repuestos que se desmontan y montan en el proceso, y por último los repuestos que se repararan.

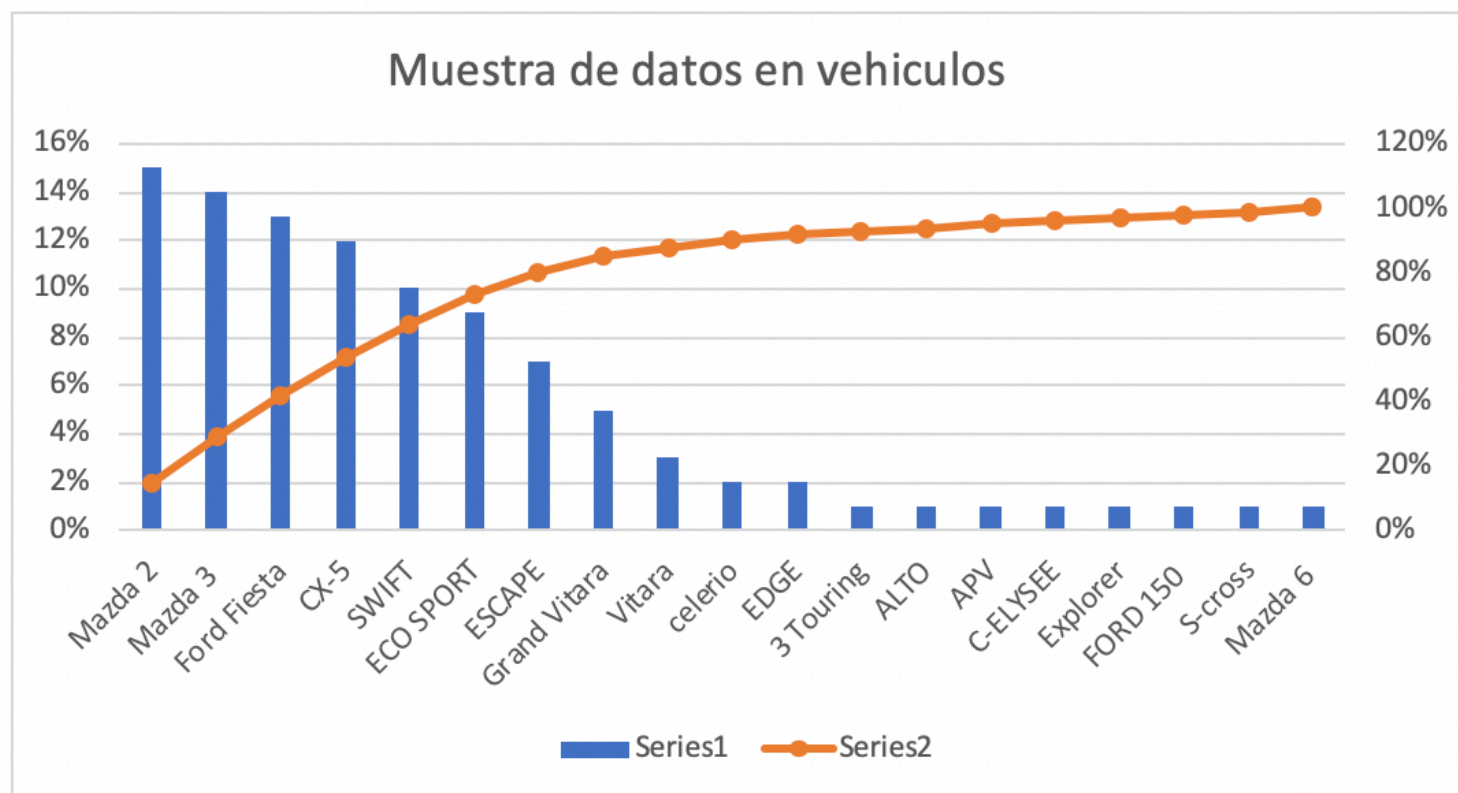


Figura2: Clasificación de vehículos

Luego de identificar y clasificar los vehículos que repetidamente están entrando y que son los que constantemente tienen colisiones, se debían evaluar e identificar cuáles eran los repuestos más reparados durante el proceso, mediante la misma herramienta cuando se recogían los datos de los vehículos en el mismo momento se recolecto la información necesaria para equiparar los repuestos con mayor incidencia en el proceso el cual fueron las piezas de gran tamaño, como los Capos, Paragolpes, puertas Tanto traseras como laterales, naves, entre otros.

Luego de establecer los repuestos que generaban las mayores dificultades se plica la 2´S el Orden, por lo tanto, los repuestos que presentaban dificultades tenían que disponer de unos puntos de orden para evitar arrumes de repuestos, pero aparece un problema y era el poco espacio con el cual se cuenta, se tuvo que pensar en una alternativa para atender esta restricción (espacio). Como respuesta a esta incógnita se preguntó a la empresa que espacio disponía, respondieron dentro del 3 piso, pero es un espacio ubicado con un carro de reciclaje que poco servía para el proceso, debido a esto se decidió por una redistribución de planta.

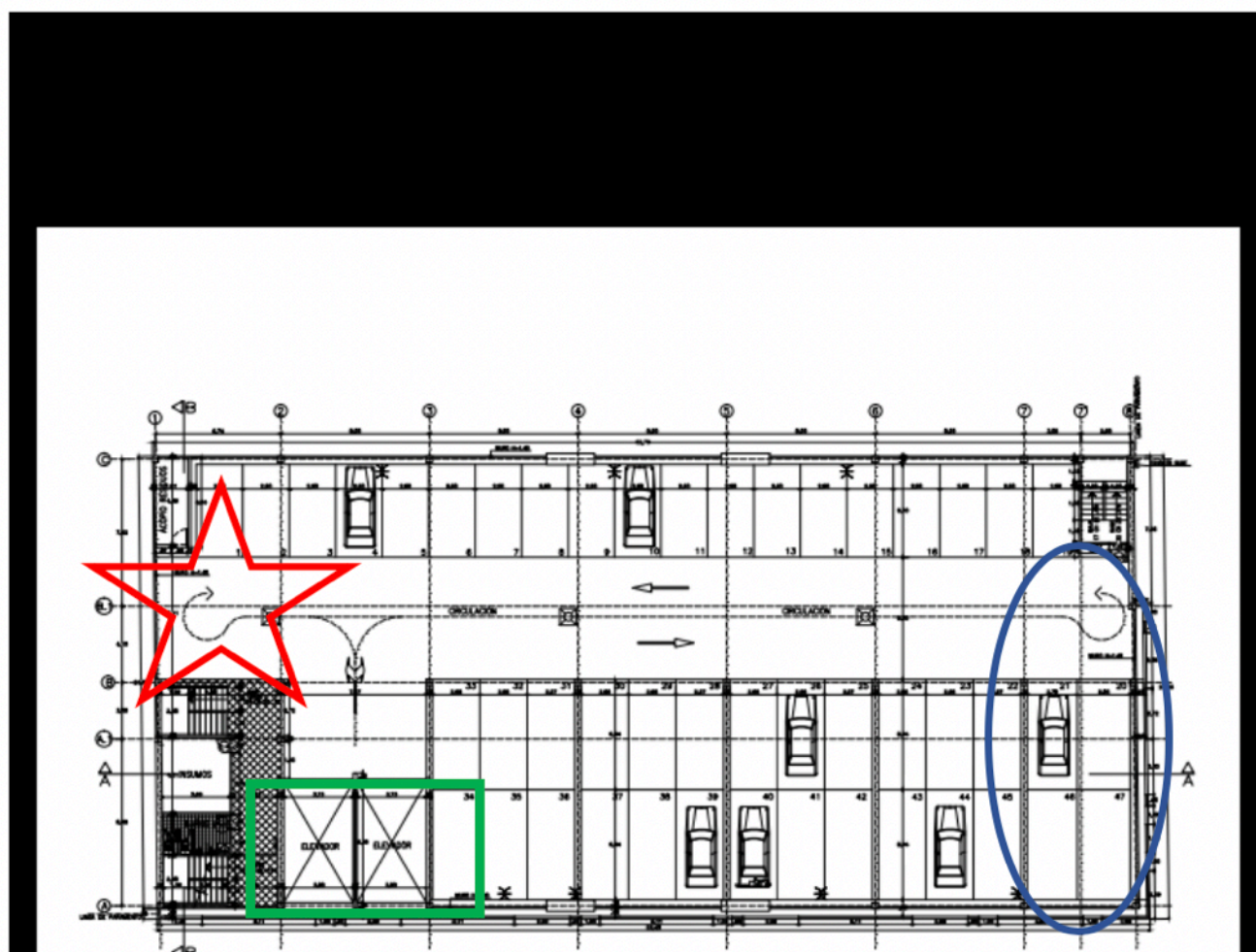


Figura3: Distribución de la planta

La pequeña redistribución que se planteó ante la empresa fue, donde se encuentra el ovalo se pretende localizar una estantería fija con diferentes dimensiones para los repuestos de los vehículos y sus diferentes tamaños, (en los resultados se mostrara detalladamente esta estantería) cabe resaltar que como se ve en la imagen esta es zona de parqueaderos y algunos puestos de trabajo, además, de un carro de reciclaje ya mencionado; estas áreas serán reubicados, la zona de reciclaje será ubicada donde se encuentra la estrella obteniendo más facilidad para su disposición final, pues los ascensores están ubicados en el cuadrado y tienen menos recorrido cuando se vaya a finalizar el proceso.

También, dentro de la empresa se presentó una estantería móvil que mientras el vehículo está en proceso de reparación ella va detrás evitando repuestos dispersos aleatoriamente evitando pérdidas de tiempo mientras se buscan los repuestos, pero esta elección tiene una contraindicación y es el espacio que utiliza este nuevo carrito. Como otra opción, se pensó en una estantería móvil pero para repuestos pequeños y medianos de gran valor ejemplo placas, accesorios de puertas, repuestos mecánicos, etc, debido a que en ocasiones se presentan perdidas de piezas pequeñas y sustanciales que generan un sobre costo en la reparación, ejemplo como tornillería específica de vehículos, placas, accesorios únicos de piezas, emblemas.

Luego de tener las tres primeras etapas de la herramienta en funcionamiento que lo son el diagnóstico y las 2 primeras S, continua con la tercera S llamada limpieza, en la investigación es de poder mantener cada una de las soluciones en constante orden y aseo para evitar que la herramienta pierda validez en el tiempo, para ello se realizó el siguiente formato para utilizarla en las estanterías y así tenerlas organizadas.

FORMATO CONTROL DE REPUESTOS EN ESTANTERÍA			
FECHA DE INGRESO	DIA	MES	AÑO
Persona que ubicó el repuesto			
MODELO		VEHICULO	
REPUESTO UBICADO			
CAPO		BOMPERS	
PUERTA VEHICULO		PUERTA TRASERA	
PARABRISAS		LLANTAS	
OTRO. CUAL?			
Persona que extrae el repuesto			
FECHA DE SALIDA	DIA	MES	AÑO
OBSERVACIONES			
PLACA			

Figura4: Formato Estanterías

Continuando con la 4' S, estandarización, se debe de mantener la herramienta en el futuro funcionando, pensando quienes estarán encargados de mantener en orden la estantería, para ello la persona que extrajo los repuestos del vehículo y los ubico en la estantería es la encargada de llenar el formato, esto se hace para tener un control del manejo de los repuestos.

La Empresa tendrá un control de estos formatos para que el proceso sea normalizado y estandarizado, por medio de un colaborador que constantemente revise la información de los formatos.

Para que este proceso funcione y no quede en el olvido la empresa constantemente debe estar recordando a sus colaboradores la importancia de la herramienta, para ello se continua con la última S que es la de disciplina, se recomienda para que el proceso se vuelva normal y así pueda ser estandarizado, una serie de ayudas graficas como carteleras que recuerden la importancia de mantener la herramienta en el tiempo, una de las opciones que se presentó es una serie de reuniones con los colaboradores el cual sean voluntarias pero aquellas personas que

ingresen puedan tener algún beneficio no necesariamente monetario, puede ser un viernes con hora de salida más temprano, así los colaboradores irán por su voluntad y no por obligación.

Manteniendo estas actividades se logrará implementar de manera competente la herramienta y generar una cultura organizacional, cumpliendo con el objetivo de la investigación.

Resultados:

Como resultados obtenidos de la investigación, se presentan las propuestas para la mejora de la productividad.

Estantería fija:

Se propone colocar una estantería fija de dos pisos con las siguientes dimensiones dentro de ella van a hacer dispuestos repuestos de gran tamaño y de pequeño tamaño de un mismo vehículo.

1 Piso

Tipo A colisión breve: 100 cm de ancho- 200 cm de largo 150 cm de alto Cap. 1 a 3 piezas

Tipo B colisión mediana: 120 cm de ancho- 200 cm de largo 150 cm de alto Capacidad 3 a 5 piezas

Tipo C colisión grave: 140 cm de ancho – 200cm de largo 150 cm de alto capacidad 5 a más piezas.

Especiales: 100 cm de ancho- 250 cm de largo y 160 de alto.

2 Piso.

Son las mismas especificaciones que el del primer piso excepto que el alto solo es de 100 cm para evitar alzar grandes piezas a grandes alturas.

Para lograr estas dimensiones se hizo un estudio en el cual se midieron de forma estandarizada las piezas frecuentes en los vehículos con mayor recurrencia en la Torre de Colisión.

Dentro de las mismas estanterías se dividen en 4 tipos diferentes, Tipo A, B, C y Especiales, En los Tipo A, B, C su diferencia radica en el número de piezas que pueden ser ubicadas en esta estantería, la estantería especial es un poco más grande debido a que son una serie de vehículos con dimensiones grandes, ejemplo Ford 150 con piezas de mayor tamaño.

Los porcentajes de cada uno de los tipos es de tipo A es del 50% Tipo B 30% Tipo C 15% especiales 5%. Pero en la distribución de la estantería seria de Tipo A, B, C del 30 % de estantería cada uno y especiales del 10%, se colocaron estos porcentajes debido a que son mayores los daños leves, pero no tienen mayor duración dentro de la Torre; los daños medianos tienen también un elevado porcentaje, no tanto como el Tipo A, pero si es para considerar, pero estos duran un poco más, terminando con los Tipo C son en menos porcentaje, pero en ocasiones duran hasta meses durante el proceso.

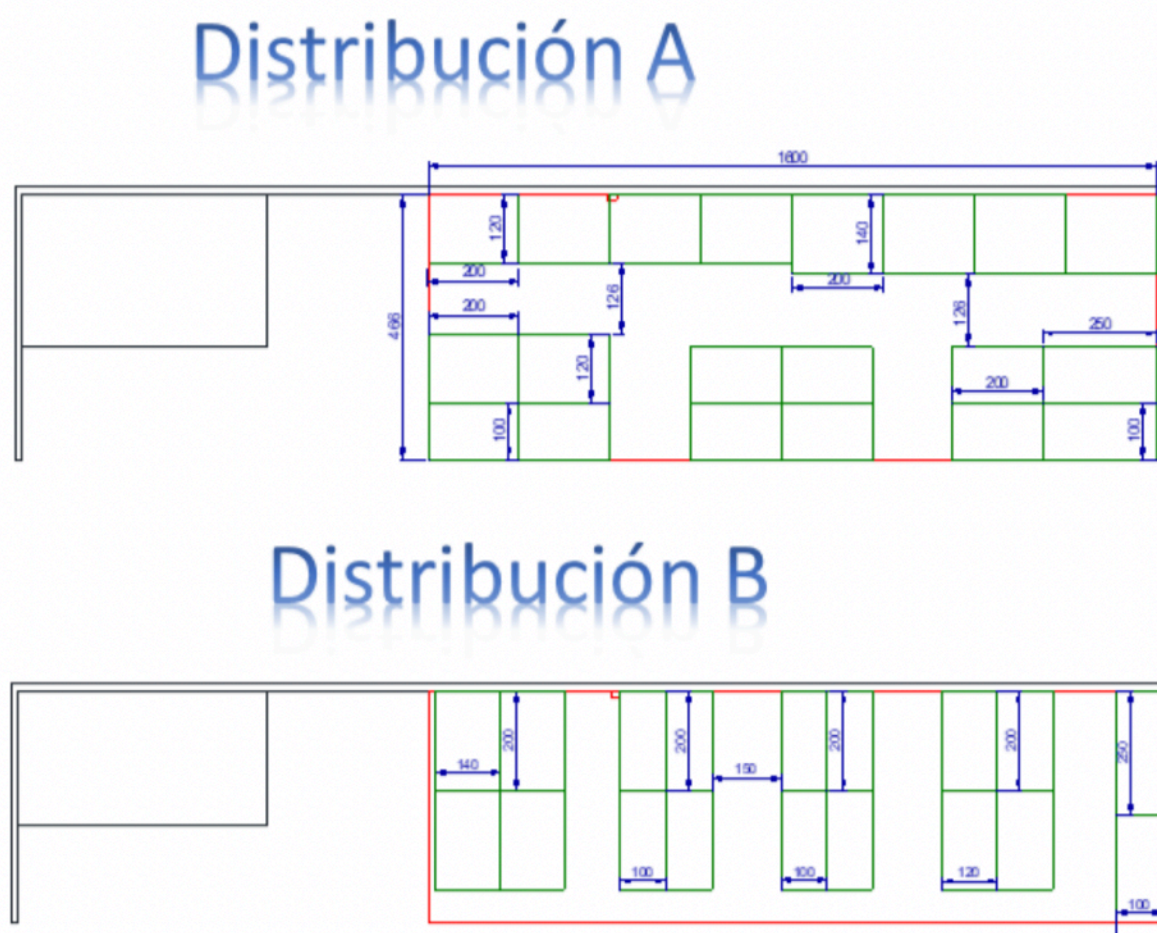


Figura5: Distribución estantería fija

En la imagen anterior se puede apreciar las dos distribuciones con sus dimensiones.

Distribución A es donde la distribución es observada de manera horizontal con un total de 40 estanterías de 2 pisos, de diferentes tamaños para todo tipo de repuestos a su vez se realizó una clasificación ABC y así facilitar la entrada y salida del material que será dispuesto en las estanterías. Para información sobre estantería la investigación se basó en (Arango, Paz, & Duque, 2009)

Distribución B es una distribución vertical con 34 estanterías de 2 pisos donde se da una comodidad a la hora de entrar y sacar material cada estantería va con su respectiva nomenclatura del carro al cual le está guardando los repuestos, cuando el vehículo sale del proceso estas piezas o pasan al vehículo o directamente a chatarra.

Estantería Móvil



Figura6: Estantería móvil.

A es un carrito utilizado dentro de una de las industrias vehiculares, como se ve grandes cantidades de repuesto como puertas, así se sabe de su ubicación, en el entorno está organizado.

Pequeños repuestos: Es un carrito para pequeñas piezas, la ventaja es su capacidad de retirar canastillas y colocar en diferentes puntos, como el interior del mismo vehículo. Se complementa mucho con la solución de estanterías fijas.

Discusión de resultados:

Luego de realizar la investigación y de tener resultados y soluciones para cada una de las etapas del proyecto según (Eslava-Schmalbalch, 2011) se debe hacer una inspección clara si fueron efectivos o no.

Para la realización del diagnóstico cabe resaltar que los aspectos fueron los indicados para la investigación concretando la información necesaria, para (Deyanira Bernal Domínguez, 2014) para analizar los aspectos necesarios para un buen diagnóstico se deben evaluar tanto aspectos cuantitativos y cualitativos para generar información necesaria, con 24 aspectos según la información que se requiera. Cabe resaltar que a pesar de que el instrumento fue efectivo para la investigación, se presentaron diferencias para evaluar los 6 pisos correspondientes, en momentos se tuvo que realizar el análisis en repetidas veces por que quien suministraba la información no lo hacía de forma veras y mejorar algunos aspectos porque evaluaban factores repetitivos.

Realizando la clasificación de los vehículos y aquellos repuestos que son procesados, en un futuro el proyecto puede ampliarse también a la clasificación de herramientas necesarias así logrando un mayor impacto dentro de la organización, la Primera S fue muy bien echa pero luego de tener listo la investigación se pudo haber organizado también una mayor porción de los repuestos medianos, pero según (Cura, 2003) primero se debe implementar esta metodología en pequeñas partes hasta lograr un primer cambio, luego adecuarla a más procesos para un mayor impacto.

El orden si fue el mejor momento de la investigación, fue durante esta etapa que se brindó una solución viable al problema base del proyecto, en realidad estas soluciones no fueron encontradas en textos o libros, fueron halladas dentro de la

misma industria colombiana automotriz, este tipo de carritos son utilizados por empresas como Sofasa, empresa líder en el sector automotriz en Colombia.

La estantería fija debe ser puesta en la empresa para identificar si su existencia aporta de manera significativa al entorno empresarial. Basados en (Sacristan, 5´S Orden y limpieza en el puesto de trabajo, 2005).

La limpieza se fomenta mediante la apropiación del formato establecido (Control de Repuestos en Estantería) por parte de los colaboradores. Dicen (Maldonado Villalva, Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad, 2008), “para poder que se vuelva cultura que las personas limpien, debe haber un formato para que la herramienta funcione en un futuro, del mismo modo pasa en la 4´S que es la de estandarización esperar a que funcione con ayudas visuales”, El formato se comparte con el personal operativo y administrativo de la compañía teniendo una gran aceptación, siendo implementado en el proceso demostrando su pertinencia y utilidad.

Una de los beneficios que trae consigo Lean para la investigación realizada es “El Wip (Trabajo en proceso) este, entendido como un efecto de las imperfecciones del sistema; Busca y analiza las imperfecciones con las herramientas Lean Manufacturing y arregla esas causas” (Maldonado Villalva, Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad, 2008). Este beneficio consigo trae que los errores que se pudieron haber cometido durante la investigación, puedan ser arreglados, estos defectos o causas pueden ser visibles por cualquier persona o responsable del proceso.

La metodología sirvió, debido a que la empresa ya venía con la naturaleza del proceso, ya estaba intentando implementar la metodología. de acuerdo a lo dicho, los colaboradores ya venían con una cultura lo cual fue más fácil implementar la herramienta. Se demostró según (Sacristan, Las 5´S, 2005) que la metodología arrojó resultados sustancialmente positivos dado el número de soluciones que se vieron reflejados en el proceso, reconociendo lo implementado y la disposición de los colaboradores a participar, siendo un punto ganador para la investigación. Estas propuestas fueron puestas a disposición de los colaboradores y directivas de la empresa lo cual tuvo una gran aceptación. Nos dice que los colaboradores deben tener participación completa durante todo el proyecto (Rajadell & Sanchez, 2010)

“La reducción del despilfarro es una de las características clave de los sistemas LEAN. Para buscar la mejora, los métodos tradicionales buscan primero las operaciones que añaden valor e intentan mejorarlas” (Toledano De Diego, Mañes Sierra, & García, 2009) según los autores la eliminación de la muda es la eliminación del despilfarro, buscando la mejora de los procesos al eliminar lo innecesario se vuelve ágil el proceso.

Para (Alvarez, 2015) En su informe sobre la importancia de las herramientas lean dice la relevancia de que los colaboradores entren en contacto con la investigación, ellos son los dueños del proceso a su vez saben que solución es viable y que puede mejorar.

Conclusiones:

Los resultados arrojados por la investigación, muestran que la empresa debe adquirir alternativas como las mencionadas en los resultados para mejorar su proceso y evitando pérdidas de tiempo, logrando entregar los vehículos a tiempo a todos sus clientes, se resalta que los colaboradores deben apoyar estas técnicas para que se mantengan en un futuro y los resultados sean eficientes, de lo contrario si los colaboradores no muestran una cultura de mantener la herramienta con el tiempo todo lo logrado quedara en el olvido, de esta manera se debe mantener motivados al personal y recordando periódicamente la herramienta. La investigación tuvo in gran aporte a la empresa, las soluciones son vistas con muy buenos ojos, integra a su personal a tener un orden organizacional por cultura y se abre las puertas para nuevas mejoras dentro de la misma herramienta o nuevas herramientas lean que tienen como filosofía la mejora continua.

La herramienta escogida por la investigación es apropiada debido a la alta similitud y concordancia con otras herramientas Lean tal como SMED y Poka Yoke que para (Posada, 2007) tienen gran similitud y pueden trabajar conjuntamente.

Como investigadores también se resaltan las oportunidades de mejora que tiene el proyecto y fueron si la metodología quedo clara para cada uno de los participantes del proceso, a su vez la herramienta de disciplina no queda clara durante el extenso, si

se hubiese tenido un poco más de tiempo se hubiese presentado una mejor manera de mantener la disciplina de los colaboradores con la metodología.

La industria automotriz de la ciudad está en grave peligro debido al alto flujo de vehículos que se concentra en la ciudad, por numerosas marcas que existen en el territorio nacional debido a esto Vehículos del Camino debe mejorar sus procesos para ser altamente competitivos en la industria, para ello investigaciones como la que se llevó a cabo debe hacerse con repetitividad, logrando mejorar los procesos y a su vez la productividad, las herramientas como lean Manufacturing serán bien vistas por su naturaleza y metodología de mejora continua.

Para (garcia, Cruces, & Urteaga , 2012) los jóvenes son el futuro de cada uno de los países latinoamericanos, por ende desde ya las industrias deben modernizarse y efectuar cortes de mejora mediante la ayuda de los jóvenes, estas investigaciones que se están viendo reflejadas por semilleros al cual el proyecto pertenece deben ser tenidas en cuenta cada vez más.

Agradecimientos:

En la investigación agradecemos profundamente a la empresa Vehículos Del Camino FORD por su disponibilidad, entrega de información necesaria y tiempo empleado en reuniones, capacitaciones. Agradecemos a la institución por brindar el conocimiento mediante sus docentes, y por los recursos para que la investigación se presentara en el congreso.

Referencias:

acevedo garcia, A., & Conde Horta, L. F. (2014). Metodología para el diseño, estandarización y mejoramiento de procesos. Bogotá: Académica española.

Aguirre, D. M. (2014). Modelo de gestión estratégica BS aplicable al sector automotriz de Colombia . Bogotá: CESA.

Alvarez, Y. A. (2015). Análisis de las herramientas Lean. Medellín: universidad Nacional de Colombia .

Arango, S., Paz, A., & Duque, M. (2009). Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica. EIA, 139-146.

Arrieta, J. G. (jul 3, 2012). Las 5s pilares de la fábrica visual. REVISTAS UNIVERSIDAD EAFIT, 44.

Castrillon, M. A. (2005). El desarrollo organizacional y el cambio planeado. En M. A. Castrillon. BOGOTA: Universidad del Rosario.

Castro Zuluaga, C. A., & Velez Gallego, M. C. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y efectos en la asignación de pesos. ITECKNE, 163.

Chapman, A. (agosto de 2004). Análisis DOFA y análisis PEST. Recuperado el septiembre de 2019, de empresascreciendobien.com: <http://empresascreciendobien.com/wp/wp-content/uploads/2016/03/Manual-DOFA.pdf>

Correa, F. G. (2015). Manufactura esbelta (LEAN MANUFACTURING). Herramientas. RAITES, 94.

Correa, F. G. (2015). Manufactura Esbelta (LEAN MANUFACTURING). Principales herramientas. Raites, 95.

Correa, F. G. (2015). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. Raites, 94.

Cota, A. V. (2008). 5´S en la produccion. En A. V. Cota, COnceptos y reglas de Lean Manufacturing (pág. 18). monterrey: Limusa.

Cura, H. M. (2003). Las "cinco S": Una filosofia de trabajo, una filosofia de vida. Academia.edu.

De La Fuente Garcia, D., & Fernandez Quesada, I. (2005). DIstribucion en planta. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Deyanira Bernal Domínguez, C. E. (2014). La alternativa del diagnóstico empresarial. Telos, 278-299.

Duarte, R. M. (2013). Diagrama de Pareto. españa: EALDE Business School.

Eslava-Schmalbalch, D. J. (2011). Cómo elaborar la discusión de. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

garcia, N., Cruces, F., & Urteaga , M. (2012). jovenes, culturas urbanas y redes digitales. Ciudad de MExico: universidad autonoma latinoamericana.

Guaraca Guaraca, S. G. (2015). Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A. Escuela politecnica Nacional BIBDIGITAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9118>

Maldonado Villalva, G. (2008). Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad. UAEH Biblioteca Digital, 28-37.

Maldonado Villalva, G. (2008). Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad. UAEH Biblioteca Digital, 121.

Mendoza., R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la. Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica (pág. 13). La Habana: ISPJAE.

Padilla, I. L. (15 de enero de 2010). Facultad de Ingeniería – Revista Ingeniería Primero . Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35056968/manufactura_esbelta_toyota.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA A.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35056968/manufactura_esbelta_toyota.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEAN+MANUFACTURING+MANUFACTURA+ESBELTA+A.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A)

Padilla, L. (2015 de Enero de 2010). Facultad de Ingeniería – Revista Ingeniería Primero. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35056968/manufactura_esbelta_toyota.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA A.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35056968/manufactura_esbelta_toyota.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLEAN+MANUFACTURING+MANUFACTURA+ESBELTA+A.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A)

Posada, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas Ss, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo . Udistrital.edu.co, 139-148.

Rajadell, M., & Sanchez, J. L. (2010). Lean Manufacturing evidencia de una necesidad. España: Diaz De Santos.

Rincón, F. A. (22 diciembre 2015). El diagnóstico empresarial como herramienta de gestión gerencial. Aglala, 3.

Sacristan, F. R. (2005). 5´S Orden y limpieza en el puesto de trabajo. España: Fundacion confemental.

Sacristan, F. R. (2005). Las 5´S. MADRID: FC.

socconini, l. (2016). Lean Sis Sigma Green Belt. Mexico: Alfaomega Grupo editor.

Socconini, L. (2019). EL sistema de gestion industrial japones. barcelona: Marge BOOKS.

Socconini, L. (2019). Lean Manufacturing. Paso a Paso. Barcelona: Marge EBOOKS.

Sole, V. G. (2015). LEAN MANUFACTURING. QUÉ ES Y QUE NO ES. 3CIENCIAS, 45.

Sosa, D. (2014). Como Mejorar un proceso. En D. Sosa, Conceptos y Herramientas para la mejora continua (pág. 33). MEXICO : LIMUSA.

Sosa, D. (s.f.). c.

Tejeda, A. S. (Junio de 2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad, 295. Recuperado el 09 de 2019, de <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/1364>

Toledano De Diego, A., Mañes Sierra, N., & García, S. J. (2009). «Las claves del éxito de Toyota». LEAN,. Cuadernos de Gestión, 115.

Universidad EAFIT. (2012). Las 5s pilares de la fábrica visual. REVISTAS UNI. EAFIT, 43.

Urrego, J. A. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios. ITECKNE, 164.

Villalva, G. M. (2008). Herramientas y tecnicas Lean. Hidalgo: Universidad Autonoma.

Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, E. (2008). Conceptos y reglas de lean manufacturing 2 edicion. MExico: LIMUSA.

Whaet, B., Mills, C., & Carnel, M. (2004). La Planta . En B. Whaet, C. Mills, & M. Carnel, Seis Sigma (pág. 32). Bogota: Grupo Editorial Norma.

CAPÍTULO 10

PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL SERVICIO A PARTIR DE LA APLICACIÓN DEL MODELO SERVQUAL PARA LA EMPRESA SUPER BEBIDAS S.A.S

Cindy Hernández Arroyave, Victhor Manuel Caicedo Valencia

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Colombia

Sobre los autores:



Cindy Hernández Arroyave: Tecnóloga Industrial y estudiante de Ingeniería en Productividad y Calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, perteneciente al semillero de investigación Desarrollo Humano y Organizacional, ponente en el Congreso internacional de Ingeniería y Proyectos CIIP en Brasil en el año 2016, adicionalmente cuento con experiencia laboral en estandarización y documentación de procesos , análisis y diseño de puestos de trabajo, estandarización de tiempos operacionales , análisis y disminución de costos , Diseño de empaques y embalajes , Innovación y desarrollo de proyectos, análisis de proveedores entre otras.

Correspondencia: cindy_hernandez06121@elpoli.edu.co



Victor Manuel Caicedo Valencia: Docente e investigador, líder del semillero de Investigación Desarrollo Humano y Organizacional en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Tecnólogo e Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira con maestría en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional y otra maestría en Administración Económica y Financiera; lleva más de 18 años de experiencia en docencia en universidades tales como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y la Universidad Tecnológica de Pereira, además de experiencia laboral en instituciones privadas y del Estado.

Correspondencia: vmcaicedo@elpoli.edu.co

Resumen:

El proyecto tuvo como fin, diseñar un plan de mejoramiento con base en el diagnóstico de la calidad de servicio de la empresa SUPER BEBIDAS S.A.S, El cual se ejecutó bajo la implementación del modelo SERVQUAL. El modelo se desarrolló por medio del diseño y aplicación de un cuestionario, en donde se midieron varias dimensiones fundamentales que definieron los autores según las percepciones de necesidades principales que el cliente espera recibir, tales como: Confiabilidad, Garantía, Elementos tangibles, Empatía y Sensibilidad. La aplicación del modelo se dividió en varias etapas, 1) Diseño e Implementación del cuestionario en una muestra del 33% de la población de clientes, adicionalmente se implementó una investigación de campo, tipo descriptivo pasándose como cliente encubierto con el fin de sumarle mayor credibilidad a la investigación. 2) Desarrollo de técnicas estadísticas para el análisis de toda la información. 3) Definición de acciones de mejora según los resultados obtenidos en la aplicación del modelo. Algunas de estas fueron: mejoramiento organizacional, administrativo, distribución de planta, métodos de trabajo, limpieza y aseo en la empresa, entre otras. Con el fin de mejorar la calidad del servicio que actualmente se les está brindando a sus clientes.

Palabras Claves: Calidad, Clientes, Expectativas, Modelo SERVQUAL, Percepción, Servicio

Development of the SERVQUAL Model for the evaluation of service quality at SUPER BEBIDAS S.A.S

Abstract:

The purpose of this project is to design a continuous improvement plan focused on the quality of service of the SUPER BEBIDAS company, which was executed under the implementation of the SERVQUAL model. The model was developed through the application of a questionnaire, where several fundamental dimensions were defined that the authors defined according to the perceptions of main needs that the client expects to receive, such as: Reliability, guarantee, tangible elements, empathy and sensitivity. The application of the model was divided into several stages, 1) Implementation of the questionnaire in a sample of 30% of the client population, additionally a field research, descriptive type is implemented, passing us as an undercover client in order to add more credibility to the investigation. 2) Development of statistical techniques for the analysis of all information. 3) Define improvement actions according to the results obtained in the application of the model. Some of these were: organizational, administrative, plant distribution, work methods, cleaning and cleaning in the company, among others. In order to improve the quality of the service that is currently being provided to its customers.

Keywords: Quality, Customers, Expectations, SERVQUAL Model, Perception, Service.

Introducción:

La calidad del servicio en el mundo actual se ha convertido en la principal carta de presentación de las empresas que desean ser reconocidas en los mercados nacionales e internacionales, con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, las cuales dieron apertura a las creación de estudios, modelos y estándares en las grandes industrias de bienes y servicios que permitan conocer que tan cerca o lejos está el grado de satisfacción esperado por los consumidores. Lo anterior se podría resumir como define el autor (Josep M, Juran) “La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto”.

Con base en la búsqueda constante de las organizaciones a suplir las necesidades de los seres vivos por medio de productos, los expertos en el mundo comercial y marketing crearon diversas metodologías, modelos, estudios y estándares para lograr identificar y definir las necesidades presentes en el mercado. Teniendo en cuenta lo anterior se decide investigar y aplicar sobre modelos que ayuden a determinar la satisfacción del cliente desde el sentir, por medio de las emociones que los bienes y/o servicios puedan generar en los consumidores, analizándolos como “seres humanos” por lo cual se debe tener en cuenta diferentes aspectos (espirituales, intelectuales, morales, físicos y sociales) como lo mencionan las autoras (Vargas,Aldana,2011).

Con base en la anterior información se tomó la decisión de aplicar el Modelo SERVQUAL (Servicy Quality - Calidad del Servicio), conocido como una herramienta de investigación que se puede aplicar a cualquier tipo de industria ya sea de productos tangibles como no tangibles con el fin de lograr percibir cuáles son las expectativas y las percepciones presentadas en los consumidores sobre el servicio prestado por la organización ,como lo definen sus autores y creadores (Parasuraman, A, Ziethaml, V. and Berry, L.L., «SERVQUAL: A Multiple- Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality’ Journal of Retailing, Vo. 62, no. 1, 1988, pp 12-40) en este modelo se analizan cinco dimensiones (Confiabilidad, Garantía, Tangibles, Empatía, y Sensibilidad) las cuales serán la base fundamental de toda la investigación.

En el desarrollo de este documento se expondrá detalladamente el concepto del modelo SERVQUAL por medio de la aplicación que se logró ejecutar en una industria específica con el fin de determinar actualmente cuál es su nivel de calidad de servicio que perciben sus clientes, donde finalizara con los resultados, conclusiones y acciones de mejora a implementar en la organización.

La empresa a la cual se determinó la aplicación de este modelo fue a la Distribuidora de líquidos SUPER BEBIDAS S.A.S, ubicada en la Central Mayorista de la ciudad de Medellín, dedicada a comercializar bebidas, y que tiene como uno de sus principales problemas definir la calidad del servicio actual puesto que no cuenta con ninguna herramienta que logre medir y determinar el nivel de satisfacción que están presentado sus clientes a razón de que se han retirado varios sin ningún motivo, trayendo como consecuencia que la imagen de la empresa este en entredicho y afecte sus finanzas en el mediano plazo.

La aplicación de este modelo inicia con la realización de una serie de análisis tanto físicos, operativos, y administrativos del negocio por medio varias herramientas las cuales ayudaran a definir soluciones para mejorar la calidad del servicio que está prestando actualmente en la empresa, posterior a este se aplicara el modelo y finalmente se realizara un análisis estadístico el cual arrojará unos resultados que definirán el nivel de calidad del servicio actual.

El objetivo de esta investigación es proponer posibles soluciones a la empresa SUPER BEBIDAS S.A.S que ayuden a mantener o aumentar el nivel de satisfacción de los clientes con base en los resultados de la implementación del modelo SERVQUAL. La base fundamental de toda organización para empezar a mejorar sus procesos se focaliza en disminuir costos por medio reducción de actividades innecesarias, cambio de actividades por actualización, actualización del talento humano, materias primas, generar orden y aseo entre otras, buscando siempre aumentar ingresos con nuevos clientes y mantener satisfechos y conformes a los actuales. Trabajando así bajo un nuevo esquema y modalidad de cambio estructural organizacional y cultural como no lo menciona el autor (Edward Deming; 1922) “hay que adoptar la nueva filosofía para afrontar el desafío de una nueva economía y liderar el cambio.”

Posterior al plan de mejora presentado a la empresa a partir del rediseño e implementación del modelo SERVQUAL, se crea una metodología adaptable a cualquier tipo de empresa, (pequeña, mediana o grande), y sector industrial. Con el fin de que sea aplicado en cualquier organización.

Al proponer un plan de acción de mejora para la organización con base en los resultados obtenidos posteriores a la implementación del modelo SERVQUAL, se concluye que este cumple con establecer la calidad del servicio que actualmente presenta la organización, gracias al análisis de las diferentes variables que posee, las cuales identifican que aspectos positivos y de mejora que deben de ser impactados para aumentar el nivel de calidad del servicio actual.

Metodología:

Para la ejecución de esta investigación se realizaron una serie de procesos que generaron cambios y modificaciones al modelo Original SERVQUAL (Vargas, Aldana, 2011) con el fin de darle valor agregado a la investigación Científica y lograr obtener

resultados más acordes a la realidad desde el punto de vista del consumidor, desarrollando un modelo enfocado en la teoría y en la experiencia de los clientes.

Para llegar al plan de mejora por medio del desarrollo del modelo se llevaron a cabo varias etapas.

1. Conocimiento de la empresa SUPERBEBIDAS S.A.S por medio de una entrevista a la dueña en donde se le realizó las siguientes preguntas ¿Cuál es el objetivo de la empresa? ¿Qué productos elabora la empresa? ¿Cómo se encuentra conformada la organización? ¿Cuáles son los procesos que se presentan en la organización?, ¿Quiénes son las personas responsables de los procesos?

2. ¿A qué tipo de mercado ofrece la empresa sus productos? Lo que permitió contextualizar y enfocar la investigación.

3. Se establecieron las variables a identificar por medio de su definición bajo los principales componentes del modelo SERVQUAL, (confiabilidad, garantía, tangible, empatía, y sensibilidad) (SERVQUAL. Un instrumento para medir la calidad en los servicios https://rodas5.us.es/file/b8aaf1d2-ccf7-65bd-1593-564b3442526a/1/servqual_scorm.zip/page_01.htm).

4. Además se establecieron los criterios de evaluación para el respectivo análisis de estas.

5. Se diseñó el instrumento para la recopilación de la información de las variables mencionadas anteriormente por medio de una serie de preguntas que ayudaron a determinar el comportamiento actual de la organización.

6. Aplicación del Instrumento al empresario, el cual se realizó por medio de la técnica de la entrevista a la Gerente de la empresa, estableciendo la percepción que esta tiene de la calidad del servicio actual en su compañía.

7. Aplicación del Instrumento a una muestra de Clientes, este paso dividió en dos momentos, el primero se desarrolló bajo la modalidad de cliente encubierto (Martínez, N, (2008) con el fin de percibir el servicio prestado por la organización desde una perspectiva y evaluación de experiencia real; en el segundo momento se

aplica el instrumento a una muestra del 33% de la población total de clientes por medio de la técnica de entrevista telefónica.

8. Tabulación y análisis de resultados de la información anteriormente recolectada por medio de análisis estadísticos y herramientas estadísticas simples como tablas de frecuencia, cálculo de la media y desviación estándar que ayudaron a analizar promedios, diferencias y porcentajes de los datos obtenidos en cada una de los instrumentos aplicados.

9. Comparación de los resultados obtenidos de la calidad del servicio total por medio del promedio de los resultados obtenidos de los clientes en comparación con los resultados obtenidos con el empresario, para identificar que tan alejado está las directivas de la empresa de la percepción que tiene los clientes.

10. Se determinó el grado de calidad del servicio actual de la empresa, con base en los resultados arrojados de los clientes por medio del análisis de los resultados estadístico y los valores proporcionados a cada una de las variables analizadas anteriormente.

11. Se diseñó y presento un plan de mejora donde se establecieron una serie de procesos y actividades con el fin de mantener o mejorar los niveles de calidad del servicio los cuales fueron avalados por la compañía.

Análisis de resultados o Desarrollo:

En este capítulo se desarrollo en varias etapas con el fin de exponer e identificar las diferentes temáticas y conceptos referentes a la investigación aportadas por varios autores.

Al identificar los objetivos por medio de la implementación del modelo se desarrolló cada una de las etapas mencionadas en el anterior capítulo, logrando así establecer nuevas estrategias para la implementación de este. teniendo como base las teorías e investigaciones realizadas de varios autores con el fin de complementar y volver cada vez más eficiente toda la información recolectada para lograr así identificar de manera más clara en qué nivel de calidad de servicio se encontraba la compañía.

En este punto cabe resaltar las teorías presentadas por varios autores a lo que quieren llegar y por medio de cuales herramientas se logró la determinación de la calidad de servicio en las compañías.

1.1 Teoría de la planificación para la calidad del autor Joseph duran (1904).

El autor presenta un mecanismo clave para la administración eficiente de los procesos y de los proyectos. Definido en 4 pasos fundamentales Planear, Verificar, Actuar y Controlar, conocida en el mundo industrial como la trilogía juran (Joseph juran 1904), las cuales implican los pasos claves para el mapa de planeación de la calidad expuestos en el texto calidad y servicios: conceptos y herramientas de las autoras (Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana.)

- Identificación de los clientes
- Determinación de las necesidades de los clientes
- Traducción de las necesidades a nuestro lenguaje
- Desarrollo de productos con características q suplan las necesidades del cliente
- Desarrollo de un proceso para los productos anteriormente desarrollados
- Trasferir el proceso a la operación

1.2 Pasos que menciona el autor Joseph juran para el control de calidad

- Generar retroalimentación a todos los procesos
- Asegurar que cada empleado practique el auto control
- Establecer objetivos y políticas de calidad
- Proporcionar fuerzas operativas
- Trasferir responsabilidades de control
- Evaluar el desempeño de los procesos y conformidad del producto mediante análisis estadístico
- Aplicación de medidas correctivas

(Tari,J,2000) Donde por medio de la investigación anterior se tomó como referencia ciertos conceptos claves de identificación de las necesidades del cliente que se tendrán en cuenta en el desarrollo de la investigación.

1.3 Teoría de Oakland John

El siguiente autor Oakland John (1950) aporta en su modelo varios puntos claves a tener en cuenta para la investigación, tales como.

- Definir una política de calidad solida
- Desarrollar estrategias claras y efectivas
- Capacitar al personal para entender la relación que debe de haber entre cliente y proveedores

- Empoderar a los trabajadores

- Realizar un cambio cultural enfocado en el trabajo en equipo

(Carro, Gonzalez,Martha elena Vargas y luz angela Aldana (pág. 62) Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana).

1.4 Teoría de la excelencia

Los siguientes autores (Tomb Peter, Nancy Austin-Pasión por la excelencia 1986) nos hablan sobre la excelencia definida en los siguientes aspectos:

- Administración de un lado al otro con el fin de tener contacto con toda la organización

- Sentido común para el cliente, proveedores, innovación, gente y liderazgo

- Trato con cortesía hacia los clientes

- Innovación y mejoramiento continuo

- Escuchar y tener en cuenta los clientes internos

- Liderazgo basado en educación , apoyo y consejos

(Martha Elena Vargas y luz angela Aldana (pag,65) Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana.).

GERENCIA DEL SERVICIO. (Albrech,Zemke,1988) El siguiente autor centra su teoría en venderle al cliente lo que realmente desea comprar, lo cual lo define en los principios que todo comercial debe de saber.

- Conocer las preferencias y gustos del cliente
- Generar opinión de la calidad, servicio, y costos que se le está estableciendo a los productos ofertados
- Generar libreta de calificación de clientes
- Investigar las percepciones que se están generando en los clientes
- Reconocer el cliente
- Hablar frente a frente con los clientes
- Manejar las encuestas
- Análisis de información
- Realización de propuestas
- Cierre del ciclo

Posterior a realizar una amplia investigación de teorías, modelos y conceptos desarrollados en el trascurso de la historia sobre la calidad del servicio se procede a buscar modelos aplicativos que ayudaron a acercarnos a definir la calidad de servicio de una manera más general y macro que logre contextualizar un poco de cada una de las teorías y conceptos anteriormente mencionadas.

En esa búsqueda investigativa se encontró el Modelo SERVQUAL, el cual se definió según sus autores como un instrumento de investigación multidimensional diseñado con el fin de determinar las expectativas y percepciones de los consumidores que están obteniendo el servicio bajo el análisis de varias dimensiones que arrojaran resultados para establecer la calidad del servicio de la compañía (Catilla,2010).

Pero antes de continuar, se define primero el concepto de modelo el cual se toma como referencia para la ejecución de la investigación.

“Los modelos de calidad son referencias que las organizaciones utilizan para mejorar su gestión. Los modelos, a diferencia de las normas, no contienen requisitos que deben cumplir los sistemas de gestión de la calidad sino directrices para la mejora. Existen modelos de calidad orientados a la calidad total y la excelencia, modelos orientados a la mejora, modelos propios de determinados sectores e incluso modelos de calidad que desarrollan las propias organizaciones.” (AEC-Asociación Española Para la Calidad).

Con base en la anterior definición se realizó una amplia investigación bibliográfica sobre algunos de los modelos que permitan medir la calidad del servicio que una empresa o establecimiento ofrece para sus clientes, a continuación se presentan algunos de estos.

El modelo SERVQUAL es conocido también como Modelo Parasunaman o modelo de la Percepción, donde el autor (Parasunaman 1985) propone la necesidad de analizar la calidad del servicio percibida por medio de elementos subjetivos de calidad establecidos por cada uno de los clientes por medio de la realización de un formulario donde se solicita al cliente que califique su experiencia según el servicio que le fue otorgado. (wigodoski,k,2003).

Las variables para analizar en cada una de las preguntas del cuestionario definidas por los autores para la ejecución del modelo son las siguientes:

- **Fiabilidad:** Capacidad de entregar el servicio prometido al cliente de manera eficaz y precisa.
- **Garantía:** Es el nivel de conocimiento y cortesía otorgado al cliente por parte de los empleados que tienen contacto directo con el cliente, generando a este confianza y seguridad del servicio que está solicitando.
- **Tangibles:** se define a las características físicas de las instalaciones, equipos, personal y demás herramientas necesarias para la operación.
- **Empatía:** Es la atención personalizada o de valor agregado que ofrece la empresa al cliente
- **Sensibilidad:** brindar un servicio rápido y de calidad (Matsumoto,2014).

El modelo inicialmente presento varios cambios con el fin de optimizar las variables, donde en un primer momento se hablaba de 10 variables (competencia, cortesía, credibilidad, seguridad, accesibilidad, comunicación, conocimiento al cliente, tangibilidad, confiabilidad, capacidad de respuesta). Se determinó que las dimensiones estaban relacionadas o auto correlacionado las cuales se agruparon y logro simplificar a solo 5 dimensiones las cuales fueron mencionadas en el párrafo anterior. (A. Parasuraman , Valarie Zeithaml y Leonard L. Berry,1985).

1. El modelo SERVQUAL tuvo varios comentarios por el público en su momento, donde alguno de estos argumentaban que el modelo queda incompleto,

inconcluso, donde los autores respondieron a esto recomendando ajustar, adaptar y modificar la escala de valoración de las variables según sea las necesidades del negocio a evaluar, adicionalmente tuvo cierta controversia por la longitud del cuestionario (44 items) lo cual generaba fatiga tanto en el entrevistado como en el entrevistador, adicionalmente proporcionaba poca confiabilidad en los resultados obtenidos por estos. (Parasuraman, 1985) - (Servqual, Wikipedia, 2019, <https://en.wikipedia.org/wiki/SERVQUAL>)

Uno de los objetivos de la aplicación del modelo es determinar la mejora continua de los procesos, lo cual garantice mejorar la calidad de un servicio reduciendo las discrepancias encontradas luego del análisis (Gonzales, Carmona, rivas, 2016).

COMPRAS MISTERIOSAS (Mystery Shoper)

Es una técnica desarrollada como mecanismo de cliente encubierto, el cual se aplica mucho para tiendas, hoteles y restaurantes, donde se logra identificar la percepción real de la calidad del servicio que le están ofreciendo.

Actualmente en el mercado se encuentran muchas empresas especializadas en ofrecer el servicio de compras misteriosas, solicitado directamente por la empresa a la cual se va a evaluar con el fin de medir el nivel de atención al cliente que se está ofreciendo, la calidad de los productos que se ofrece y el ambiente ofrecido por el negocio y trabajadores. Estos agentes encubiertos son los responsables en comprar o adquirir directamente un servicio, para llevar a cabo la experiencia real y probar por medio de sus sentidos los productos que están ofreciendo y por los cual él está pagando, para si luego proceder a presentar informes de lo vivido y poder presentarlo a la persona que contrato este servicio y poder lograr identificar los factores que deben de mejorar ya sea del personal, producto o espacio.

Las principales funciones de un cliente encubierto son las siguientes.

- Visitar los establecimientos comerciales para lograr evaluar la experiencia de compra, haciéndose pasar por un cliente más del común.
- Encontrar los productos específicos a los cual se va analizar y comprar uno al azar.

- Tener muy presente los aspectos más relevantes de la visita y del producto adquirido, tomar apuntes para poder realizar el informe final.
 - Tomar fotos del espacio, presentación del producto y de más cosas relevantes para el estudio.
 - Pagar por los productos o servicios que se desea analizar.
 - Conservar las facturas de compra.
 - Seguir las instrucciones y sugerencias por la empresa contratada, esta ayudara a enfocar la investigación y poder lograr identificar los puntos débiles de esta.
- (Cliente oculto, Mystery Shopper Colombia <http://www.clienteoculto.com.co/>)

1. El Myster shopper (Cliente encubierto) se conoce también como una técnica de investigación cualitativa, por ende es sumamente importante saber muy bien que es lo se debe de observar y analizar, se recomienda realizar un guion previo de que es lo que se va a estudiar, que preguntas se van a formular, como se debe de actuar, que tipo de mercado se está analizando, como es el comportamiento y característica de los consumidores. (Cliente oculto, Mystery Shopper Colombia, <http://www.clienteoculto.com.co/>).

El público al cual está enfocado este tipo de estudio son los siguientes

- Trabajadores a analizar
- Competencias del negocio
- Empresas intermediarias (distribuidoras) del producto.

Los pasos para la correcta elaboración de los procesos de Mystery Shopping son los siguientes

(Izuriaga, 2018).

1. Elaboración de la guía o cuestionario
2. Formación de los clientes encubiertos por parte de la empresa
3. Realizar la compra
4. Recolección de datos e información, elaborando una la lista de chequeo o evaluación del servicio con base en la experiencia anteriormente obtenida

(Balindia,2017).

Tener en cuenta que los elementos a evaluar dependen mucho del tipo de empresa o de negocio, sin embargo, hay ciertos factores de manera general que siempre se va a tener en cuenta.

- Instalaciones
- Orden y aseo
- Observación del comportamiento y servicio a otros clientes.
- Evaluar tiempos de espera y de atención,
- Cordialidad y cortesía

Calificación posterior al servicio.

Este método se caracterizó por evaluar el servicio en el momento en que este se ha dado por finalizado, solicitando ser calificada su experiencia teniendo en cuenta la siguiente pregunta

¿Qué percepción presenta del servicio adquirido?

Posibles respuestas: Bueno, Regular o Mala.

En otras situaciones se pueden aplicar otro tipo de estrategias más visuales o didácticas, como lo son la aplicación de iconos de respuesta (emoticones o asignación de estrellas) (Izuriaga,2018 Turiconsejos;¿Qué es un “mystery shopper, <https://www.turijobs.com/blog/mystery-shopper/>)

Puntuaciones numéricas y demás estrategias que le ayuden a definir al cliente su grado de satisfacción del servicio. (Velez,p.26).

Encuesta de seguimiento:

Son encuestas que se realizan por correo electrónico, donde el cliente puede tomarse el tiempo necesario para poder realizar su valoración del servicio, las cuales tienen como referencia ciertas partes del modelo SERVQUAL, donde se ejecutan múltiples preguntas para realizar la evaluación previa y posterior a la ejecución del servicio.

Alguna de las desventajas que presenta este método es no lograr evaluar la totalidad de los clientes, ya sea porque este nunca halla recibió correo, olvidar enviar respuesta inmediata, no tener las percepciones claras, cambio de direccione

electrónica, falta de tiempos. Y de más razones las cuales se deben de tener en cuenta para el asertividad del modelo (Pascal, 2018).

Anteriormente se mencionaron los modelos que serán clave para el desarrollo de la investigación, actualmente existen muchos más modelos para realizar análisis de la calidad del servicio, pero en este caso solo nos enfocaremos en los anteriormente mencionados para que el lector conozca y quede un poco en contexto del alcance de cada uno de ellos cuando sean mencionados en el desarrollo de la investigación.

Continuaremos exponiendo demás términos importantes que se deben de conocer.

Sigamos hablando por ejemplo del concepto de la percepción, el cual es uno de los ejes centrales de este proyecto, donde los clientes serán los encargados de ayudar a definir la calidad del servicio por medio de las percepciones del servicio y producto que están adquiriendo. Donde para entender de manera más detallada que es la percepción expondremos varios conceptos presentados a continuación.

El autor Carette y friedman (1982) nos menciona que la percepción “es un estado de la conciencia, que consta de hechos intratables

(Gestalt) La nombra como la forma, encargada de representar la realidad”.

También encontramos la teoría socialista (Locke y Hume) donde nos cuenta que la percepción tiene como base de sensaciones las se encarga de organizar sus ideas donde se logra efectuar conocimientos previos de la realidad, combinando los estímulos y elementos captados mediante los sentidos (Oviedo,2004).

A continuación, se hará un pequeño resumen de demás términos importantes de mencionar, en este caso mencionaremos el concepto de calidad y de servicio, teniendo en cuenta las diferentes definiciones encontradas según varios autores.

Calidad:

- Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio (Instituto alemán para la normalización 1979, p.29).
- Totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas Comisión Panamericana

de Normas Técnicas – Organización Internacional de Normalización ICAITI-COPANT-ISO 8402, 1995).

- Grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos (nueva-iso-9001-2015: ISO 9001: Definiciones y prólogo de la norma, <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/10/iso-9001-definiciones-prologo-norma/>)

1. La calidad puede referirse a diferentes aspectos de la actividad de una organización: el producto o servicio, el proceso, la producción o sistema de prestación del servicio o bien, entenderse como una corriente de pensamiento que impregna toda la empresa (Diplomado a distancia “informática médica” Que es la calidad? Mexico.Facmed, <http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/ftp/documentos/calidad.pdf>)

- Totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio, que se refieren a su capacidad de satisfacer necesidades expresas o implícitas (Vargas,2011).

- Se define calidad como la totalidad de funciones, características o comportamientos de un bien o servicio. No hay calidad que se pueda medir por su apreciación o el análisis de las partes constitutivas de un servicio recibido. Por tanto, la clasificación se hace con carácter integral, es decir, evaluando todas las características, funciones o comportamientos.(Molina,O,2014)

- La calidad se refiere, no solo a productos o servicios terminados, sino también a la calidad de los procesos que se relacionan con dichos productos o servicios. La calidad pasa por todas las fases de la actividad de la empresa, es decir, por todos los procesos de desarrollo, diseño, producción, venta y mantenimiento de los productos o servicios (Imai, 1998)

- “La calidad no es lo que se pone dentro de un servicio, es lo que el cliente obtiene de él y por lo que está dispuesto a pagar” (Drucker, 1990)(Gonzales,2013).

Servicio:

- Actividades identificables e intangibles que son el objeto principal de una transacción ideada para brindar a los clientes satisfacción de deseos o necesidades (Stanton, etzel,Walker,1999)

- El servicio es el resultado de la aplicación de esfuerzos humanos o mecanismos a personas u objetos. Los servicios se refieren a un hecho, un desempeño o un esfuerzo que no es posible poseer físicamente (Lamb, hair, mac daniel ,2013)

- Maximizar el valor para el cliente, es cultivar y fortalecerla por medio de los valores transmitidos a los clientes

“Las empresas definen y analizan bases de datos de sus clientes para conocerlos mejor. Y concluye: “A través de ellas estudian las conductas y preferencias de los consumidores, para darles el mejor servicio posible (kotler, 2006)

- Producto intangible que involucra un esfuerzo humano o mecánico (Vargas,2011)

2. Se entiende por servicio a cualquier actividad o beneficio que una parte ofrece a otra; son esencialmente intangibles y no dan lugar a la propiedad de ninguna cosa. En otras palabras, el servicio es una actividad realizada para brindar un beneficio o satisfacer una necesidad. Su producción puede estar vinculada o no con un producto físico(Ecured, Calidad del servicio,[https://www.ecured.cu/Calidad de los Servicios](https://www.ecured.cu/Calidad_de_los_Servicios))

Calidad del servicio:

- Conformidad de un servicio con las especificaciones y expectativas del cliente (Vargas,2011)

- EL juicio del consumidor sobre la excelencia y superioridad de un producto” (Zeithaml, 1988) La propia intangibilidad de los servicios origina que éstos sean percibidos en gran medida de una forma subjetiva (Grönroos, 1994)

Diseño del Modelo:

Teniendo clara toda la información de conceptos anterior mente mencionada se procedió a la elaboración del nuevo modelo, donde se tomó como eje principal el modelo SERVQUAL, y un segundo modelo (Cliente Encubierto) para darle mayor certeza y credibilidad a las percepciones de los clientes.

A continuación se describe los pasos que se llevaron a cabo

1. Se diseñó un instrumento de recopilación de información de las entrevistas telefónicas que se les realizo a los clientes. El instrumento cuenta en la parte superior con el título , objetivo , indicaciones de respuesta, fecha y nombre de la empresa a evaluar; posterior a esto se identifica en la columna del lado izquierdo del formato las variables que se van a evaluar , en este caso se determinaron las siguientes variables (Elementos tangibles, Flexibilidad, Capacidad de respuesta, Seguridad, Empatía) , de cada una de estas variables se presentó una serie de preguntas que permitirán evaluar

los objetos de estudio, donde el cliente determino un valor correspondiente a cada una de las preguntas , siendo el número 1 un servicio muy malo , el número 2 un servicio regular , y el número 3 un servicio muy bueno

2. Se llevó a cabo las entrevistas telefónicas a la muestra de clientes determinados (33%)

3. Se diseñó una plantilla de para la tabulación de la información y análisis estadístico de esta teniendo en cuenta la ponderación de cada uno de los criterios evaluados como el número total de la población estudiada

4. Teniendo toda esta información tabulada se logró sacar varios análisis correspondientes

- Identificar los valores máximos , medios y mínimos que está presentando la compañía

- Determinar el % de participación total de cada uno de los criterios establecidos (bueno, regular y malo)

- Diagramas de frecuencia

- Diagrama porcentuales



- Diagrama de ponderación de cada criterio

- Y demás indicadores pertinentes que se pueda lograr sacar de la información suministrada por la aplicación del modelo.

Con base en todo lo anterior se aclara que en este proyecto se determinó la calidad del servicio por el número de participación mayor correspondiente a los criterios establecidos (bueno, regular, malo) según el total de los cálculos realizados por medio del modelo estadístico diseñado.

En conclusión la empresa presentara el grado de calidad de servicio según los resultados obtenidos en el total de puntajes (1: bueno, 2: regular, 3: malo)

A continuación se ilustrara la plantilla del modelo

	INSTRUMENTO PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO	 POLITÉCNICO COLOMBIANO JAI ME ISAZA CADAVID		
OBJETIVO	Recopilar la información necesaria para establecer la calidad de servicio que la empresa brindando actualmente con los clientes	Fecha		
INDICACIONES	Según la percepción experimentada CON el servicio obtenido por la empresa marque con una "x" en una la casilla presentadas en el costado derecho del formato considerando los siguientes criterios. 3 = Bueno, 2 = Regular, 1= Malo			
NOMBRE DE LA EMPRESA		EVALUACIÓN		
VARIABLES	CRITERIOS	1	2	3
Elementos tangibles	¿El local está en condiciones óptimas de limpieza?			
	¿Los empleados tienen buena presentación personal?			
	¿El personal cuenta con uniforme?			
	¿Cuentan con los equipos necesarios para ofrecer el bien o servicio?			
	¿Los equipos están en buenas condiciones?			
	¿El local cuenta con el espacio suficiente para la atención?			
	¿Las instalaciones del local son agradables o acogedoras para los clientes?			
Flexibilidad	¿Cuenta con suficientes espacios de aparcamiento para los clientes?			
	¿El producto recibido es acorde con lo solicitado?			
	¿Prestan servicio de ventas a crédito?			
	¿Aceptan diferentes formas de pago (tarjeta de crédito, tarjeta débito, efectivo, etc.)?			
	¿Prestan servicio de entrega a domicilio?			
Capacidad respuesta	¿Ofrecen amplia variedad de productos?			
	¿Dan la posibilidad de que el cliente personalice su producto?			
	¿El tiempo de atención inicial fue oportuno?			
	¿Informan sobre posibles demoras en el tiempo de atención?			
Seguridad	¿Se percibe que tengan procesos estandarizados?			
	¿El tiempo de respuesta del servicio es acorde con lo ofrecido?			
	¿El vendedor muestra conocimiento del producto que está vendiendo?			
Empatía	¿Ofrecen servicio de garantía en el producto?			
	¿El vendedor ofrece asesoría adecuada según sea la necesidad del cliente?			
	¿Ofrece asesoría honesta al momento de ofrecer el producto?			
	¿Ofrecen atención amable y cortés?			
	¿Ofrecen diferentes tipos de servicios postventa?			
	¿Respetan el tiempo de decisión de los clientes?			
	¿Presentan disposición para exponer la variedad de productos que el cliente solicita?			

Resultados:

Una vez aplicado el modelo a la muestra de población determinada (15 clientes) incluyendo los de cliente encubierto se realizó el respectivo análisis de resultados de la siguiente manera.

1. Se creó una plantilla de análisis resultados donde se recopiló toda la información tabulada por cada una de los formularios realizados, logrando tener una visión general del valor asignado del cliente por cada una de las preguntas realizadas a este.

2. En la misma planilla se determinaron valores de ponderación para la realización de un estudio estadístico, en el cual se incluyó análisis y operaciones de promedios, multiplicación por la ponderación, porcentajes, totales y demás fórmulas requeridas lograr totalizar y sacar resultados y conclusiones de la información suministrada por los clientes estudiados.

3. Análisis de resultados de la información suministrada por los clientes.

4. Se realiza análisis estadístico aparte a la plantilla correspondiente de la información suministrada por las percepciones del empresario.

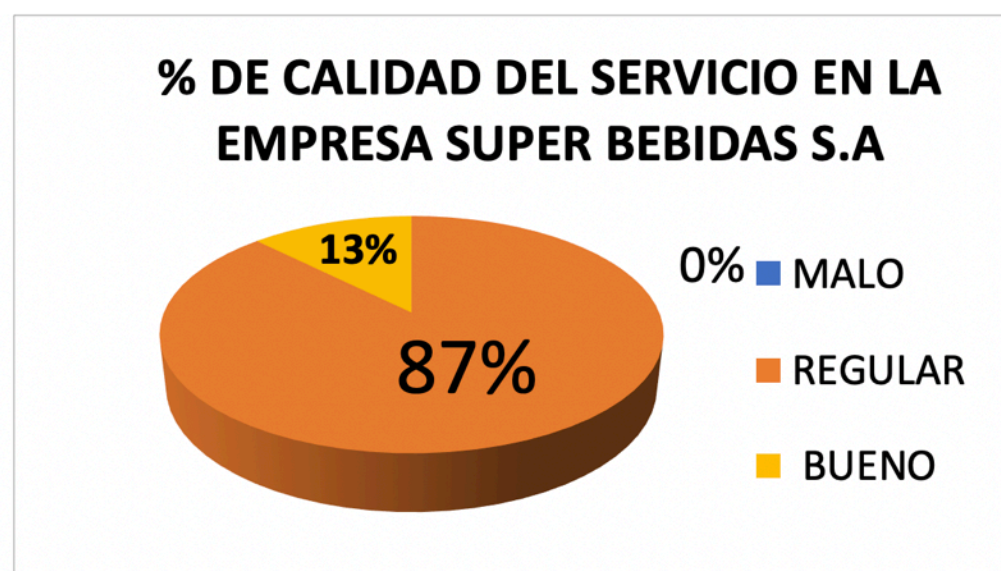
5. Se analizan los resultados totales obtenidos por el cliente comparándolos con los resultados totales del empresario, para así lograr determinar qué tan cerca o que tan lejos están los criterios de cada uno de ellos.

6. Se diseña un plan de acción para la compañía, con el fin de darle seguimiento y control a las acciones de mejora arrojadas en los resultados de esta investigación.

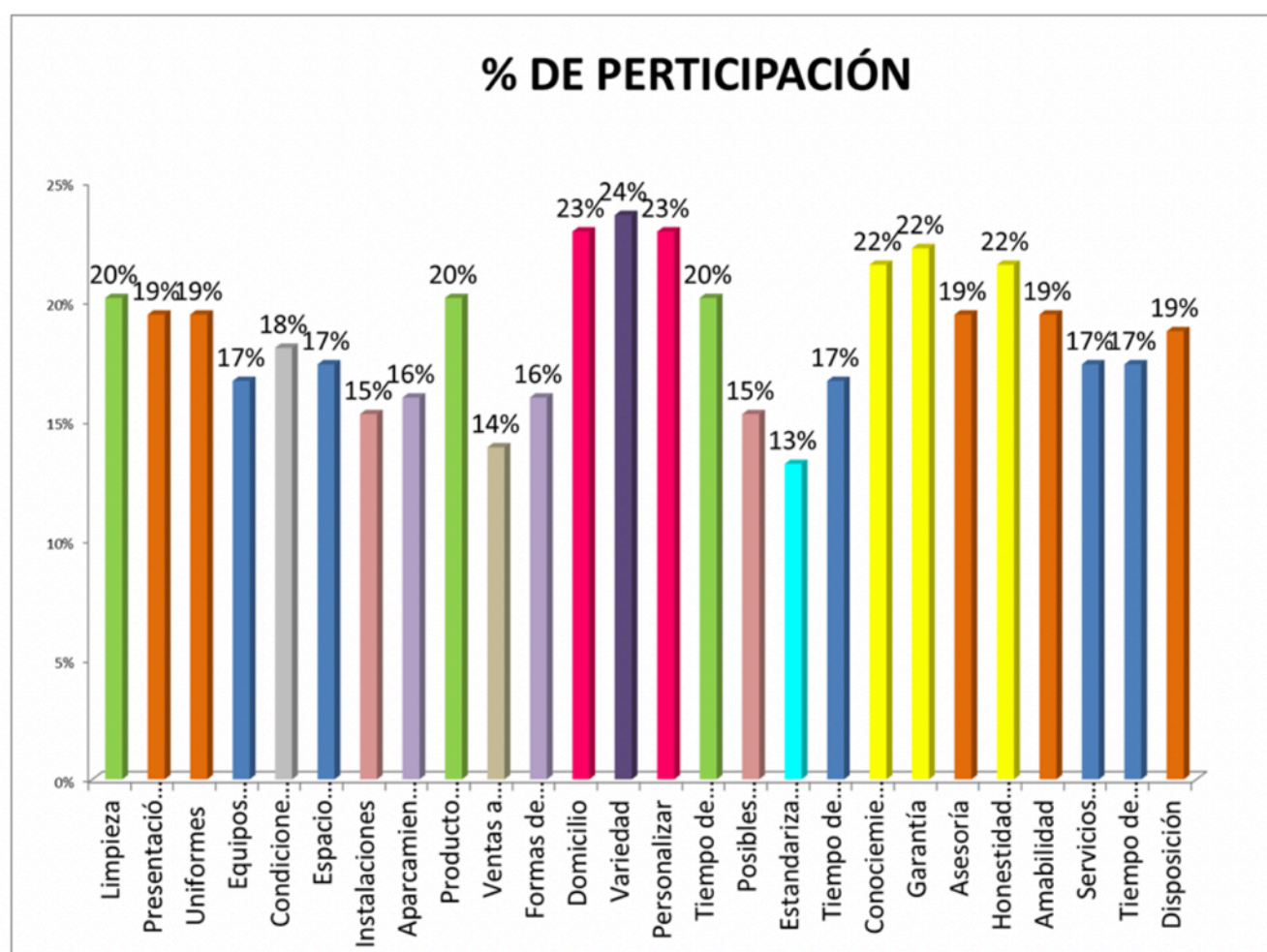
Posterior a los cálculos formulados por la matriz se logró determinar % de participación de cada uno de los criterios establecidos. Identificando cuál de estos contaban con mayor grado de participación, para así determinar en qué nivel se encuentra la calidad de servicio de la empresa (buena, regular o mala).

En la empresa distribuidora SUPER BEBIDAS S.A.S, donde se desarrolló este modelo con su respectivo análisis se logró determinar los siguientes resultados.

El total de la muestra de los clientes analizados determinaron que la calidad del servicio ofrecida actualmente por la empresa cuentan con un porcentaje de participación del 0% correspondiente a un mal servicio, un 87% para un regular servicio, y finalmente un 13% para un buen servicio. Donde se logra concluir que el % con mayor participación en el total de la población corresponde a un regular servicio prestado por parte de la empresa, Concluyendo así que su su calidad del servicio actual se caracteriza por ser regular en el mercado.



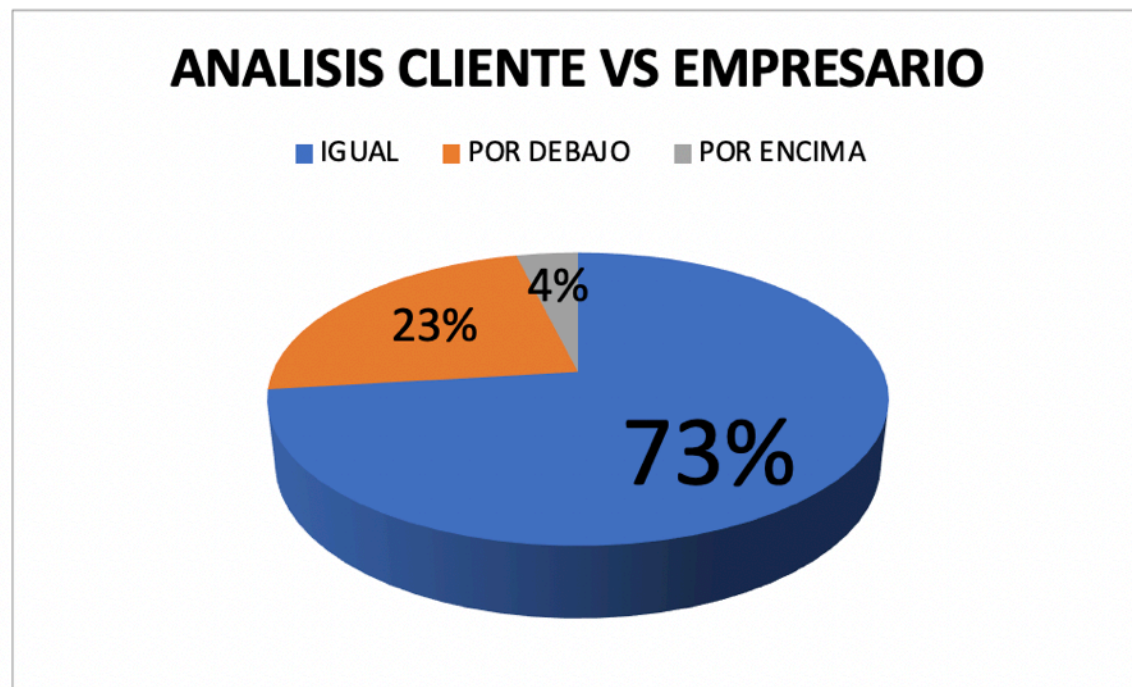
Adicionalmente de los resultados arrojados por la investigación se pueden realizar muchos más análisis pertinentes como los que se presentaran a continuación.



Donde se puede concluir que las variables con mayor participación fueron las siguientes.

- Adecuada variedad de productos con un % de participación total de la población del 24%
- Opciones de personalizar los productos y servicios de domicilio con un % de participación total de la población del 23%.

Adicionalmente se logra determinar qué tan cerca o que tan lejos están las percepciones del empresario vs las del cliente, donde se logró concluir la siguiente información posterior a realizar los análisis estadísticos.



Donde se concluye que el 73% de los criterios analizados presentan la misma percepción tanto para el cliente como para el empresario, un 23% de los criterios se encuentran por debajo de las percepciones establecidas por el empresario en comparación con las del cliente, y finalmente con un 4% de criterios por encima de las percepciones establecidas por el empresario vs a las determinadas por el cliente.

Finalmente se logra determinar un plan de acción de mejora continua para ejecutar en la empresa, con el fin de mejorar las condiciones actuales presentes que determinan su calidad de servicio ante el mercado, aumentando la satisfacción del cliente, mejoramiento en sus procesos, instalaciones, orden y aseo, servicio de alta calidad ofrecido a sus clientes, logrando ser reconocida en el mercado como una empresa que brinda servicios de alta calidad en el mercado.

A continuación se presenta el plan de acción diseñado para implementar en la compañía.

PROGRAMA DE PLAN DE ACCIÓN PARA MEJOR LA CALIDAD DEL SERVICIO DE LA EMPRESA SUPER BEBIDAS SAS								
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACCIONES	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACIÓN	DE EJECUCIÓN	RESPONSABLES	NOMBRE DEL INDICADOR	INICADOR MENSUAL	META
1	Definir los procesos requeridos para el negocio	Por definir	Por definir	1 MESES	Gerente	NÚMERO DE CARGOS DEFINIDOS	$\frac{\text{NÚMERO DE CARGOS DEFINIDOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE CARGOS}}$	100%
2	Definir los cargos requeridos para ejecutar los procesos anteriormente mencionados							
3	Definir las funciones correspondientes a cada uno de los procesos mencionados anteriormente	Por definir	Por definir	3 MESES	Gerente- Jefe inmediato- Responsable del proyecto	ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS ESTANDARIZADOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS}}$	100%
5	Documentar los pasos anteriores(Instructivos y procedimientos de cargos)							
6	Capacitar al personal en los métodos anteriormente establecidos	Por definir	Por definir	8 DIAS	Jefe inmediato	CAPACITACIONES REALIZADAS	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE CAPACITACIONES REALIZADAS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE CAPACITACIONES PROGRAMADAS}}$	90%
10	Capacitar al personal sobre servicio al cliente (calidad,etiqueta,comunicación acertiva y ventas)			8 DIAS	Jefe inmediato			
7	Reestructurar la distribución y almacenamiento de productos en la bodega	Por definir	Por definir	12 MESES	Todo el personal	PROYECTOS DE MEJORA CONTINUA	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS MEJORA}}{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS}}$	85%
8	Definir puntos de almacenamiento estratégico según sea el volumen,área y rotación del producto							
9	Realizar marcación de las zonas de almacenamiento							
10	Aplicar estrategias de orden y aseo en las instalaciones							

PROGRAMA DE PLAN DE ACCIÓN PARA MEJOR LA CALIDAD DEL SERVICIO DE LA EMPRESA SUPER BEBIDAS SAS								
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACCIONES	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN	RESPONSABLES	NOMBRE DEL INDICADOR	INICADOR MENSUAL	META
11	Implementar ventas a credito	Por definir	Por definir	12 MESES	Administrador	VENTAS A CREDITO	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS MEJORADOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE PROCESOS}}$	70%
12	Establecer método y plantilla para quejas y reclamos	Por definir	Por definir	12 MESES	Administrador	QUEJAS Y RECLAMOS	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE QUEJAS Y RECLAMOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE VENTAS}}$	45%
13	Realizar evaluaciones de desempeño periódicamente, al personal y a la misma organización por parte de los clientes	Por definir	Por definir	12 MESES	Administrador	CALIDAD DEL SERVICIO	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE CLIENTES SATISFECHOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE CLIENTES}}$	90%
14	Establecer estrategias para los tiempos de respuesta en el servicio de domicilio	Por definir	Por definir	12 MESES	Administrador	TIEMPOS DE RESPUESTA	$\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE DOMICILIOS JUSTO A TIEMPO}}{\text{NÚMERO TOTAL DE DOMICILIO}}$	90%

Discusión de resultados:

El nivel de calidad del servicio se logra determinar bajo la implementación de un modelo que logre el analizar y estudiar diversas variables del objeto de negocio. Logrando ser evaluada bajo el criterio de experiencia y/o percepción percibida por los clientes.

Donde gracias a la investigación científica se logran identificar y determinar las variables a las cuales la compañía debe de enfocarse para mejorar su calidad del servicio, realizando planes de acción en búsqueda de la mejora continua, que permita aumentar su grado de calidad del servicio a futuro para sus clientes.

Posterior a haber diseñado, aplicado y analizado el modelo podemos identificar varios aspectos los cuales se deben de generar un plan de acción que mejore en este caso la estandarización de procesos, ventas a crédito, orden y aseo en las instalaciones y tiempos de entrega. Gracias al análisis de las variables anteriormente mencionadas por menor grado de participación de conformidad por parte de los clientes se logra identificar de manera muy precisa a que se debe de enfocar la organización para mejorar la calidad del servicio actualmente en esta, generando planes de acción específicos que ayuden a mitigar los problemas actuales de la compañía.

Donde se logra concluir que este modelo ayuda a identificar cuáles son las principales falencias que presenta la compañía, analizando los resultados y cálculos obtenidos de este. Donde se puede investigar más al detalle el comportamiento de cada una de las variables, no enfocándose única y exclusivamente en el grado general de calidad del servicio. Considerando que es un modelo que permite analizar mucho más allá que el grado de calidad del servicio de la compañía o como muchos autores mencionan que solo se enfoca en las percepciones, “el modelo de calidad del servicio tiene sus raíces en el paradigma de expectativa-desconfianza que informa la satisfacción del cliente” Oliver, RL, satisfacción: una perspectiva de comportamiento en el consumidor, Boston, MA, Irwin McGraw-Hill, 1996.

Sin embargo, sería pertinente mejorar la metodología propuesta con los siguientes aspectos, los cuales ayudarían a tener mejores resultados:

- Separar los grupos de clientes que se van a entrevistar por grado de antigüedad en la compañía
- Realizar preguntas abiertas tales como ¿Mencione que sería pertinente mejorar en la empresa?, ¿Qué cree usted como cliente que es lo que lo hace sentir más cómodo o disgusto con la empresa?, ¿Por qué decide acceder a los servicios ofrecidos en esta empresa en comparación con las otras empresas del mercado?
- Realizar análisis y estudios pertinentes a la competencia y negocios cercanos con el mismo objeto de negocio de la compañía.
- Identificar la competencia del negocio y realizar la aplicación del modelo para luego comparar y hacer análisis respectivos de cómo está la compañía respecto a la competencia.
- Implementar las visitas de cliente encubierto en diferentes horarios (mañana, tarde y/o noche) y en diferentes días de la semana, con el fin de tener un análisis completo según las condiciones laborales a las cuales está sometido el personal.
- Realizar análisis estadísticos más específicos que permitan arrojar resultados enfocados más a la calidad.

Conclusiones:

- La empresa cuenta con un 13% de buena calidad del servicio brindada para sus clientes.
- Los modelos son una herramienta que ayuda a mantener, evaluar controlar proyectos de mejora continua en cualquier tipo de industria, generando calidad y eficiencia a los procesos organizacionales.
- La mejora continua debe de ser analizada de manera global, de afuera hacia adentro, escuchando que es lo requiere el cliente, bajo las necesidades y criterios establecidos por este es que se empieza a determinar los procesos y procedimientos requeridos para la compañía.
- El nivel de satisfacción no solo está enfocado en los clientes; por lo contrario, el grado de satisfacción más importante es el saber cómo industria que se realizaron las cosas bien, generando felicidad y estabilidad tanto a nuestros clientes internos como externos

Agradecimientos:

A Dios por brindarme Paciencia, Sabiduría, Resistencia, y mucho amor para llevar a cabo este proyecto.

“El conocimiento es la fuente de riqueza. Aplicada a las tareas conocidas, se convierte en productividad. Aplicada a las tareas nuevas se convierte en innovación.”
Peter Drucker.

Referencias:

(AEC-Asociación Española Para la Calidad)., Modelos de calidad , <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/modelos-de-calidad>

(nueva-iso-9001-2015: ISO 9001: Definiciones y prólogo de la norma, <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/10/iso-9001-definiciones-prologo-norma/>)

¿Qué hace un mister shopper?(2017). Mexico. neuvo (<https://neuvo.com.mx/neuvoPedia/es/mystery-shopper/>)

Parasuraman, Valarie Zeithaml y Leonard L. Berry,(1985)

Parasuraman, Valarie Zeithaml y Leonard L. Berry,(1985),Calidad total de la gestión de servicios,Madrid, multilibro

Albrech,K,Zemke,R,(1988),Gerencia del servicio,3R Editores

Belandia, M. (2017). El mystery shopper de los fondos de inversión. Recuperado el 28 de mayo de 2018 de <https://www.finanbest.com/blog/mystery-shopper-de-los-fondos-inversion/>

Calidad del servicio, Ecured, [https://www.ecured.cu/Calidad de los Servicios](https://www.ecured.cu/Calidad_de_los_Servicios)

Carro,R,Gonzalez,D , Administración de la calidad total ,Universidad nacional de la plata, Buenos aires, http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf

Categoría de estrellas, <https://www.pricetravel.com.mx/info/atributos/categoria-estrellas>

Catilla,E(2010), Escala servqual para medir la calidad en el servicio, <https://www.gestiopolis.com/escala-servqual-para-medir-la-calidad-en-el-servicio/>

Cliente oculto, <http://www.clienteoculto.com.co/>

Deming,E,(1922),GESTIÓN DE CALIDAD. Recuperado de <http://migestiondecalidad.blogspot.com/2017/03/biografia-de-edward-deming.html>

Diplomado a distancia “informática médica” Que es la calidad?. Mexico.Facmed (<http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/ftp/documentos/calidad.pdf>)

Duque,E,2005,Revision del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición, Scielo, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512005000100004

Duque,<http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v15n25/v15n25a04.pdf>

Gonzales ,L,Carmona,M,Rivas,M,2007,IAT,Guía para la medición directa de la satisfacción de clientes <http://www.centrosdeexcelencia.com/wp-content/uploads/2016/09/guia-satisfaccion-clientes.pdf>

Gonzalez,H,2013,recurso humano como eje de la calidad-Peter Drucker,<https://calidadgestion.wordpress.com/tag/peter-drucker/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/SERVQUAL>

<https://www.gestiopolis.com/escala-servqual-para-medir-la-calidad-en-el-servicio/>

Instituto alemán para la normalización 1979;<http://iso9001calidad.com/que-es-calidad-13.html>

Izuriaga,¿Qué es un “mystery shopper”?, 2018,Turiconsejos,<https://www.turijobs.com/blog/mystery-shopper/>

JOSEPHM. JURAN ,(1904), <https://www.pablogiugni.com.ar/joseph-m-juran/>

Kotler,P,Keller,K,2006,Dirección de marketing,MEXICO, Pearson EDUCACIÓN

Lamb,Hair,Mc Dniel,2013,Marketing edición latinoamrica,south western

Martinez,N, (2008),Midiendo la satisfacción del cliente y la calidad del servicio: "mystery shopping", compra fantasma o seudocompra, <https://www.researchgate.net/publication/28243705>

[Midiendo la satisfaccion del cliente y la calidad del servicio mystery shopping compra fantasma o seudocompra](https://www.researchgate.net/publication/28243705)

Matsumoto,R,(2014),Desarrollo del modelo servqual para la medición de la calidad del servicio en la empresa de publicidad ayuda experto, Univercidad católica Bolivia, http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332014000200005

Modelo SERVQUAL de Calidad de Servicio. Granada,España. Aiteco consultores (<https://www.aiteco.com/modelo-servqual-de-calidad-de-servicio/>)

Molina,O,D. (2014).ECURED.Calidad de los servicios ([https://www.ecured.cu/Calidad de los Servicios](https://www.ecured.cu/Calidad_de_los_Servicios))

Organización Internacional de Normalización ICAITI-COPANT-ISO 8402, 1995]. <http://iso9001calidad.com/que-es-calidad-13.html>

Oviedo,G,(2004),La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt, revista estudios sociales,<http://www.scielo.org.co/pdf/res/n18/n18a10.pdf>

Parasuraman, A., Berry, LL y Zeithaml, VA, "Refinamiento y reevaluación de la escala SERVQUAL", Journal of Retailing

Pascal, V.O (2018).Userlike. 9 métodos prácticos para medir la calidad del servicio.(<https://www.userlike.com/es/blog/medir-calidad-del-servicio>)

Servqual,Wikipedia,2019,<https://en.wikipedia.org/wiki/SERVQUAL>

SERVQUAL. Un instrumento para medir la calidad en los servicios https://rodas5.us.es/file/b8aaf1d2-ccf7-65bd-1593-564b3442526a/1/servqual_scorm.zip/page_01.htm

Stanton,Etzel,Walker,1999,Fundamentos de marketing,universidad del norte de carolina

Tari, J,(2000), Calidad Total: Fuente de Ventaja Competitiva, Universidad de Alicante,

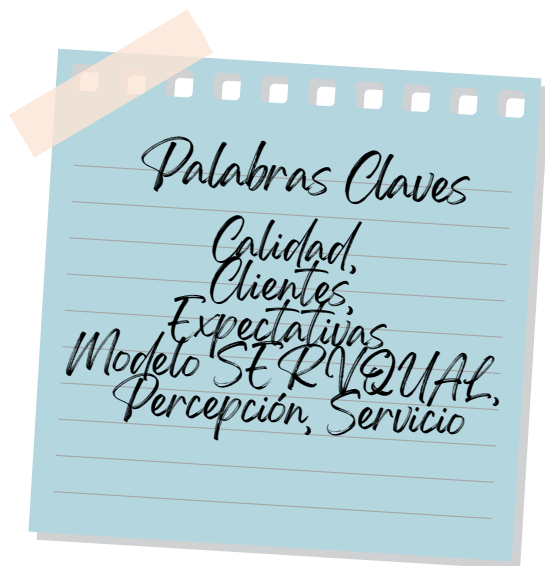
Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana.

Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana

Vargas,M.; Aladana,L (2011), Calidad y servicio: conceptos y herramientas, Bogota Colombia,Ecoe Ediciones: Universidad de la sabana

Velez B, ¿Cómo evaluar la satisfacción del cliente?,Heerramientas empresariales, <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Accesoamercados/BibliotecaServicioalCliente/%C2%BFComoevaluarlasatisfacciondelcliente.aspx>

Wigodoski,J,(2003),¿Qué ES SERVQUAL?,Medwave,revista biomédica, <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Enfermeria/Nov2003/2763>



CAPÍTULO II

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE CLIMA LABORAL

Carolina Ramírez Espejo, Javier Darío Quintero Hincapié, Juan David Tamayo Arias, Valentina Tamayo López, Víctor Manuel Caicedo Valencia

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

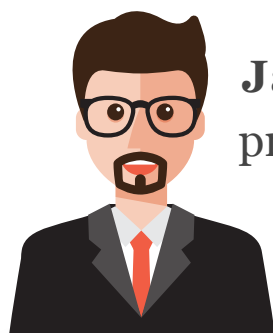
Colombia

Sobre los autores:



Carolina Ramírez Espejo: Estudiante de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, actualmente cursando el octavo semestre. Pertenece al semillero de investigación de desarrollo humano organizacional del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, en el cual ha desarrollado el actual proyecto. Tiene profundización en el área de logística.

Correspondencia: carolina_ramirez92141@elpoli.edu.co



Javier Darío Quintero Hincapié: Egresado de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Tecnólogo en negociación internacional en el SENA. Integrante del semillero de investigación, desarrollando el actual proyecto. Posee conocimientos en el área de sistemas de gestión, gestión financiera,

mejoramiento de procesos. En la actualidad es auditor de calidad en Antioqueña Porcinos. Ponente investigador en Encuentro Regional, Nacional e Internacional de grupos y semilleros de investigación REDCOLSI.

Correspondencia: javier_quintero82111@elpoli.edu.co



Juan David Tamayo Arias: Egresado de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Integrante del semillero de investigación como estudiante investigativo, desarrollando el actual proyecto. Ponente investigador del Simposio Departamental de semilleros de investigación e Investigación formativa Nodo Antioquia. Actualmente analista de arquitectura organizacional, en la Caja de Compensación Familiar Comfenalco Antioquia.

Correspondencia: juand_tamayo92132@elpoli.edu.co



Valentina Tamayo López: Estudiante de Ingeniería de productividad y calidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, actualmente cursando el noveno semestre. Realizó profundización en el área de calidad. Pertenece al semillero de investigación de desarrollo humano organizacional del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, en el cual ha desarrollado el actual proyecto. Posee curso de formación en el SENA en auditoria interna de calidad-NTC ISO 9001 y en creatividad para solución de conflictos laborales.

Correspondencia: valentina_tamayo92151@elpoli.edu.co



Victor Manuel Caicedo Valencia: Docente e investigador, líder del semillero de Desarrollo Humano Organizacional del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Tecnólogo e Ingeniero Industrial con maestría en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional, y maestría en Administración Económica y Financiera, realizadas en Universidad Tecnológica de Pereira. Lleva más de 18 años de experiencia en docencia en universidades, tales como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y la Universidad Tecnológica de Pereira, además de experiencia en instituciones del estado como la gobernación de Risaralda.

Correspondencia: vmcaicedo@elpoli.edu.co

Resumen

Este artículo consta del diseño de una metodología para el estudio del clima laboral con su correspondiente plan de mantenimiento y mejora. Para ello, se estudiaron los modelos actuales de clima laboral, al percibir que no evalúan todas las dimensiones de las organizaciones, ni cómo hacer un plan de mantenimiento y mejora, se procedió a estudiar cada dimensión que impacta el clima y diseñar la metodología, estableciendo y definiendo las variables, presentándolas a expertos, para fijar niveles de las mismas y proceder a la formulación de preguntas, con el fin de diseñar el instrumento. Diseñada y estructurada, se realizó una prueba de la metodología en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Los resultados fueron analizados, para realizar un plan de mantenimiento y mejora. Con esta prueba se lograron hacer ajustes para aplicarla correctamente. Es de resaltar que esta metodología puede ser implementada en cualquier tipo de organización.

Palabras Claves: Medición, Organización, Ambiente, Prueba, Diseño.

Design of a work environment measurement methodology

Abstract

This article consists of the design of a methodology for the study of the work environment with its corresponding maintenance and improvement plan. For this, the current models of the work environment were studied, perceiving that they do not evaluate all the dimensions of the organizations, or how to make a maintenance and improvement plan, we proceeded to study each dimension that impacts the climate and design the methodology, establishing and defining the variables, presenting them to experts, to set levels of them and proceed to the formulation of questions, in order to design the instrument. Designed and structured, a methodology test was conducted at the Jaime Isaza Cadavid Colombian Polytechnic. The results were analyzed, to carry out a maintenance and improvement plan. With this test, adjustments were made to apply it correctly. It is noteworthy that this methodology can be implemented in any type of organization.

Keywords: Measurement, Organization, Environment, Test, Design.

Introducción:

En la actualidad las organizaciones tienen grandes retos debido al cambio constante del ambiente, factores como el mercado y las necesidades de clientes obligan a las organizaciones a estar asiduos frente a estos. Si las empresas no son flexibles, es decir, no se adaptan el cambio, no podrán ser competitivas ni podrán cumplir sus objetivos. “Las empresas tradicionales y estáticas que no marchan al ritmo de estos tiempos están destinadas a fracasar, por su incapacidad de ponerse al día”. (Tito, 2003, p.29). Esto genera la necesidad de administrar bien sus recursos y su talento humano.

La investigación de clima organizacional, es trascendental para desarrollar la disciplina como base, para enriquecer, legitimar y posicionar al desarrollo de la administración frente a otras profesiones que tienen su campo de acción en el ámbito laboral, y específicamente en el área de gestión humana. (Ramos, Vilorio, 2011, p.12)

El presente artículo presenta el diseño de una metodología de medición de clima laboral aplicable en las Pymes (pequeñas y medianas empresas), enfocada al diseño y elaboración de un plan de mantenimiento y mejora que permita a las diferentes organizaciones mantener empleados eficientes y eficaces, por medio de un buen clima laboral.

En pleno siglo XXI las organizaciones deben tener en cuenta que el talento humano es un factor esencial para mantener altos estándares de calidad. Es un área muy dependiente y situacional de aspectos importantes en la organización, como son la cultura organizacional, los contextos internos y externos, etc. “Dentro del competitivo mundo empresarial, es necesario invertir esfuerzo y tiempo en el talento humano, ya que este constituye la columna vertebral de una organización.” (Aguilar, 2017, p.5)

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron varias fases, que consto del estudio de algunos modelos de medición actuales. “Las investigaciones existentes sugieren que es necesario un adecuado clima para que la innovación emerja. La creatividad individual no se convierte en ideas innovadoras a menos que la organización provea el ambiente correcto para ello.” (Goktan, 2005). Además, un análisis de las dimensiones que poseen las organizaciones. Luego, se procedió al

diseño, estableciendo y definiendo las dimensiones, determinándoles niveles de importancia. Se diseñaron y formularon preguntas para medir el clima laboral. Para mayor veracidad, el instrumento y las dimensiones se presentaron a expertos en el tema de gestión humana. Diseñado y estructurado tanto la metodología como el instrumento, se realizó una prueba en una dependencia del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid analizando los resultados y se realizaron los debidos ajustes para aplicarlo correctamente. Estableciendo una capacitación sobre la metodología al inicio de la evaluación, posteriormente que los directivos pertinentes seleccionen las dimensiones a evaluar y aplicar el instrumento a los empleados. Por último se analizaron los resultados y se diseñó un plan de mantenimiento y mejora.

La iniciativa de realizar este proyecto surge a raíz de la falta de profundización de algunos modelos de medición de clima laboral, los cuales no estudian ni analizan todas las dimensiones que poseen las organizaciones. Adicionalmente, los modelos actuales, son de altos costos para que las Pymes los implementen, porque esta temática de clima laboral y talento humano es quizás una de las más importantes en las organizaciones, por ende, si no se enfoca en este tema puede afectar la productividad de la empresa, disminuyendo la eficiencia y eficacia de sus procesos, además, de la calidad, ya que los empleados son los relacionados con las actividades y procedimientos de la organización, y si estos no están satisfechos en su ambiente laboral, no serán proactivos. Es de tener en cuenta que, si el clima laboral permanece positivo, se crea un ambiente cómodo, existirá una buena comunicación y relación entre los miembros de la empresa, se aumentará la seguridad en cada trabajador y se incrementará el interés en sus actividades, lo que proporcionará un aumento significativo de productividad y calidad en productos.

Finalmente, este proyecto fue realizado con la meta de que las pymes se enfoquen en mantener un buen clima laboral e implementen la metodología diseñada para que el personal comience a empoderarse de sus responsabilidades, a tener voz en las decisiones y se aumente el compromiso dentro de ella, incrementando su productividad.

Metodología:

Para el diseño de la metodología de medición de clima laboral, se realizaron los siguientes pasos:

1. Estudio de algunos modelos actuales de medición de clima laboral:

Principalmente fue necesario indagar más en la temática de medición de clima laboral.

Se llama clima organizacional a la percepción de los miembros de lo que ocurre en una organización. El clima organizacional al igual que el atmosférico se respira, se siente, son aquellas actitudes y conductas que hacen a la convivencia social en la organización. (Noboa, s.f, p.3)

Castellanos y Ochoa (2012), establecen en su investigación que los estudios de clima organizacional brindan retroalimentación de los procesos que están influenciados por comportamientos de empleados, que permiten a la empresa proponer e implementar cambios significativos.

En la actualidad, el interés por el ambiente de trabajo ha cobrado enorme relevancia, por el impacto positivo en la productividad que se genera a través del mejoramiento continuo de las condiciones de trabajo, pues su conocimiento orienta los procesos que determinan los comportamientos organizacionales (Alcántar, Maldonado, & Arcos, 2012, p.56)

Se analizó el modelo de medición de clima organizacional utilizado en la Universidad de Santander UDES, de Ortiz y Caballero (2016), establecieron:

Busca puntualizar todos los aspectos relacionados al clima organizacional y el desempeño de los trabajadores de la Universidad, con la finalidad de analizar y proponer alternativas de mejora, que sirvan de guía para los directivos de la organización, y para fomentar un ambiente laboral agradable y motivador para sus empleados, con el fin de incrementar su desempeño laboral. (p.9)

Este modelo, se enfoca genéricamente en los aspectos de la organización, no se detiene a estudiar específicamente cada dimensión. Su instrumento de medición abarca de manera global los aspectos de los empleados y no brinda definición sobre la dimensión que está tratando al momento del empleado contestar la pregunta.

Otro modelo estudiado fue el modelo de clima organizacional de Litwin y Stringer.

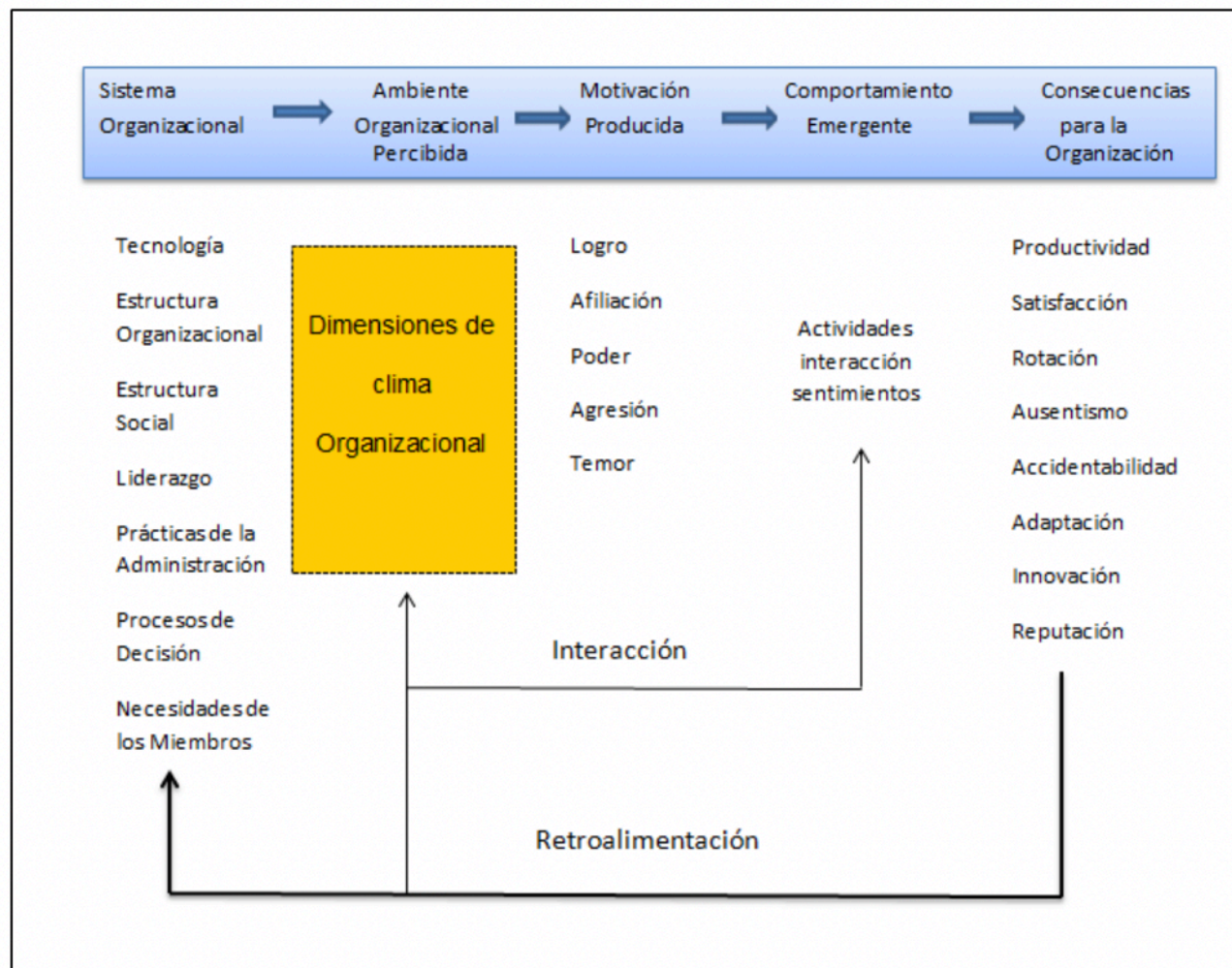


Figura 1. Modelo De Clima Organizacional De Litwin y Stringer. (2000)

Este modelo es quizá uno de los más completos en el estudio realizado, porque abarca gran parte de la estructura de las organizaciones y se enfoca en las consecuencias que puede tener factores como el sistema organizacional, el ambiente organizacional, la motivación producida, etc. Este modelo propuesto es integrado, pero en la definición y análisis de dimensiones de las organizaciones, falta profundizarlas y explicarlas más detalladamente, además, como en el anterior modelo estudiado, no muestra como diseñar un plan de mantenimiento y mejora para las organizaciones.

Finalmente, el siguiente modelo estudiado fue El Modelo Integrado De Modificación Del Clima Organizacional, el cual fue postulado por Lewin y House, pero explicado por Brunet.

Estructura – Proceso	Dirección	Empleados
	Desbloqueo	
I.		Conocimiento de los posibles cambios. Cambio en los conocimientos existentes (existen otros sistemas organizacionales).
II.		
	Reconstruir	
III.		Cambio en el comportamiento.
IV.		Cambio en el rendimiento en el trabajo. Supervisión y evaluación periódica del cambio, de acuerdo con el rendimiento deseado.
	Volver a bloquear	
V.		Cambio en los resultados organizacionales.

Figura 2. Modelo Integrado De Modificación Del Clima Organizacional. (2011)

Por medio del empleo de una o varias técnicas de desarrollo organizacional se puede tratar de modificar el clima de una organización. Evidentemente, si conocemos la naturaleza de las variables en juego, el cambio debe basarse en la organización total y no solamente sobre los individuos que forman parte de ésta. En efecto, el interventor no centra su acción en un componente particular de la organización, sino que también debe intentar modificar o, por lo menos, analizar los otros componentes para producir un cambio profundo y durable a nivel del clima. El cambio provocado en un componente puede ser aniquilado por el estado inmutable de otro. (Brunet, 2011, p.105)

Este modelo postula lo que se debe realizar en las organizaciones globalmente. No muestra paso a paso como diseñar y aplicarlo. Está enfocado en fortalecer las relaciones entre los directivos y los empleados, pero no profundiza en cómo hacerlo.

Es de resaltar, que brinda pautas para el direccionamiento de un correcto clima laboral.

La eficacia del cambio del clima será mayor en la medida en que se impliquen conjuntamente todos los componentes humanos (dirección y empleados) y físicos. De nada sirve tratar de modificar la percepción del clima en los empleados sino se toca la estructura física o el proceso organizacional que los rodea. (Brunet, 2011, p.105)

2. Estudio de las dimensiones de las organizaciones:

Para estudiar las dimensiones de las organizaciones, fue necesario recurrir a algunos expertos sobre el tema, en donde se abordaron los conceptos de los profesores Litwin y Stringer. Se utilizó de base el modelo estipulado por ellos, porque fueron los primeros en aportar sobre la temática de clima organizacional. Es de resaltar que todos los modelos de medición de clima laboral actuales han acogido este, solo que han modificado su estructura. Litwin y Stringer (1968), definen 9 dimensiones, de las cuales se resaltan dos, sin ignorar las demás:

1. Estructura. El sentimiento de los empleados respecto de las restricciones, el número de reglas, controles y procedimientos que existen. Énfasis en la estructura formal.

2. Responsabilidad. El sentimiento por parte de los trabajadores de "ser su propio jefe". Poder tomar las decisiones solo y no tener que consultar cada paso con los superiores.

Luego de analizadas y estudiadas las dimensiones, se concluyó que una organización no solo posee estas, existen otras, que, en complemento con las anteriores, pueden describir correctamente el clima organizacional. Se procedió entonces a estudiar a fondo, otros autores relacionados con la temática y se encontró que Pritchard y Karasick (1973) definen las mismas dimensiones, complementándolas y adicionando otras. Algunas son:

1. Autonomía. Se trata del grado de libertad que el individuo puede tener en la toma de decisiones y en la forma de solucionar los problemas.

2. Conflicto y cooperación. Esta dimensión se refiere al nivel de colaboración que se observa entre los empleados en el ejercicio de su trabajo y en los apoyos materiales y humanos que éstos reciben de su organización.

Acorde a lo anterior, se procedió a seleccionar las dimensiones más representativas y junto con las definiciones propuestas por los autores estudiados, se logró construir y complementar 11 dimensiones directamente relacionadas con ¿cómo percibe el empleado la organización? y viceversa. Las dimensiones propuestas fueron:

AUTONOMÍA: Es el grado de libertad que tiene el colaborador para el desempeño de sus funciones, implica la capacidad que tiene para actuar eficiente y proactivamente, idear e implementar soluciones a nuevas oportunidades y/o retos con decisión e independencia sobre la existencia de un procedimiento estipulado o mando para ello. Procesos, procedimientos y funciones definidas dentro de la labor.

COOPERACIÓN: Se refiere al nivel de colaboración que se observa entre los empleados en el ejercicio de su trabajo, en los apoyos materiales y humanos que se reciben en la organización.

RELACIONES SOCIALES: Es el nivel de relaciones sociales que percibe el colaborador dentro de la organización donde puede compartir con sus compañeros sin importar sus niveles de cargo y a su vez establecer lazos de amistad.

Nota: Se entiende por relaciones sociales aquella correspondencia o conexión que se establece con otra u otras personas.

ESTRUCTURA: Es el nivel de beneficio que percibe el colaborador para la forma de llevar a cabo sus actividades ante los procedimientos, consignas, normas y políticas establecidos por la organización.

REMUNERACIÓN: Es el nivel de aceptación por parte del colaborador ante la retribución monetaria por su labor; y la relación entre tarea y remuneración.

RENDIMIENTO: Es el grado que existe entre la remuneración y el trabajo bien hecho y conforme a las habilidades del ejecutante.

MOTIVACIÓN: Es la capacidad que tienen las organizaciones para mantener el estímulo positivo de sus empleados en relación a todas las actividades que realizan para alcanzar los objetos de la misma.

ESTATUS: Es el grado de equidad que el colaborador percibe antes las diferencias jerárquicas (Superiores y Pares).

FLEXIBILIDAD: Es el grado de acompañamiento y entrenamiento que percibe el empleado por parte de la Organización para actuar frente a casos donde la misma experimenta nuevas actividades, cambia de convicciones y conductas a fin de adaptarse a diversas situaciones.

DELEGACIÓN: Analiza de qué manera delega la organización el proceso de toma de decisiones entre los niveles jerárquicos.

APOYO: Se basa en el tipo de apoyo que da la alta dirección a los empleados frente a problemáticas donde están ellos relacionados.

Cabe resaltar que, para tener una validación de las dimensiones seleccionadas, fueron presentadas a expertos que poseen conocimientos en clima laboral y gestión humana.

3. Diseño de instrumento:

Para la elaboración del instrumento se estableció un encabezado de instrucciones. Se diseñaron preguntas para cada dimensión establecida, en donde el empleado se sintiera fácilmente identificado y seleccione la más acorde a su situación.

El instrumento de Clima Laboral permitirá medir el nivel de satisfacción del personal y en el caso de la motivación se requiere de un trabajo de profundización con cada uno de los colaboradores, conociendo que aspectos son los que lo motivan. (Luevano, Alberto, 2017, p.2)

Chiavenato (1994) expreso en su estudio que un buen instrumento de medición de clima laboral es en el que los trabajadores pudiesen mantener el anonimato y fuese

confidencial. Consecuente con esto, se procedió a implementarlo dentro de las instrucciones del formato.

Es de resaltar que se necesitó de verificación y aprobación de expertos en el tema de clima organizacional y gestión humana, para que el instrumento fuese aplicable en cualquier organización.

4. Parametrización:

Cada organización estipula a que dimensión le quiere dar mayor peso o si por el contrario todas tienen la misma relevancia en el Clima Organizacional para tal efecto se estableció un mecanismo para jerarquizar las 11 dimensiones dándole puntos a cada una de ellas y al final deben sumar 100 puntos.

Posteriormente, el instrumento para la medición de Clima Organizacional diseñado se sistematizó en una hoja de Excel para su tabulación fuera más fácil y se pudieran extraer resultados individuales, por áreas y de toda la organización.

Para la interpretación de los resultados se procedió a establecer una escala en donde se establecen niveles a las dimensiones.

Abadía y Trujillo (2017) indican que: “Medir el Clima Organizacional permite identificar las fortalezas e insatisfacciones del ambiente de trabajo; las primeras con el propósito de mantenerlas y potenciarlas, y las segundas con el fin de intervenirlas para corregirlas y mejorar la satisfacción del personal.” (p.4). Es de resaltar que la parametrización utilizada, sirve para observar el comportamiento de cada dimensión y también para analizar en qué nivel se encuentra la organización.

5. Plan de mantenimiento y mejora:

El resultado final de la metodología de medición de clima laboral es un Plan de Mantenimiento y Mejora con el fin de aumentar el nivel de clima laboral.

Para diseñar el Plan de Mantenimiento y Mejora se establecieron los siguientes pasos:

- Evaluar las dimensiones.
- Analizar las causas de las dimensiones altas y bajas además de los efectos que causan en la organización.
- Determinar el objetivo del Plan de Mantenimiento y Mejora.
- Establecer estrategias, para las dimensiones altas se diseñan estrategias de mantenimiento y para las bajas de mejora.
- Realizar programas para las diferentes estrategias.
- Establecer proyectos para los programas.
- Realizar cronograma de actividades, estableciendo actividades, responsable, fecha de inicio y terminación, indicadores de medición, meta y presupuesto.

Análisis de resultados o Desarrollo:

Litwin y Stringer (1968) explican el clima organizacional como: “un conjunto de propiedades medibles del ambiente de trabajo, percibidas directa o indirectamente por las personas que trabajan en la organización y que influye en su motivación y comportamiento”(p28). Concepto que relaciona directamente variables de toda la organización como un sistema, siendo una clave importante a la hora de analizar las empresas, porque la metodología de medición de clima laboral diseñado, contempla estos criterios mediante la evaluación de dimensiones que implican al empleado y a los altos mandos, integrándolos sistémicamente, permitiendo conocer aspectos de la realidad en la que se encuentra la organización y contribuyendo a cada parte interesada en la productividad de la empresa y en la motivación de los empleados.

Consecuente con esto, Atalaya (1999) considera que el clima laboral y la satisfacción laboral influyen directamente en la productividad, ya que menciona:

“Es un hecho observable que los trabajadores que se sienten satisfechos en su trabajo, sea porque se consideran bien pagados o bien tratados, sea porque ascienden o aprenden, son quienes producen y rinden más. A la inversa, los trabajadores que se sienten mal pagados, mal tratados, atascados en tareas monótonas, sin posibilidades de ampliar horizontes de comprensión de su labor, son los que rinden menos, es decir, son los más improductivos.”

La satisfacción laboral debe ser el resultado de la alineación coherente de las dimensiones integradas en las organizaciones, para impactar de manera positiva la

productividad. “El análisis del clima laboral permite detectar factores que afecten de manera positiva o negativa la productividad.” (Galicia, García, Hernández, s.f).

Actualmente, comprender el comportamiento organizacional es necesario para cualquier empresa, porque estas se encuentran expuestas a constantes cambios. “La comprensión del comportamiento del individuo en la organización empieza con el repaso de las principales contribuciones de la psicología al comportamiento organizacional.” (Robbins, 1998). Cambios que interfieren directamente con la satisfacción laboral, influyendo de forma directa en la eficiencia y eficacia, ya que “un trabajador contento es un trabajador productivo.” (Atalaya, 1999).

Muchos autores reconocen la integración de dimensiones organizacionales que intervienen directamente en la satisfacción laboral. Por ejemplo, Salgado (1996) en su investigación mostró mediante una evaluación de clima laboral a una empresa, como percibían los empleados el apoyo desde la dirección, permitiéndoles autonomía en su actividad laboral e influyendo en su satisfacción laboral.

Por otro lado, Pope y Stremmel (1992), afirman: “El clima organizacional y la satisfacción laboral son dos constructos distintos, pero relacionados; el primero hace referencia a información relacionada a atributos institucionales, mientras que la satisfacción laboral se enfoca en las actitudes y percepciones de los individuos hacia su trabajo”. Lo que conlleva a analizar durante la investigación, los factores que diferencian su clima laboral y la satisfacción del empleado, para poder integrarlos.

Asef y Gonzales (2017) mencionan a Tamayo y Traba (2010), quienes afirman: “Para medir el estado del clima organizacional es necesario un constructo teórico que, ajustado a un procedimiento metodológico, permita detectar los requerimientos necesarios en el cliente interno en lo referente al ambiente laboral.” (p.1). Es por esta razón que la importancia de evaluar el clima laboral en las organizaciones crece constantemente, para analizar el comportamiento de los empleados en su ambiente de trabajo. Luevano y Alberto (2017) afirman que: “Los estudios de clima permiten efectuar intervenciones certeras tanto a nivel de diseño o rediseño de estructuras organizacionales, planificación estratégica, cambios en el entorno organizacional interno, gestión de programas motivacionales...” (p.5)

De esta manera, al evaluar el clima laboral, toma importancia el hecho de analizar y de expresar este análisis mediante tabulación de datos, para lograr exponer los resultados obtenidos. Glazer (2011) determina que:

La interpretación de los datos y la habilidad de construir gráficos y tablas son fundamentales en el proceso y producción de la ciencia. Para los científicos, la organización de los datos en gráficos y tablas es un método invaluable de representación de datos para encontrar relaciones entre las variables con el fin de determinar los patrones, propiedades y relaciones. (p.184)

La tendencia a evaluar el clima laboral, es un tema importante para las organizaciones, porque se puede implementar mejoras para los resultados encontrados y lograr crecer como empresa, interna y externamente. Céspedes (s.f) postula que el principal objetivo de un plan de mejora es: “orientar las acciones requeridas hacia la superación de debilidades y sus causas y la conservación y potencialización de fortalezas.” (p.2)

Acorde a lo expuesto anteriormente, Correa (2018) afirma:

La calidad del clima organizacional es relevante para el desempeño empresarial, se destaca que todos los esfuerzos por mejorar la vida laboral, fomentan en los empleados sentidos de pertenencia lo que a su vez constituye la posibilidad para mejorar las actividades empresariales. (p.84)

Trillos (2011) establece en su estudio, que existen varios cambios en las organizaciones que influyen en el clima laboral, puesto que se modifican las políticas, las metas operacionales, los reglamentos internos, etc. Y es de esta manera que un plan de mantenimiento y mejora, brinda la posibilidad de que estos cambios sean aprovechados y aporten positivamente a las organizaciones.

Es de resaltar que la implementación de la metodología de medición de clima laboral diseñada, brinda beneficios para todos los factores involucrados en las organizaciones, ya que como lo plantea el autor anterior, es crucial para el desempeño de las mismas, en donde se relaciona directamente la motivación con la eficiencia de la empresa, porque un empleado satisfecho en su labor, será potencia para la organización y para su buen rendimiento.

“Se destaca que la inversión que realizan las organizaciones en el mejoramiento del clima organizacional, construye un ambiente laboral saludable que fomenta el compromiso de los empleados, mejora la calidad de vida de los mismos.” (Romero, Silva, 2014, p.64). Es importante que las pymes implementen la metodología estipulada, ya que los modelos de medición de clima laboral actuales, aunque son buenos, son de altas inversiones, mientras que la metodología que se diseñó es de bajo costo.

Narváez y Arrieta (2015), establecen en su proyecto que todas las dimensiones abordadas en él, posibilitaron concluir que el clima organizacional contribuye a la comprensión del impacto de las organizaciones sobre la persona, y así marcha la metodología de medición de clima laboral diseñada, en donde los resultados arrojados de cada dimensión evaluada brindan un estudio completo de cómo afecta cada una en los actos de los empleados.

Resultados:

Los resultados obtenidos del diseño de la metodología de medición de clima laboral son:

- Metodología de medición de clima laboral en Excel:

Se diseñó el instrumento de evaluación y la parametrización de la metodología de medición de clima laboral en plantilla de Excel para facilitar la tabulación y análisis de datos, además de ayudar a agilizar su proceso.

En la Figura 1, se muestra un ejemplo del instrumento diseñado con una de las 11 dimensiones seleccionadas y con su encabezado:





		Instrumento de medición para clima laboral.								
OBJETIVO: Recolectar datos para establecer el nivel del clima organizacional										
INDICACIONES DE DILIGENCIAMIENTO										
<p>La calificación se dará en una escala de 1 a 5, siendo 1 la calificación más mala, donde no se cumple el enunciado, 2 se cumple en un nivel bajo, 3 se cumple en medianamente o regular, 4 se cumple, 5 la calificación más buena, donde se cumple de manera exitosa. Se dan opciones de A, B, C, D, marque con una X la calificación en las casillas de 1 a 5, que según su criterio, es más adecuada para la situación propuesta. Brinde una única respuesta en cada dimensión.</p> <p>Si tiene alguna duda frente a los enunciados o sus respuestas, diríjase al responsable de la encuesta para resolver su inquietud.</p> <p>La información suministrada en esta encuesta será confidencial y solo se utilizará para el desarrollo del objetivo y cuestiones de análisis de forma general. No se divulgará la identificación de quien la diligencie ni lo que respondió en la misma.</p>										
Responsable: Valentina Tamayo, Carolina Ramírez.										
Cargo: _____ Area: _____										
DIMENSIÓN		Según los siguientes enunciados marque cuál es el que más lo representa			1	2	3	4	5	
AUTONOMIA: Es el grado de libertad que tiene el colaborador para el desempeño de sus funciones, implica la capacidad que tiene para actuar eficiente y proactivamente, idear e implementar soluciones a nuevas oportunidades y/o retos con decisión e independencia sobre la existencia de un procedimiento estipulado o mando para ello. Procesos, procedimientos y funciones definidas dentro de la labor.		A	Tengo un alto grado de libertad para actuar, idear e implementar soluciones a problemas y/o retos que se presentan en mis funciones sin importar si existe un procedimiento estipulado.							
		B	Cuando existe un procedimiento estipulado o delegación de mi jefe inmediato; actúo,ideo e implemento soluciones a problemas y/o reto que se presentan en mis funciones.							
		C	Consulto a mi jefe inmediato para la toma de decisiones ante la solución de un problema y/o retos que se presentan en mis funciones.							
		D	Existe cero grado de libertad para la toma de decisiones ante la solución de un problema o nuevos retos que se presentan en mis funciones.							

Figura 1. Elaboración propia. Instrumento De Medición De Clima Laboral. 2019.

		POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID EVALUACIÓN DE CLIMA ORGANIZACIONAL												
No	DIMENSIONES	Puntos establecidos												
1	AUTONOMIA													
2	COOPERACIÓN													
3	RELACIONES SOCIALES													
4	ESTRUCTURA													
5	REMUNERACIÓN													
6	RENDIMIENTO													
7	MOTIVACIÓN													
8	ESTATUS													
9	FLEXIBILIDAD													
10	DELEGACIÓN													
11	APOYO													
TOTAL DIMENSIONES		100												
DIMENSIÓN	Puntos/Evaluador								Resultado		Diferencia		Evaluación	CALIFICACIÓN POR COMPETENCIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	Puntos	%	Absoluta	Relativa		
AUTONOMIA														
COOPERACIÓN														
RELACIONES SOCIALES														
ESTRUCTURA														
REMUNERACIÓN														
RENDIMIENTO														
MOTIVACIÓN														
ESTATUS														
FLEXIBILIDAD														
DELEGACIÓN														
APOYO														
TOTAL DIMENSIONES														

NIVEL DE CALIFICACIÓN DIMENSIÓN		
ENTRE		NIVEL
0,000%	10%	NULO
10,100%	30%	MEDIANAMENTE BAJO
30,100%	50%	BAJO
50,100%	70%	MEDIO
70,100%	90%	MEDIANAMENTE ALTO
90,001%	100%	ALTO

Figura 3. Elaboración propia. Metodología de medición de clima laboral. 2019.

En la Figura 3 se observa las casillas de los puntajes para las dimensiones, además, una tabla donde se establece el puntaje de cada empleado evaluado por dimensión, para finalmente arrojar el nivel de calificación de cada dimensión y de la organización. Cada nivel de calificación significa:

Nulo: se requiere de extraordinaria atención para alcanzar el nivel alto deseado. La información obtenida no es acorde a las necesidades y requerimientos de la organización. El evaluado carece de conformidad.

Medianamente bajo: se requiere de atención rápida para alcanzar el nivel alto deseado. La información obtenida no satisface totalmente las necesidades y requerimientos de la organización. El evaluado se siente descontento con lo evaluado.

Bajo: se requiere de atención para que esta logre el nivel alto deseado. La información obtenida aun no satisface las necesidades y requerimientos de la organización. Aunque ya se tiene elementos presentes que permiten al evaluado sentirse identificado, aun está inconforme.

Medio: es necesaria alguna atención para alcanzar el nivel alto deseado. La información obtenida es aceptable acorde a los requerimientos de la organización. El evaluado se siente medianamente satisfecho.

Medianamente alto: se necesitan escasa atención para llegar al nivel alto deseado. La información obtenida es buena acorde a los requerimientos de la organización. El evaluado se siente satisfecho.

Alto: demuestra excelencia en la información obtenida acorde a los requerimientos de la organización. El evaluado se siente motivado y totalmente satisfecho.

• **Metodología de aplicación:**

Se estipularon pasos a seguir, para que las organizaciones aplicaran la metodología de medición de clima laboral. Estos son:

1. Enseñar la metodología a la organización.

2. La organización al tener conocimiento de la metodología, selecciona las dimensiones que desee evaluar en la misma y las pondera.
3. Ajustar la metodología según los requerimientos de la organización.
4. Realizar capacitación a los colaboradores en donde se explique que se va a evaluar, lo que encontrarán en el instrumento y la manera correcta de abordarlo.
5. Aplicar el instrumento para la medición de clima laboral.
6. Tabular los datos obtenidos en el instrumento.
7. Analizar los resultados obtenidos.
8. Diseñar informe para la organización dando cuenta de los hallazgos en el análisis del instrumento aplicado.
9. Presentar el informe a la organización.
10. Diseñar plan de mantenimiento y mejora del clima laboral conforme a los resultados obtenidos.
11. Presentar plan a la organización.

Discusión de resultados:

En este proyecto fue crucial asimilar la importancia de la metodología de medición de clima laboral en las organizaciones, porque como lo expresan Brancato y Juri (2011), hay muchas empresas que fijan objetivos financieros, pero no tienen en cuenta el desarrollo de políticas para su personal y es precisamente lo que logró la metodología diseñada, establecer el nivel en el que se encuentran las organizaciones en su clima laboral e implementar planes de mejora y mantenimiento.

Pérez (s.f) plantea:

En la actualidad el clima organizacional es un tema de gran importancia para las organizaciones que encaminan su gestión en el continuo mejoramiento del ambiente de trabajo, por ello se considera que es un factor clave en el desarrollo de las instituciones. (p.1)

A lo largo de la investigación se interiorizó sobre lo fundamental que es la temática de clima laboral para las Pymes que emplean la evaluación y búsqueda constante de estrategias de mejora y los beneficios para estas.

Correa (2018), afirma que el factor de mayor influencia en los resultados negativos del clima laboral son la motivación y falta de reconocimiento de la empresa

por los directivos y jefes, hacia los empleados. Y es principalmente lo que permite mostrar la metodología diseñada, los factores que intervienen directamente entre el empleado y la organización, y como estos fluctúan acorde a las situaciones que los implican.

Consecuente con la estructura de la metodología diseñada, Ramírez y Terán (2018), establecen que el instrumento para recolectar información es muy necesario para evaluar la realidad del clima organizacional y para encontrar soluciones que conduzcan a alcanzar un ambiente laboral gratificante. El instrumento diseñado permite corroborar lo expuesto por estos autores, posibilita que los resultados brinden guías para encontrar causas y efectos de las dimensiones y establecer planes de mantenimiento y mejora. Coherente además con lo que afirman Gómez y Gonzales (s.f.), manifiestan que al realizar un diagnóstico de clima laboral, se puede efectuar planes que reduzcan o mejoren los indicadores analizados, adecuándose a las necesidades requeridas.

En el estudio de clima organizacional, realizado por Guerra (2015), concluyó en su análisis a una empresa, que la motivación y los incentivos no económicos para los trabajadores es de vital importancia. Gracias a la metodología de medición diseñada, se observó que mediante el estudio de los resultados que arroje, permite identificar en que dimensiones es necesaria la aplicabilidad de factores como los incentivos para aumento de satisfacción.

Por otro lado, Vargas y Ríos (s.f.), habla en su modelo, sobre las acciones que son causa y luego se convierten en efecto en el clima laboral, entrelazándose así con lo que se consiguió en la metodología diseñada, ya que se incluyó un plan de mantenimiento y mejora que permite identificar estas causas y efectos de las situaciones que presentan los empleados según las dimensiones evaluadas.

El modelo estudiado por Niño, Rodríguez y Cárdenas (2011), propone una metodología mediante la cual integra al trabajador con la organización, a través de un proceso dinámico y sistémico. Uno de los puntos positivos encontrados al diseñar la metodología de medición de clima laboral fue la posibilidad de incorporar el instrumento con la parametrización en Excel, para que el sistema analizara directamente las respuestas del evaluado y las sincronizara con el nivel en el que se encontraba la dimensión.

En la investigación que realizó Sanunga (2017) se identificó las dimensiones del desempeño laboral y la influencia que mantiene con ellas, similar a la metodología diseñada, ya que los resultados que arroja, posibilita observar el comportamiento de las dimensiones y como las domina el evaluado, permitiendo establecer niveles acordes.

Adicionalmente, diseñada y estructurada la metodología, se aplicó a manera de prueba en el Semillero de Desarrollo Humano Y Organizacional, para observar su funcionamiento. Analizando su ejecución y los resultados. Uno de los principales errores metodológicos encontrados fue la falta de herramientas tecnológicas para la sistematización, ya que se vio necesario implementarlo en software que lo ejecute más rápido, tanto para comodidad de los empleados a la hora de abordar el instrumento, como para los evaluadores en el momento de realizar análisis.

Otro error importante encontrado, fue en la estructura de las preguntas elaboradas para el instrumento, porque se implementaron las mismas preguntas para todas las áreas de las organizaciones, sin hacer distinción en ellas, lo que provoca para implementaciones futuras, un desenfoco al momento de responder la información del instrumento, porque dichas preguntas se realizaron de manera muy genérica, coherente con la opinión de García, Hernández, Navarrete, Corichi y Sánchez (2014), señalan que son muchas las dimensiones que se presentan en diferentes modelos, por ende el instrumento de evaluación más recomendable a utilizar, es aquel que incluya la información que permita medir realmente lo que le interese identificar al investigador.

Rubio y Delgado (2012), establecen en su estudio que: “el reto actual de las compañías es encontrar innovadoras formas de motivar a sus trabajadores buscando aumentar el desempeño laboral, un reto más desafiante es hacerlo de manera efectiva con el menor costo posible.” (p.2). Uno de los factores a resaltar de la metodología diseñada es el bajo costo en su implementación, ya que se creó con la idea de ser utilizado en Pymes.

Candela (2003) establece que los resultados obtenidos en su estudio le sirvieron a la empresa a tomar medidas correctivas para el mejoramiento del clima, favoreciendo al crecimiento de la misma, siendo también un punto a favor del

proyecto realizado, porque con la aplicación de este y sus correctos análisis se pueden identificar las fortalezas y debilidades de las empresas.

Olaz (2013), establece: “la capacidad de anticipación ante posibles situaciones adversas permitirá amortiguar, la degradación del clima laboral, a través de un tratamiento preventivo.” (p.23). Acorde a esto, para implementaciones futuras del proyecto, sería importante hacer seguimiento al plan de mantenimiento y mejora, verificando con una segunda medición de clima laboral, su correcto funcionamiento y cambios en la organización.

Asimismo, puesto en marcha la metodología de medición de clima laboral, para acciones futuras, sería de gran interés examinar el comportamiento de esta, en organizaciones con un gran número de empleados para analizar la rapidez y efectividad al momento de abordarlo, de manera que no se sienta afectado al ingresar un mayor número de información, ya que en la aplicación prueba se implementó a veinte personas, lo que imposibilitó observar el funcionamiento a cantidad más amplia de evaluados.

Conclusiones:

- Se diseñó una metodología de medición de clima laboral aplicable a las Pymes, la cual permite brindar una amplia visión sobre el estado en el que se encuentra el entorno donde se desempeñan los empleados en la organización, brindando información puntual sobre el nivel de las dimensiones evaluadas, posibilitando diseñar planes de mantenimiento y mejora para el beneficio de la empresa.
- Al momento de diseñar una metodología de medición de clima laboral se debe tener en cuenta las dimensiones, por mínimas o máximas que sean, que intervienen en las organizaciones, puesto que estos componentes son los que brindan más claridad al analizar cómo se encuentran las empresas en su clima laboral.
- La metodología de medición de clima laboral obliga a las organizaciones a reflexionar sobre el comportamiento de sus empleados y tomar acciones de mantenimiento y mejora, además de preventivas, frente a las diversas variaciones que puede presentar el clima laboral acorde al estado cambiante de las dimensiones en las organizaciones.

Agradecimientos:

Se agradece los que participaron de buena fe en este proyecto, con su apoyo y conocimientos. Al docente Victhor Manuel Caicedo que estuvo al pendiente de la investigación y al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid por brindar el espacio de investigación para el desarrollo personal e intelectual.

Referencias:

Abadía, A., Trujillo, M. (2017). Plan de intervención de clima organizacional 2017-2018. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – INVIMA. Recuperado de <https://www.invima.gov.co/documents/20143/522909/Plan+de+intervenci%C3%B3n+de+Clima+Organizacional.pdf/b917cdb9-fob4-bae4-bada-3cf29c8a3758>

Aguilar, J. (2017). LA GESTIÓN DE TALENTO HUMANO, ELEMENTO CLAVE EN EL DESEMPEÑO DEL PERSONAL EN LA EMPRESA. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17506/AguilarSimijacaJennyCarolina2018.pdf?sequence=1>

Alcántar, V. M., Maldonado, S., & Arcos, J., (2012). Medición de clima laboral requerido para asegurar la efectividad del sistema de gestión de calidad. Revista Internacional de Administración y Finanzas, 5(3), 55-68.

Asef, J., Gonzales, E. (2017). El clima organizacional y su correlación con la calidad en el servicio en una institución de educación de nivel medio superior. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo versión On-line ISSN 2007-7467. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672017000200582

Atalaya, M. (1999). SATISFACCIÓN LABORAL Y PRODUCTIVIDAD. Revista de Psicología – Año III N° 5 septiembre. Recuperado de <https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/03/12/satisfaccion-laboral-y-productividad/>

Brancato, B., Juri, F. (2011). “¿PUEDE INFLUIR EL CLIMA LABORAL EN LA PRODUCTIVIDAD?”. Recuperado de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4936/brancato-puedeinfluirclimallaboralenlaproductividad.pdf

Brunet, L. (2011) El Clima de Trabajo en las Organizaciones. México. Editorial Trillas.

Candela, A. (2003). ESTUDIO DE CLIMA ORGANIZACIONAL BASADO EN EL MODELO FUNCIONAMIENTO DE ORGANIZACIONES: OCTÓGONO. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1214/ING_400.pdf?sequence=1

Castellanos, J., Ochoa, H. (2012). ¿QUÉ VARIABLES DEL CLIMA ORGANIZACIONAL TIENEN MAYOR IMPACTO EN LOS RESULTADOS DE UNA COMPAÑÍA?. Recuperado de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1656/T228.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Céspedes, J. (s.f). Plan de Mejoramiento: elementos básicos para su diseño. Recuperado de <https://www.uned.ac.cr/academica/images/igesca/materiales/materiales1.pdf>

Chavarria, B., Vargas, P. (s.f). UNA HERRAMIENTA PARA MEDIR CLIMA ORGANIZACIONAL: CUESTIONARIO DE LITWIN Y STRINGER. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/6158/000378306.pdf>

Chiavenato, I. (1994). Administración de los recursos humanos. Bogotá. Editorial: Mc Graw

Correa, M. (2018). PLAN DE ACCION PARA MEJORAR EL CLIMA ORGANIZACIONAL EN LA CONSTRUCTORA JR S.A.S EN LA CIUDAD DE CUCUTA NORTE DE SANTANDER. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11780/PLAN%20DE%20ACCION%20PARA%20MEJORAR%20EL%20CLIMA%20ORGANIZACIONAL%20EN%20LA%20%20CONSTRUCTORA%20JR%20S.A.S%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CUCUTA%20NORTE%20DE%20SANTANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galicia, S., García, F., Hernández, C. (s.f). La importancia del clima organizacional, en la productividad de las empresas. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tepeji/n8/a9.html>

García, R., Hernández, J., Navarrete, M., Corichi, A., Sánchez, G. (2014). Elementos de los modelos determinantes del clima organizacional. European Scientific Journal 10 (28), 1857- 7431.

Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. Studies in Science Education, 47(2), 183-210.

Goktan, A. (2005). The role of strategy in the innovation process: a stage approach. Recuperado de <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc4877/>

Gómez, R., Gonzales, A. (s.f) “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA CONTINUA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAS KAIZEN”. Recuperado de https://www.usmp.edu.pe/PFII/pdf/20132_1.pdf

Goncalves, A. (2000). Fundamentos del clima organizacional. El clima organizacional. Que es y cómo analizarlo. Recuperado de <http://www.geocities.ws/janethqr/liderazgo/130.html>

Guerra, V. (2015). "ANÁLISIS DEL CLIMA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA REPRESENTACIONES CEM, UBICADA EN CHIQUIMULA, CHIQUIMULA" TESIS DE GRADO. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/01/01/Chacon-Vivian.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Quinta Edición. Editorial Mc Graw Hill.

Luevano, C., Alberto, J. (2017). MEDICION DEL CLIMA LABORAL PARA IMF'S. Recuperado de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/5116/511653854004/511653854004.pdf>

Narváez, S., Arrieta, Y. (2015). ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETERMINANTES DEL CLIMA ORGANIZACIONAL APLICANDO EL MODELO DE LITWIN Y STINGER EN DOS SUCURSALES DE DAVIVIENDA EN CARTAGENA DURANTE 2014. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/3314/1/1.%20Tesis%20clima%20org%20Litwin-Stinger%20%281%29.pdf>

Niño, L., Rodríguez, Y., Cárdenas, M. (2011). Modelo de intervención en clima organizacional. International Journal of Psychological Research, 2009. Vo. 2. No. 2.

Noboa, A. (s.f) Especificidades del clima organizacional en las instituciones de salud. Recuperado de <http://www.unorte.edu.uy/sites/default/files/Clima%20organizacional%20en%20las%20instituciones%20de%20salud.pdf>

Olaz, A. (2003). EL CLIMA LABORAL EN CUESTIÓN. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICO-DESCRIPTIVA Y APROXIMACIÓN A UN MODELO EXPLICATIVO MULTIVARIABLE. Aposta. Revista de Ciencias Sociales. E-ISSN: 1696-7348. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4959/495950252002.pdf>

Ortiz, Y., Caballero, V. (2016). Medición Del Clima Organizacional en la Universidad de Santander UDES, de la ciudad de Valledupar. Recuperado de <https://repositorio.cecar.edu.co/jspui/bitstream/123456789/279/1/MEDICI%C3%93N%20DEL%20CLIMA%20ORGANIZACIONAL.pdf>

Peña, M., Díaz, M., & Carrillo, A. (2013). Relación de Factores en la Satisfacción Laboral de los Trabajadores de una Pequeña Empresa de la Industria Metal – Mecánica. Revista Internacional de Administración & Finanzas. N° 6(3), p.115-128.

Pérez, A. (s.f). Clima organizacional en la gestión del cambio para el desarrollo de la organización. Escuela Nacional de Salud Pública. La Habana, Cuba. Recuperado de https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0864-34662013000200017&script=sci_arttext&tlng=pt

Pope, S., Stremmel, A. J. (1992). Organizational climate and job satisfaction among child care workers. Child Youth Care Forum, 21(1), 39-52.

Ramírez, D., Terán, M. (2018). ANÁLISIS DEL CLIMA LABORAL DE LOS EMPLEADOS DE LA DIAN IPIALES. UNIVERSIDAD DE NARIÑO- JORGE TADEO

LOZANO. Recuperado de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/5609/PROYECTO%20AN%C3%81LISIS%20DEL%20CLIMA%20LABORAL%20DE%20LOS%20EMPLEADOS%20DE%20LA%20DIAN%20IPIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos, K., Vilorio, J. (2011). CLIMA ORGANIZACIONAL CON RELACION A LA MOTIVACION Y LA CALIDAD DE VIDA LABORAL EN LOS EMPLEADOS DE LA E.S.E. HOSPITAL LOCAL ARJONA. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/1410/1/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Clima%20Organizacional%20con%20relacion%20a%20la%20Motivacion%20y%20Calidad%20de%20Vida%20en%20los%20trabajadores%20de%20la%20ESE%20Hos~1.pdf>

Robbins, S. (1998). Fundamentos del comportamiento organizacional. Quinta Edición. San Diego. Editorial PEARSON.

Romero, P., Silva, P. (2014). DESARROLLO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR EL CLIMA ORGANIZACIONAL. Recuperado de <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/995/Desarrollo%20de%20un%20plan%20de%20accion%20para%20mejorar%20el%20clima%20organizacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rubio, P., Delgado, N. (2012). ESTUDIO DEL IMPACTO EN EL CLIMA LABORAL DE LAS EMPRESAS PRIVADAS POR LA IMPLEMENTACION DE LA COOPERATIVAS CERRADAS EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3632/1/UPS-GT000323.pdf>

Salgado, J. F. (1996). Clima Organizacional y Satisfacción Laboral en una PYME. Revista Psicothema, 8(2), 329-335. Recuperado de <http://www.psicothema.com/psicothema.asp?id=31>

Sanunga, H. (2017). Modelo de clima organizacional y su relación con el desempeño laboral en las PYMES hoteleras de Riobamba. Tesis. Recuperado de

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6880/Pacheco_sh.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Tito, P. (2003). El Trabajador es el Recurso más valioso de que dispone las empresas. Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas, UNMSM. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/administracion/N12_2003/a03.pdf

Trillos, C. (2011). Diagnóstico de clima organizacional y de su relación con el servicio al cliente del Club del Comercio de Bogotá por la introducción de una tecnología para el sistema de información. Estudio de caso. Recuperado de <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/2533/TrillosRozo-CarlosEnrique-2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas, S., Ríos, C. (s.f). MODELO PARA MOTIVAR, LIDERAR Y MEJORAR EL CLIMA LABORAL EN UNA ORGANIZACIÓN. Recuperado de <https://acofipapers.org/index.php/eiei2015/2015/paper/viewFile/1387/493>

PALABRAS CLAVES

SUBSIDENCIA,
ELEMENTOS FINITOS,
TÚNELES, SECCIÓN DE TÚNEL

CAPÍTULO 12

ESTUDIO DE LOS ASENTAMIENTOS EN SUPERFICIE PARA LA SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA ÓPTIMA DE UN TÚNEL

Rivera Pardo Sebastián, Quintana Páez Nicolás

Universidad Santo Tomas

Colombia

Sobre los autores:



Sebastián Rivera Pardo: Ingeniero civil de la Universidad Santo Tomas Colombia y Master en ciencias de la tierra de la Universidad de Salamanca España. Docente de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomas Bogotá con más de cinco años de experiencia en el sector de la investigación y publicación de artículos en el área de geotecnia, enfocándose en túneles y estabilización de taludes en roca y suelos. De igual forma ingeniero consultor, interventor y diseñador en el área de suelos, taludes y túneles.

Correspondencia: sebastianrivera@usantotomas.edu.co
sebastianriverapardo@gmail.com

Nicolás Quintana Páez: Estudiante de maestría en ingeniería Civil con énfasis en geotecnia en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Ingeniero Civil de



la Universidad Santo Tomas, con experiencia como auxiliar de investigación.

Correspondencia: nicolasquintana@usantotomas.edu.co
nicoquinpa09@gmail.com

Resumen:

El presente artículo se enfoca en el estudio de los desplazamientos verticales generados en la superficie a causa de la realización de excavaciones para la construcción de túneles, caso de estudio estratigrafía correspondiente a la primera línea del metro de Bogotá localizada en la zona sur occidental de la ciudad, tramos 1 y 2. Todo esto con el objetivo de identificar la sección y geometría adecuada que mitigue al máximo las deformaciones causadas por el fenómeno denominado subsidencia. Para la investigación se realizó una serie de simulaciones aplicando el método de elementos finitos (FEM) buscando identificar la relación entre diferentes variables analizadas en la discretización del problema, con el fin de identificar el comportamiento del suelo con base en el criterio de falla de Mohr Coulomb, estudiando la relación esfuerzo deformación. Para ello se ha utilizado el software RS2 variando diferentes condiciones de frontera y parámetros de análisis como la forma y el tipo de estructura del túnel. Con base en el estudio realizado se identificó que la sección óptima para la construcción del túnel es en forma de herradura o D, ya que está presenta los menores desplazamientos verticales en superficie reduciendo los daños en las estructuras aledañas a la excavación.

Palabras clave: Subsidencia, Elementos finitos, Túneles, Sección de túnel

Study of surface settlements for the selection of the optimal geometry of a tunnel.

Abstract:

This article focuses on the study of vertical displacements generated on the surface due to the excavation for the construction of tunnels. Case of study is the stratigraphy corresponding to the first line of the Bogotá metro located in the southwestern area of the city, sections 1 and 2. All this with the objective of identifying the

appropriate section and geometry that mitigates to the maximum the deformations caused by the phenomenon called subsidence. For the investigation, a series of simulations was carried out applying the finite element method (FEM) seeking to identify the relationship between different variables analyzed in the discretization of the problem in order to identify the behavior of the soil based on the Mohr failure criterion Coulomb, studying the strain – strength relationship. RS2 software has been used for this by varying different boundary conditions and analysis parameters such as the shape and type of tunnel structure. Based on the study carried out, it was identified that the optimal section for the construction of the tunnel is in the shape of a horseshoe or D, because it is the smallest vertical displacements on the surface, reducing damage to the structures adjacent to the excavation.

Key words: Subsidence, FEM, Tunnels, Tunnel section.

1. Introducción:

Actualmente la ciudad de Bogotá cuenta con diferentes medios de transporte, ya sean esto de tipo particular o público, mediante los cuales se pueden transportar un alto número de usuarios a lo largo y ancho de la ciudad capital. Hoy en día, estos sistemas, principalmente los de carácter público no brindan un servicio óptimo debido a la alta demanda frente a la poca oferta que se viene presentando en los últimos años, por tal motivo se requiere la construcción de un sistema alternativo de transporte el cual para este caso , será el metro. (LOPEZ TUNJO & GOMEZ COLMENARES, 2014).

Durante la construcción de una mega obra de ingeniería como es el caso de un túnel subterráneo , deben tener en cuenta diferentes factores durante la ejecución del proyecto, esto con el fin de determinar que variables pueden afectar su estabilidad de la estructura y como puede ser el comportamiento de los suelos que se encuentran en superficie al momento de realizar las perforaciones con las cuales se ejecutará este planteamiento. Uno de los fenómenos que se pueden analizar en estos casos es la subsidencia, la cual consiste en los desplazamientos verticales y horizontales en superficie de los suelos que constituyen el terreno en el cual se va a realizar la perforación, producto del desplazamiento de material y su variación de volumen al momento de ser retirado. (C.Torres & C.Zambrano, 2012)

Para poder determinar cómo será el comportamiento de estos suelos con respecto a las posibles deformaciones que se pueden llegar a presentar durante la construcción de un túnel subterráneo, se realizará un perfil estratigráfico definido a través de una exhaustiva recopilación de datos relacionados a perforaciones realizadas en la zona de estudio, los cuales posteriormente serán analizados estadísticamente con el fin de establecer los parámetros de diseño que se utilizarán en un programa de elementos finitos por medio de un modelo constitutivo. Un modelo constitutivo tal como lo expresa (González, Herrera, Iglesias, & López., 2013) es una variación de expresiones matemáticas, las cuales para nuestro caso indica como es el comportamiento en cuanto a esfuerzo vs deformación para los suelos estudiados, para ser más exactos en dichos modelos solamente deben utilizarse con los parámetros que fueron diseñados (Desai, 2005).

Los modelos constitutivos se clasifican en 2 grupos: los empíricos y los analíticos, según (Hurtado, 2006), un modelo empírico se desarrolla con base en el análisis apropiado de datos, ya sean de entrada o de salida, con el fin de detectar un comportamiento del material bajo cargas específicas; mientras que un modelo analítico se basa en aplicar leyes que describen el comportamiento del esfuerzo vs deformación del material. Para el desarrollo de este proyecto utilizaremos uno de los modelos elastoplásticos más conocidos, el método Mohr-Coulomb, el cual consiste en un sistema que permite analizar el comportamiento de suelos finos y tiene dos elementos de estudio en particular, los cuales son la elasticidad perfecta y la plasticidad del material (Nieto Leal, Camacho Tauta, & Ruiz Blanco, 2009)

Para este caso, el estudio se realizó sobre materiales arenosos con un alto contenido de finos medianamente densos, además de arcillas y limos moderadamente firmes, los cuales se encuentran en gran abundancia en la ciudad de Bogotá, para este proyecto tendremos en cuenta los suelos que contengan arenas las cuales son partículas provenientes de la meteorización de rocas hasta el punto de llegar a tener un diámetro entre 2 mm y 0.05 mm cada partícula, además de esto se caracterizan por tener una cohesión nula o muy cercana al cero (Villalaz, 2004).

Con base en lo dicho por (Angelone S. , 2007) las arcillas son materiales muy finos formado por partículas, cuyo tamaño no superan las 4 micras de longitud, y su principal componente son los silicatos de aluminio. Una de las principales características de las arcillas es la capacidad de sufrir grandes variaciones de volumen al momento de estar en contacto con el agua, lo que las convierte en un material

indeseado o poco recomendado al momento de realizar construcciones de obras civiles; dependiendo de la composición y las características como material que tenga la arcilla, esta puede ser clasificada en tres tipos.

La caolinita es un material que presenta fuertes enlaces de hidrógeno lo cual no permite el ingreso de agua dentro del mismo; esto también se debe a la baja absorción de líquidos lo que resulta en una baja sensibilidad a la retracción o expansión de este tipo de arcilla (Usuga-Manco, López Valdivieso, & Bustamante-Rúa, 2015), por otra parte la illita es un material que presenta fuertes enlaces iónicos de átomos de potasio y al igual que la caolinita no permite el ingreso de agua dentro del mismo lo que también hace que este tipo de arcilla presente baja sensibilidad a la retracción o expansión (Angelone S. , 2014) y por último la motmorillonita que a diferencia de la Caolinita y la Illita, este tipo de arcilla tiene enlaces débiles entre sus iones lo que genera que el material presente una capacidad alta de absorción de agua y a su vez una alta sensibilidad a la retracción y expansión (Cuéllar Burgos, Mesa Rueda, Vargas Hernández, & Perilla Perilla, 2010).

Para entender cómo es el comportamiento de los materiales utilizados en la investigación al momento de ser sometidos a diferentes esfuerzos y a su vez analizar las deformaciones que se generan en los mismos, es importante conocer las razones por las cuales se presenta el fenómeno de la subsidencia en este tipo de suelos , los hundimientos en los suelos pueden producirse por dos situaciones: las endógenas que hacen referencia a deformaciones en los suelos producidas por movimientos de placas tectónicas, posible existencia de fallas geológicas o algún otro fenómeno natural que genere movimientos violentos en un suelo, y las exógenas que se refieran a la afectación del terreno por parte de la intervención del ser humano (Barrionuevo, 2014), como por ejemplo la sobrecarga por parte de alguna estructura en los suelos donde se encuentra cimentada, la construcción de obras civiles que impliquen un gran movimiento de tierras, extracción minera y cambios de flujo del agua en el subsuelo (Ávila, 2012).

En la ciudad de Bogotá, debido a los materiales característicos de la zona, los cuales son arcillas, en su gran mayoría, provenientes de un antiguo lago, se presenta con frecuencia el fenómeno de la subsidencia, el cual según (Tomás, Herrera, Delgado, & Peña, 2009) se encuentra definido como el hundimiento progresivo de la superficie de un terreno, ya sea terrestre o marino, en donde se evidencian asentamientos en un

área determinada de un suelo. Este fenómeno se puede presentar de dos maneras, la primera por movimientos internos propios del planeta y la segunda por incidencia del hombre.

Entre las principales actividades realizadas por el hombre, causantes de fenómenos de subsidencia, se encuentra la extracción minera, la construcción de túneles y la extracción de aguas subterráneas, siendo este último uno de los temas que más afectan a la capital colombiana. “El hundimiento de Bogotá se discute desde hace unos veinte años en foros sobre geotecnia de la Sabana. En ese momento, se tenía ya evidencia de pérdidas importantes de presión del agua subterránea por efecto de su extracción en municipios al occidente de la ciudad. Además, se notaban descensos significativos del nivel del agua del suelo, lo que se conoce como nivel freático” (Ávila, 2012).

Por tal motivo es importante entender cómo se puede originar este fenómeno dependiendo del origen del mismo, en la Tabla 1 se mostraran los diferentes tipos de subsidencias que se pueden llegar a presentar.

Tipos de subsidencia

Por disolución subterránea	En sal
	En yeso
	En rocas carbonáticas
Por construcción de obras subterráneas	---
Por erosión subterránea	---
Por flujo lateral	Rocas salinas
	Arcillas
Por compactación	Carga
	Drenaje
	Vibración
	Extracción de fuidos
	Hidrocompactación
Tectónica	---

Tabla 1: Tipos de subsidencia. Modificado de (Tomás, Herrera, Delgado, & Peña, 2009)

2. Desarrollo:

Para el desarrollo de este proyecto se enfatizó en tres de los diferentes tipos de subsidencias; la primera es la subsidencia producida por la construcción de una obra subterránea, que para nuestro caso es un túnel, la segunda la subsidencia producida por carga y la tercera la subsidencia producida por la extracción de fluidos (agua), lo cual afecta directamente el nivel freático del suelo. A continuación se presentarán una serie de esquemas los cuales corresponden a cada uno de los tipos de subsidencia en las cuales nos vamos a enfatizar explicándolos en diferentes escenarios.

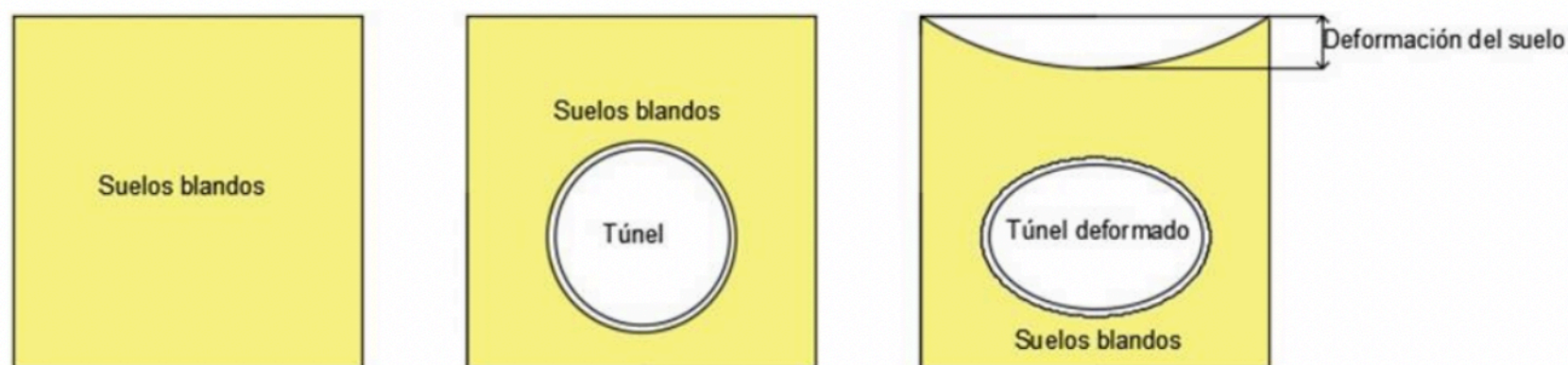


Figura 1: Deformación del suelo debido a la construcción de un túnel. Modificado de (Guerrero, 2016).

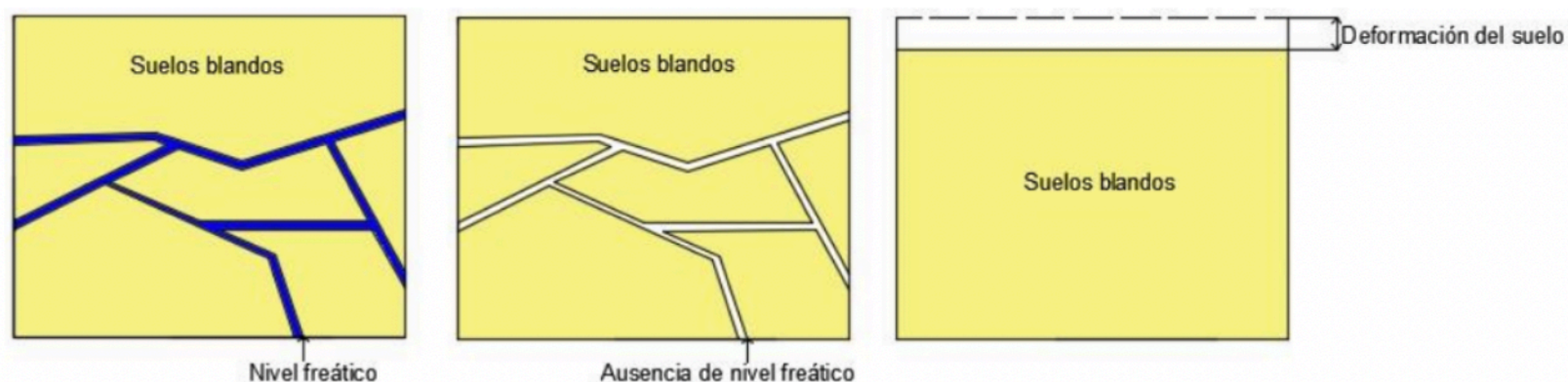


Figura 2: Deformación del suelo debido a la variación del nivel freático. Modificado de (Guerrero, 2016).

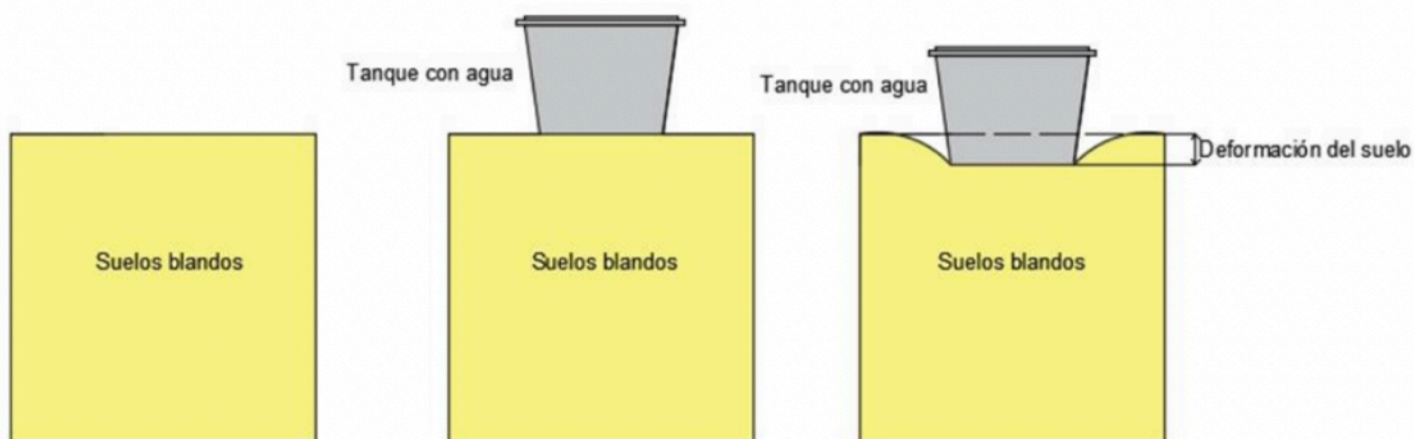


Figura 3: Deformación del suelo debido a una carga superficial. Modificado de (Guerrero, 2016).

La Figura 1 representa la deformación del suelo cuando se construye un túnel subterráneo; este fenómeno se presenta por cambio de volumen del material producto de pérdida de agua. En la Figura 2 se presenta una situación similar al caso mostrado en la figura anterior pero sin la existencia de algún tipo de construcción, es decir que el cambio de volumen del material se puede presentar por la extracción de aguas subterráneas. Por último, en la Figura 3, la deformación se presenta al recibir una carga externa en su parte superior, lo que provoca un cambio de volumen del estrato de suelo producto de la rápida pérdida de agua del material que lo compone.

El tema principal de este proyecto es el estudio de la subsidencia en los suelos propios de la ciudad de Bogotá durante la construcción de un túnel subterráneo, por tal motivo es importante conocer cómo el nivel freático y las cargas existentes sobre el suelo donde se realizará la construcción afectan las deformaciones que se pueden llegar a producir al momento de ejecutar la obra. Algunos de los métodos para determinar este tipo de deformaciones superficiales en la ciudad teniendo en cuenta el hundimiento natural del suelo sin presentarse ningún tipo de carga externa, es a través de los Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS), con base a estos sistemas el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ha podido monitorear este comportamiento en la ciudad (IGAC, 2008). Teniendo en cuenta el sistema que se mencionó anteriormente y con base a lo mencionado por (Herrera Pinzón, Martínez Días, & Téllez Pedroza, 2008) este método se complementó con la red vertical de la ciudad de Bogotá la cual se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Cambios en las alturas derivados de nivelación geométrica (IGAC, 2008)

Complementario a la red vertical mostrada en la figura anterior, cada una de las flechas ubicadas en un punto específico de la ciudad de Bogotá, determina los asentamientos que se produjeron entre los años 2003 y 2007. Esta información se encuentra detallada en la Tabla No 2, en la cual se puede identificar que existen regiones de la ciudad que pueden llegar a presentar deformaciones anuales de hasta 34.4 milímetros por año.

ID PUNTO	Diferencia 2003-2007 (mm/año)
BOGOTA-1	-18,5
BOGOTA-2	4,2
BOGOTA-3	-35,4
BOGOTA-4	-4,2
BOGOTA-5	-6,3
BOGOTA-6	-6,5
BOGOTA-7	-9,7
BOGOTA-8	-33,0
BOGOTA-9	-110,8
BOGOTA-10	-10,0
BOGOTA-11	-19,7
BOGOTA-12	-14,9
BOGOTA-13	-20,4
BOGOTA-14	-12,2
BOGOTA-15	-20,5
BOGOTA-16	3,1
BOGOTA-17	-13,1
BOGOTA-18	1,3
BOGOTA-19	28,3
BOGOTA-20	0,8

Tabla No 2. Cambios en las alturas derivados de nivelación geométrica (IGAC, 2008)

Otro estudio adicional a las demás investigaciones relacionadas con el tema de la subsidencia presente la ciudad reveló que este puede llegar a ser un problema a largo plazo. Debido a que en el desarrollo urbano de la capital del país no se está teniendo en cuenta a este fenómeno debido a que no es un acontecimiento que se presente de la noche a la mañana , pero con el paso del tiempo y a pesar que es un tema de movimiento subterráneo de suelos , estos hundimientos se pueden evidenciar claramente en la aparición de fisuras en el caso de estructuras de concreto como también se puede presentar en forma de hundimientos o resaltados en las vías (Mora, 2018). Por otro lado con respecto a la investigación realizada por (Bustamante, 2018) , Bogotá presenta hundimientos naturales en algunas de las localidades del sur occidente de la ciudad entre los que se destacan la localidad de Kennedy y la localidad de Bosa, zona en la cual se encuentra el trazado de la primera línea del metro.

Con base en lo anteriormente mencionado es necesario buscar estudios similares a los que se plantean en este documento, teniendo en cuenta que los casos más relevantes se encuentran en investigaciones realizadas en países como México, España y China.

En la ciudad de México existe un tipo de suelo muy similar al que se encuentra en la ciudad de Bogotá, por tal motivo el estudio de los asentamientos que se pueden presentar en la capital mexicana ha sido uno de los temas de investigación más importante de los últimos años, esta ciudad se encuentra construida sobre un enorme lago y el material que más predomina en su suelo es la motmorillonita, lo que indica que al momento de realizar construcciones se presentan deformaciones elevadas debido a las variaciones de volumen que presenta el material causado por la pérdida de agua (Waltham, 2014)

Por otro lado, en Europa, uno de los casos que más se puede resaltar se presentó en la ciudad de Murcia en España; el fenómeno de subsidencia se presentó en esta parte del país debido a diferentes factores como son el espesor y la resistencia de la estratigrafía que se encuentra en esta zona, además del descenso del nivel piezómetro a causa de los constantes bombeos realizados para la extracción de aguas subterráneas (Vázquez, 2001).

Otros ejemplos de la aparición de este fenómeno se pueden encontrar en el continente asiático, principalmente en China, uno de los primeros registros que se tienen del fenómeno de la subsidencia en el gigante asiático fue datado en el año 1921 en la ciudad de Shanghái, dichas deformaciones se produjeron por la alta industrialización de la zona, lo que a su vez conllevaba a una alta extracción de agua de los pozos aledaños al río principal de esta región generando deformaciones de hasta 2.6 m. (TEAM, 1973) En ciudades como Suzhou se han presentado deformaciones superficiales a causa de la extracción de agua del subsuelo, lo que genera asentamientos en las capas principales del suelo de esta región (CHEN, SHINPING, & JIAO, 2003), caso similar se presentó en la planicie de Hangzhou–Jiaxing–Huzhou en donde la subsidencia en el terreno es causada por el retiro del agua subterránea de los distintos yacimientos de esta zona (LI, TANG, & MA, 2006). Esta información fue validada con el proyecto realizado por el ingeniero Juan Carlos Garzón Rodríguez en el cual realizó un estudio titulado “Evaluación de asentamientos

por consolidación generada por descenso del nivel freático” (Garzón Rodríguez , 2011).

3. Metodología:

Para poder definir la estratigrafía con la cual se decide realizar las diferentes simulaciones de cada uno de los modelos geotécnicos, se tomó en cuenta el mapa de microzonificación sísmica mostrada en la Figura 5 , además de esto se tomaron un conjunto de datos obtenidos de (Metro Bogotá & Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016), los cuales permitieron determinar las capas del subsuelo y poder definir cada uno de los estratos que constituyen el modelo propuesto. Posteriormente fueron analizados de manera estadística a través del método de los intervalos de confianza, que consiste en el tratamiento de valores numéricos con el fin de examinar los más críticos (Bianco & Martínez , 2004), en cuanto a propiedades mecánicas se refiere, esto tiene como propósito poder estudiar los escenarios con mayor índice de deformaciones verticales que se pueden llegar a presentar durante la construcción de un túnel subterráneo en la ciudad de Bogotá.

Como resultado de los análisis mencionados anteriormente, la estratigrafía final con la cual se realizaron los modelos cuenta con 8 capas diferentes tal y como se observa en la Figura 6.

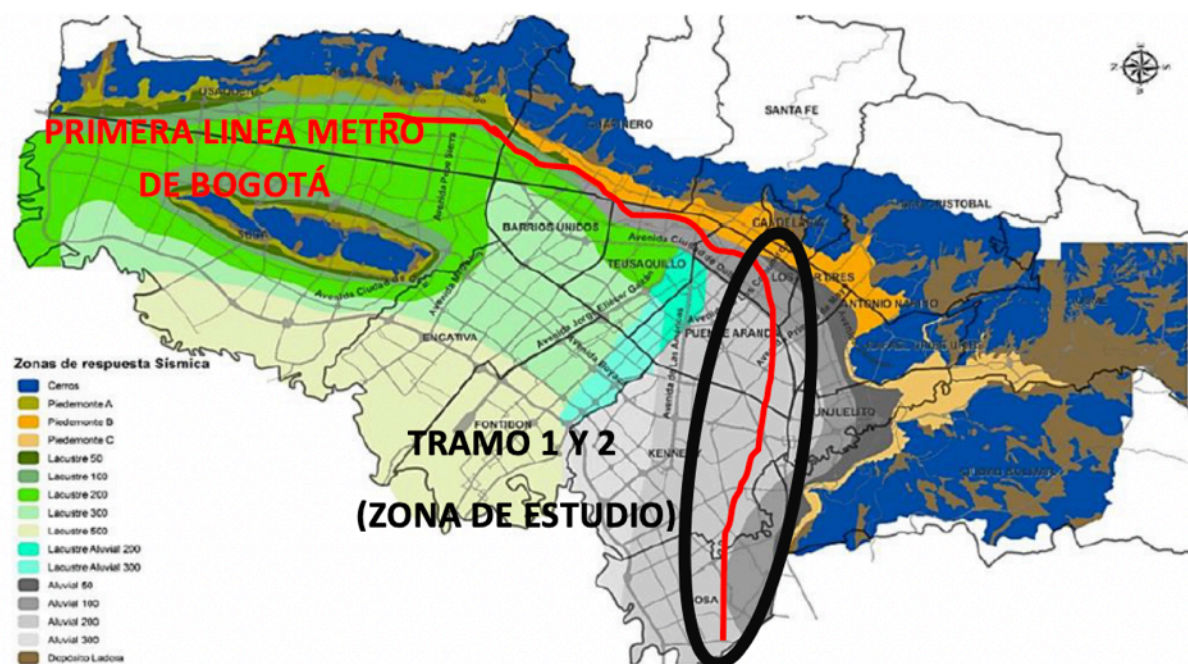


Figura 5: Zonificación de la respuesta sísmica de los suelos de la ciudad de Bogotá D.C (FOPAE, 2010).

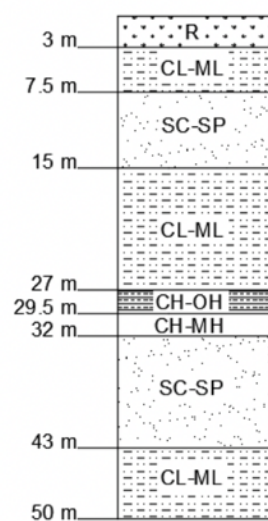


Figura 6. Estratigrafía Final

El perfil estratigráfico se encuentra constituido en sus primeros 3 metros por un relleno, principalmente presenta un alto contenido de material orgánico el cual puede ser retirado con facilidad si en algún momento se requiere, a los 7.5 metros de profundidad se encuentra un estrato con contenido de arcillas y limos moderadamente firmes y puntualmente blandos (CL-ML), estos se caracterizan por ser suelos compuestos por minerales de Sílice y Oxígeno (BUDHU, 2011), además de tener una baja plasticidad lo que indica que según los límites de Atterberg el material tiene un límite líquido inferior a 50 (Sembenelfi, 1966), a los 15 metros de profundidad se encuentran materiales como lo son las Arenas con bastantes finos desde muy flojas hasta medianamente densas (SC-SP)(SM-SP), entre las principales propiedades de estos suelos se tiene que presentan un tamaño de grano entre los 0.05 mm y los 2.00 mm, estos suelos se caracterizan por presentar una alta porosidad y por carecer de propiedades para retener gran cantidad de agua (Laverne O'Neal, 2018) , a una profundidad de 27 metros se encuentra otro estrato de Arcillas y Limos moderadamente firmes y puntualmente blandos (CL-ML), este presenta propiedades similares al estrato más superficial, entre los 27 metros y 32 metros se encuentran los dos estratos con menor espesor , para el primer caso se compone de arcillas con alto contenido de Materia Orgánica (CH-OH) y para el segundo se encuentran materiales como Arcillas y Limos moderadamente firmes y puntualmente blandos materiales de alta a media plasticidad (CH-MH) , con base en (Gaspar P., 2015) estos se comportan de tal manera que presentan una alta plasticidad, es decir que son materiales que se pueden deformar fácilmente sin quebrarse , a los 43 metros de profundidad se encuentra otro estrato de Arenas con bastantes finos desde muy flojas hasta medianamente densas (SC-SP)(SM-SP) con características similares a la que se encuentra metros más arriba, y por ultimo a los 50 metros de profundidad

encontramos otro estrato de Arcillas y Limos moderadamente firmes y puntualmente blandos (CL-ML).

Posterior a la definición del estrato final y con base en la teoría, se determina que las secciones típicas al momento de realizar la construcción de un túnel subterráneo pueden ser de 3 tipos según la forma de su sección, tal y como se muestra en la Figura 7.

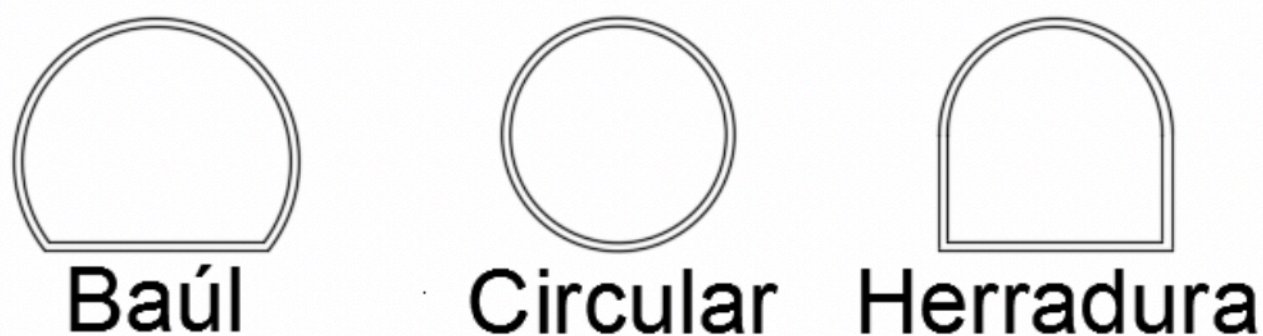


Figura 7, Geometría típica de túneles, sección transversal de la excavación (Velásquez & Mucho, 2010).

Con base al estudio realizado por Alvarado, Quintana, Suárez, Rivera & Pineda (2018), y ajustando los modelos utilizados en su investigación, se determinó que la profundidad óptima para la construcción del túnel se encuentra alrededor de los 10.5 metros de profundidad, por otra parte se analizó que el nivel freático cuyo rango para la ciudad de Bogotá varía entre los cero metros y 6 metros de profundidad (Metro Bogotá & Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016) no genera ningún tipo de afectación considerable en los modelos que se realizaron en dicho estudio, por tal motivo para los nuevos análisis a realizar se mantendrá constante a nivel cero.

Luego de obtener el perfil estratigráfico y definir cuáles son las secciones a utilizar, es necesario determinar cada una de las variables que se van a estudiar para poder realizar cada una de las modelaciones numéricas, esto con el fin de seguir paso a paso la metodología propuesta en la figura 8.

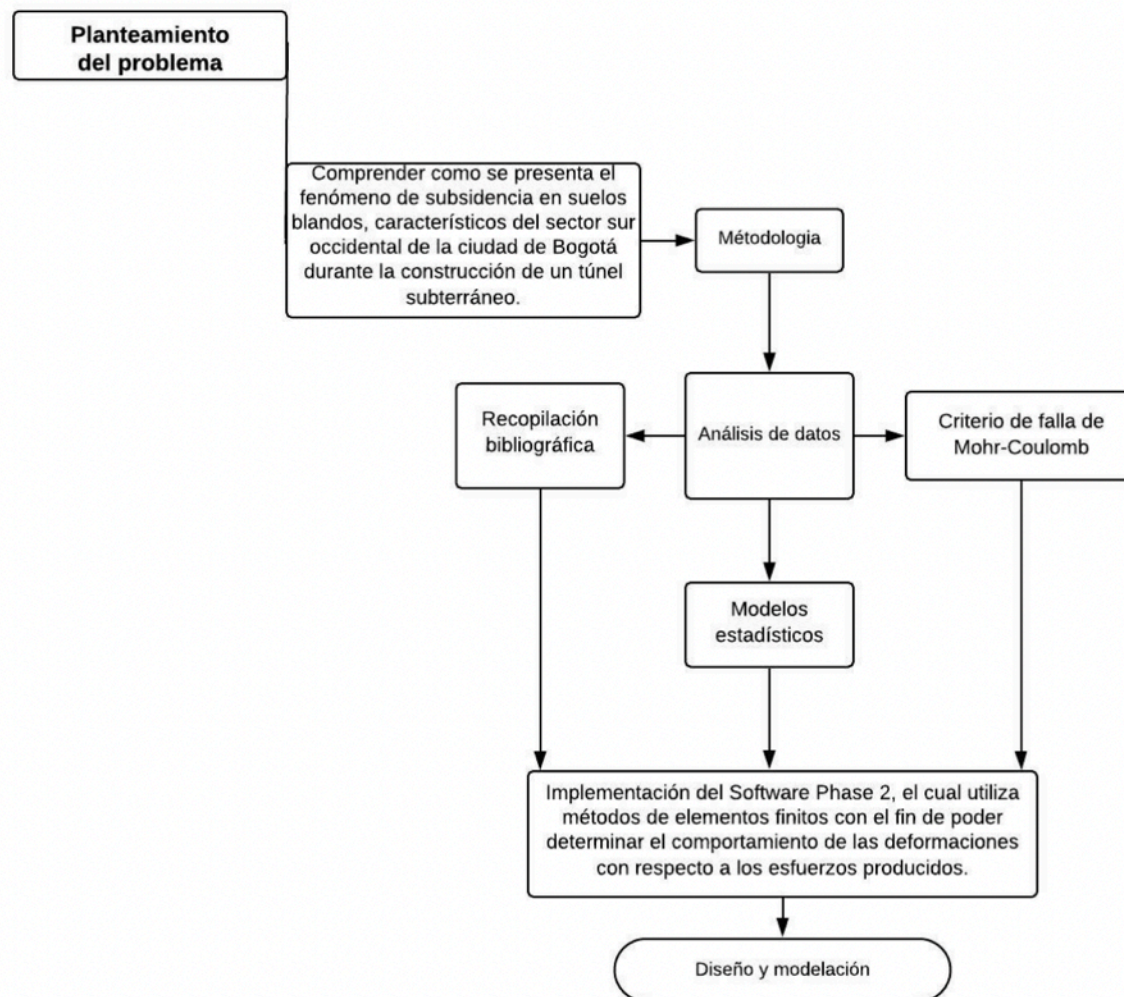


Figura No 8. Metodología propuesta

Para poder realizar los modelos matemáticos que permitan ejecutar el correcto análisis de los datos, será utilizado el software Rocscience Phase 2 (RS2, 2018), este programa se fundamenta en la iteración de variables a través de la implementación del método de elementos finitos con la intención de determinar un parámetro en específico, para este caso serán las deformaciones que se pueden llegar a producir en superficie por efecto de los esfuerzos resultantes de las excavaciones. Como se mencionó con anterioridad el modelo constitutivo a utilizar es el de Mohr-Coulomb, para este sistema es necesario conocer un conjunto de variables las cuales se encuentran explicadas en la tabla No.3

Tabla No.3

Parámetros del modelo Mohr-Coulomb planteado en (1776).

Parámetro	Nomenclatura
Relación de Poisson	ν
Módulo de Young	E
Ángulo de Fricción	ϕ
Cohesión	C

Luego de determinar cuáles son las variables que el programa necesita para poder realizar el respectivo análisis, es necesario indicar los valores de cada uno de los parámetros estudiados para cada uno de los estratos explicados anteriormente, tal y como se muestra en la Tabla No.4.

Tabla No.4

Parámetros de entrada de los suelos en el modelo Mohr Coulomb planteado en (1776).

Parámetro	Nomeclatura	Unidad	R	CL-ML	SC-SM-SP	CL-ML	CH-OH	CH-MH	SC-SM-SP	CL-ML
Peso unitario del suelo	γ_{uni}	kN/m ³	17,64	17	14,7	17	6,66	9,8	16,18	16,6
Relación de Poisson	ν	-	0,3	0,36	0,33	0,36	0,466	0,29	0,38	0,395
Módulo de Young	E	kPa	215235	119660	157000	119660	295600	123560	233530	168000
Resistencia a la tracción	Q_u	kPa	0,08	35,7	0	35,7	108,57	44,35	42,79	75
Ángulo de Fricción	ϕ	Grados	25	16	33	16	10	0,59	33,47	16,11
Cohesión	C	kPa	10,5	35	15	35	19,6	20	40	80

Con el fin de poder realizar una investigación más detallada se realizan dos tipos de modelos, en donde uno presenta un túnel simple y en el otro se muestra dos túneles en paralelo, estos serán los principales objeto de estudio y a su vez se irán variando en cada una de las simulaciones datos como lo son la forma del túnel, material de refuerzo, tamaño de sección, número de varilla, entre otros. Esta información se presenta de manera detalla en la Tabla No.5 y En la Tabla No.6

Tabla No.5

Variables de estudio para refuerzo con concreto reforzado (2019)

Factores	Nomeclatura	Unidad	Rango de variación	Intervalo de variación	No. De Variantes	Valores de cálculo
Estratigrafía	Est.	-	1	1	1	Constante
Profundidad	Z	m	1	1	1	10,5
Geometría	G	-	3	3	3	Baúl;Circular;Herradura
Nivel Freático	NF	m	1	1	1	3
Díametro	ϕ	m	1	1	1	10
Tipo de Sección	I	-	3	3	3	W 150 x 37.1; W 530 x 300 ; W 1100 x499
Resistencia del concreto	Res.	PSI	1	1	1	7000

Tabla No.6

VARIABLES DE ESTUDIO PARA REFUERZO CON JET GROUTING.

Factores	Nomeclatura	Unidad	Rango de variación	Intervalo de variación	No. De Variantes	Valores de cálculo
Estratigrafía	Est.	-	1	1	1	Constante
Profundidad	Z	m	1	1	1	10,5
Geometría	G	-	3	3	3	Baúl;Circular;Herradura
Nivel Freático	NF	m	1	1	1	3
Diametro	Ø	m	1	1	1	10
Tamaño de varilla	l	-	3	3	3	#4; #8 ; #12
Resistencia del concreto	Res.	PSI	1	1	1	3000

4. Resultados y análisis:

Tomando como base la primera línea del metro de Bogotá planteada en superficie se ha realizado el estudio de la misma a profundidad. Para ello se ha construido un perfil estratigráfico partiendo de los datos de geofísica y perforaciones realizadas por el distrito para el estudio definitivo de suelos. De acuerdo a este se identifican intercalaciones de estratos de arcillas y limos de baja plasticidad y de consistencia media a dura, al igual que estratificaciones de arenas de densidad media a muy dura. Con el fin de estudiar las secciones y formas óptimas de las excavaciones para los túneles que albergarán el metro subterráneo, se presentan los resultados de las deformaciones verticales en superficie a causa de las excavaciones, obtenidas a partir de simulaciones de elementos finitos (FEM) empleando el método de discretización continua y el modelo constitutivo Mohr Coulomb.

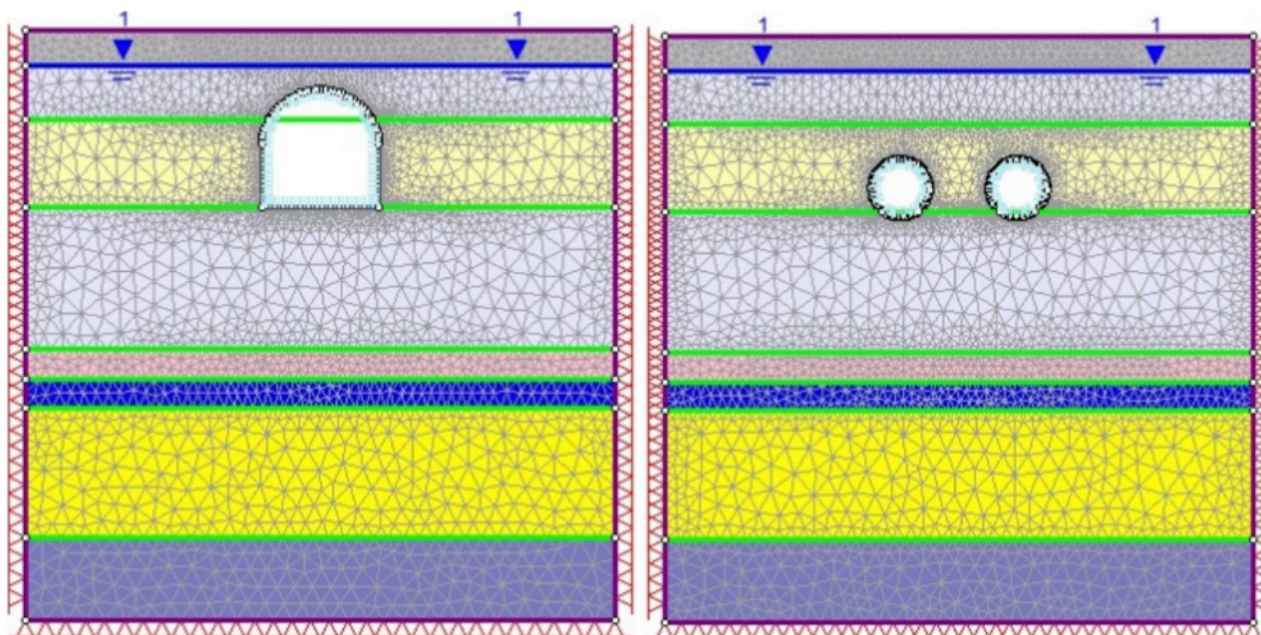


Figura 9. Modelos óptimos para simulación en RS2

Se han realizado diferentes simulaciones variando la geometría de la excavación, al igual que el material de contención del túnel. Del mismo modo se mantiene constante un diámetro de túnel de 10m y una profundidad desde la corona de 10.5m. Para esto se analizó dos tipologías de excavaciones subterráneas para metros, la primera como túnel simple, y la segunda como dos túneles paralelos (Figura 9.). De igual forma se ha aplicado una carga constante de 100KN que busca simular las condiciones reales generadas por los edificios aledaños y ubicados en la zona de aferencia de la excavación.

4.1. Recubrimiento del túnel

Luego de las primeras simulaciones se observa que entre los materiales seleccionados como lo es jet grouting de 3000psi y concreto reforzado de 7000 psi, las menores deformaciones se presentan cuando la excavación del túnel se estabiliza con concreto reforzado, oscilando alrededor de 1 a 2mm. De igual forma se analizó la sección optima obteniendo que para concreto reforzado los espesores adecuados son de 1100 x 499mm.

Por tal razón el análisis del comportamiento de las excavaciones se realizará con base en un recubrimiento en concreto reforzado de 7000psi con sección de 1100 x 499mm.

4.2. Sección individual

En el primer escenario se analizaron las tres geometrías; circular, baúl y herradura (D), identificando que el tipo baúl presenta mayores asentamientos en superficie llegando a valores pico de 7,3cm, comparado con la excavación circular con deformaciones verticales de 7cm y el tipo herradura (D) que llega a un máximo pico de deformación de 6,8cm como se puede apreciar en las Figuras 10 y 11. De igual forma las secciones circulares y en D mantienen deformaciones similares en los extremos de la excavación, pero en el centro de la misma se identifica mayores desplazamientos verticales al utilizar la geometría circular.

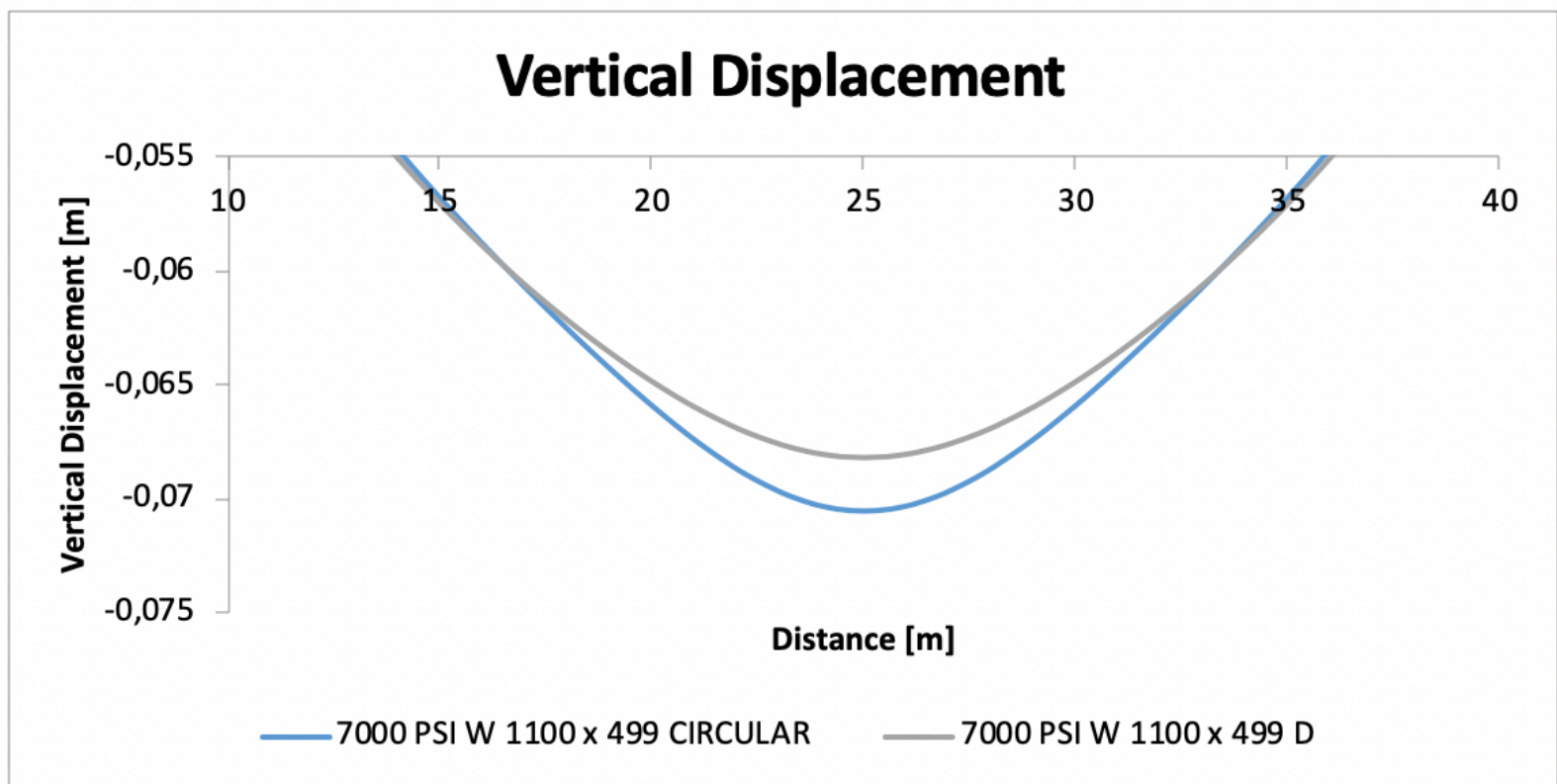


Figura 10. Deformaciones verticales en superficie túnel individual

De acuerdo a esto se observa que la geometría más adecuada para la construcción del túnel es de tipo herradura (D), ya que los asentamientos presentados en superficie serán menores.

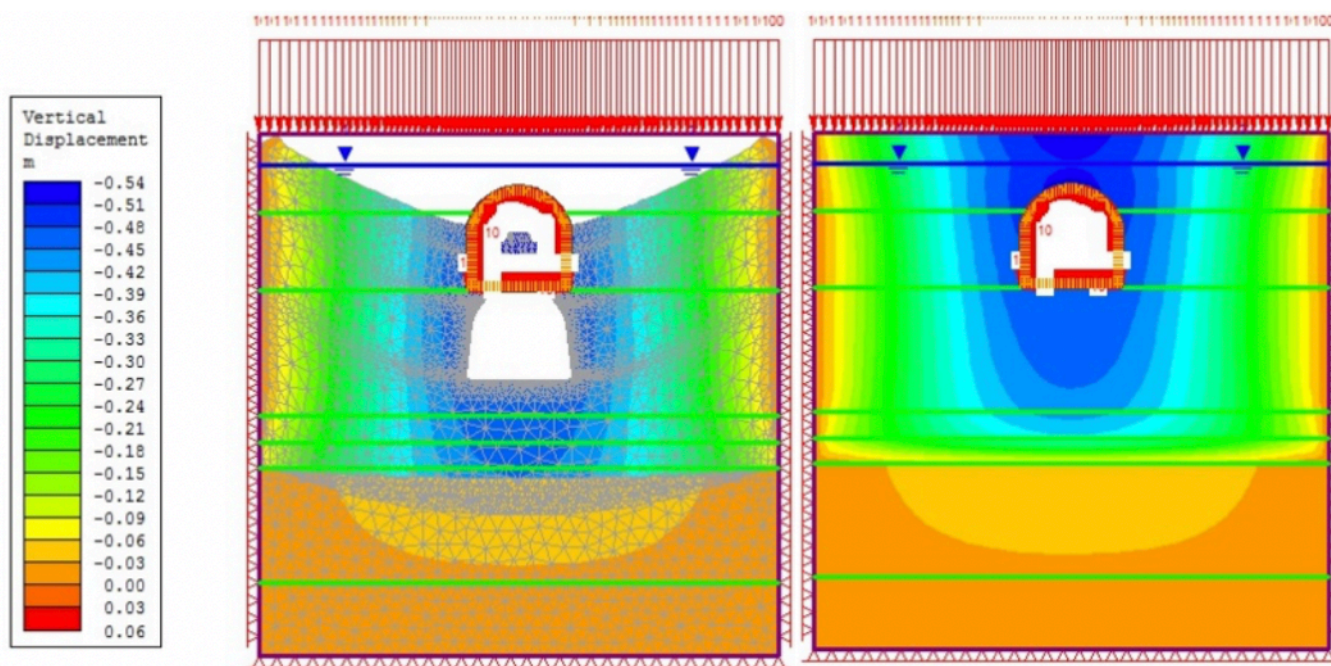


Figura 11. Deformaciones 2D y 3D túnel individual geometría herradura o D

4.3. Sección en paralelo

Después de identificar que las geometrías más adecuadas para la construcción del túnel son la circular y en herradura (D), se ha realizado el análisis de las dos en paralelo.

Las variaciones entre las dos configuraciones en términos de los desplazamientos verticales oscilan del orden de 0,01mm, obteniendo picos más altos con la geometría tipo herradura (D) llegando a valores de 6,84cm que superan los 6,79cm presentes en la geometría circular. La deformación se mantiene casi constante a través del contorno de la excavación, pero en la parte central la geometría (D) muestra picos mayores (Figura 12). En el caso de las configuraciones en paralelo las mayores deformaciones se van a presentar en el centro fuera de las excavaciones, a diferencia de las configuraciones individuales que generan mayores deformaciones en la parte central dentro de la excavación como se observa en la Figura 13.

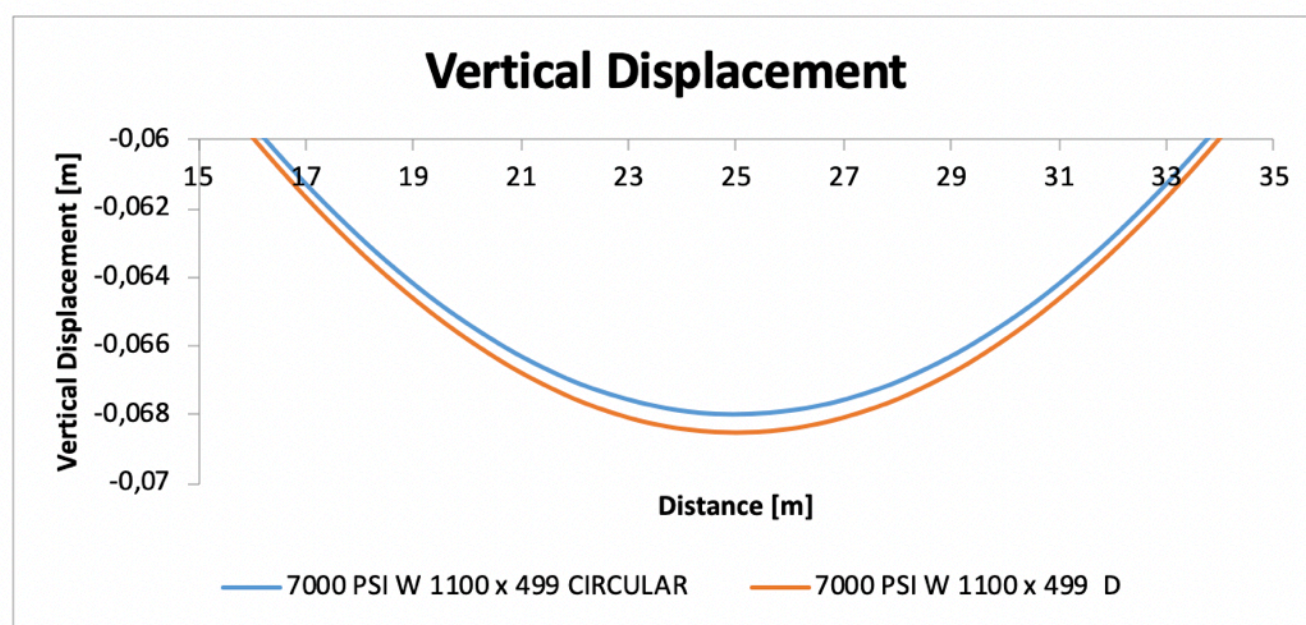


Figura 12. Deformaciones verticales en superficie túnel paralelo

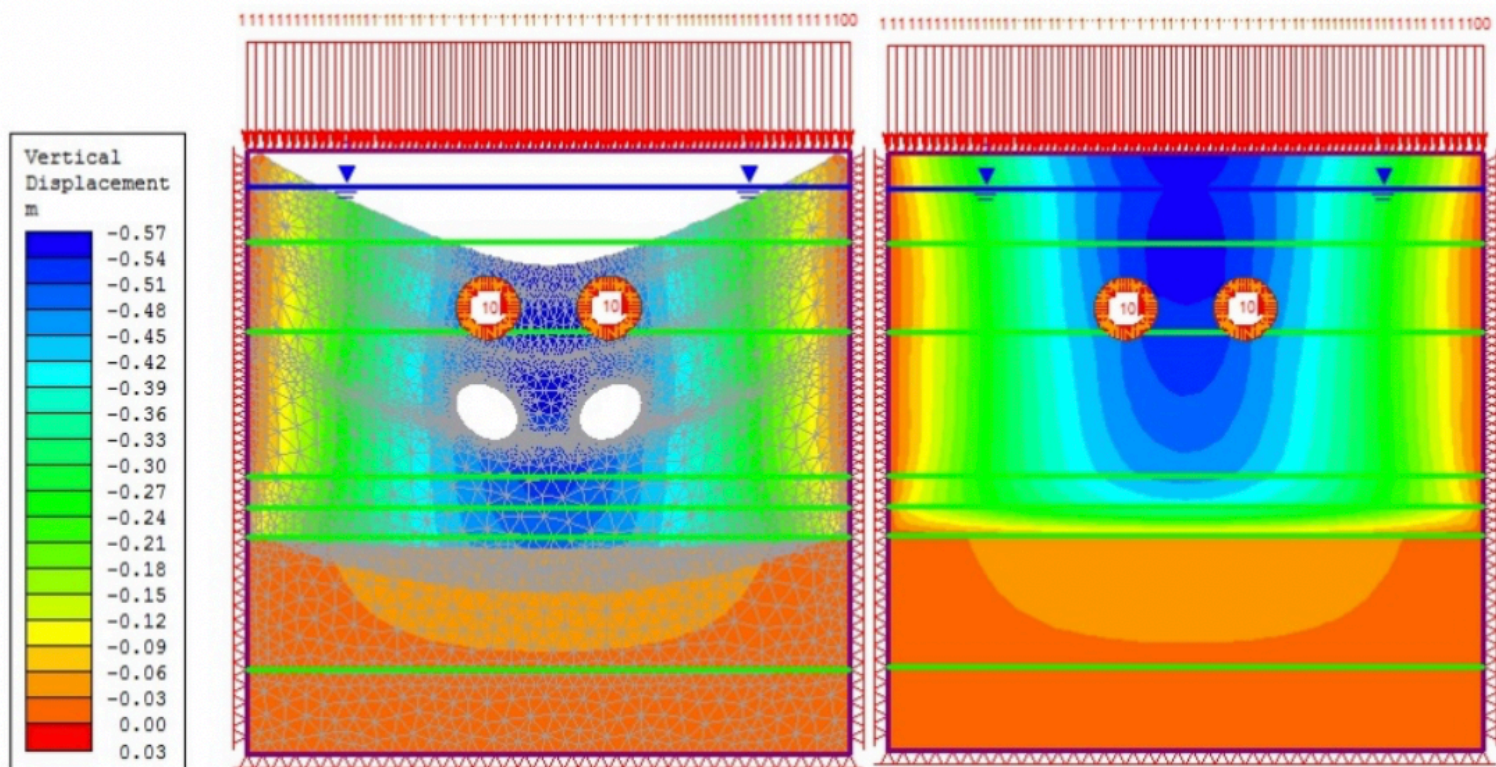


Figura 13. Deformaciones 2D y 3D túnel, paralelo geometría circular

4.4. Modelo óptimo

Luego de realizar las simulaciones variando la geometría, tipología, sección y material de recubrimiento se analizaron las dos configuraciones óptimas tanto individual como en paralelo (herradura (D) individual y circular paralelo).

Los desplazamientos verticales son levemente menores en la configuración paralela del orden de 0,01mm con valores de 6,79cm en comparación con la individual que presenta asentamientos de 6,8cm. A pesar de esto al analizar las longitudes de impacto se observa que las excavaciones en paralelo generan mayores desplazamientos horizontales y sus áreas de aferencia son mayores, impactando una mayor cantidad de estructuras ubicadas a los alrededores de la excavación como se puede observar en las Figuras 14 y 15.

En términos de desplazamientos verticales la configuración en paralelo presenta mejores condiciones y mayor confiabilidad, pero es preocupante que su área de impacto sea mayor y afecte mayor cantidad de estructuras. Por esto se identifica como geometría óptima la configuración individual en forma de herradura (D).

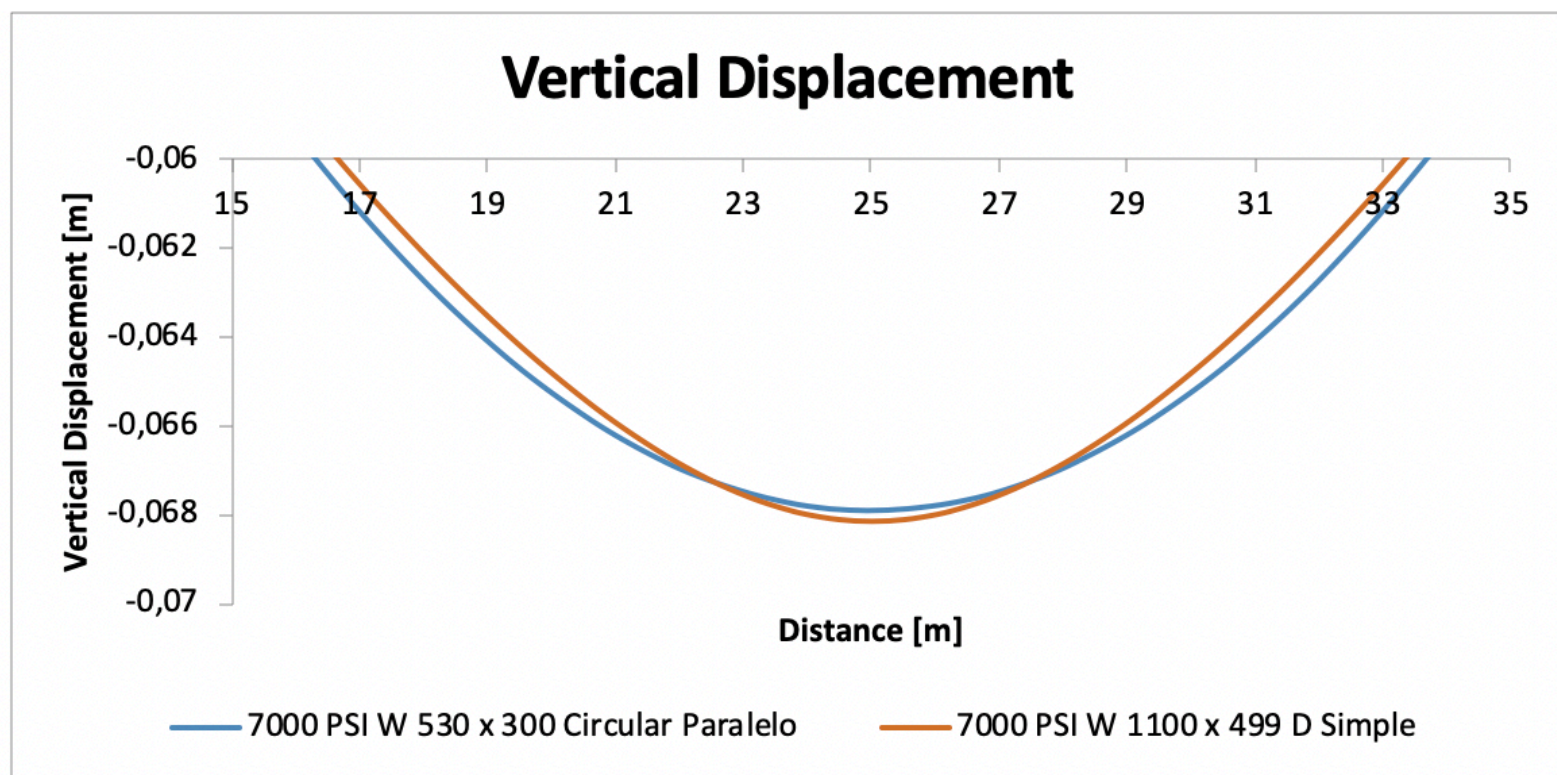


Figura 14. Deformaciones verticales en superficie configuraciones en paralelo y simple

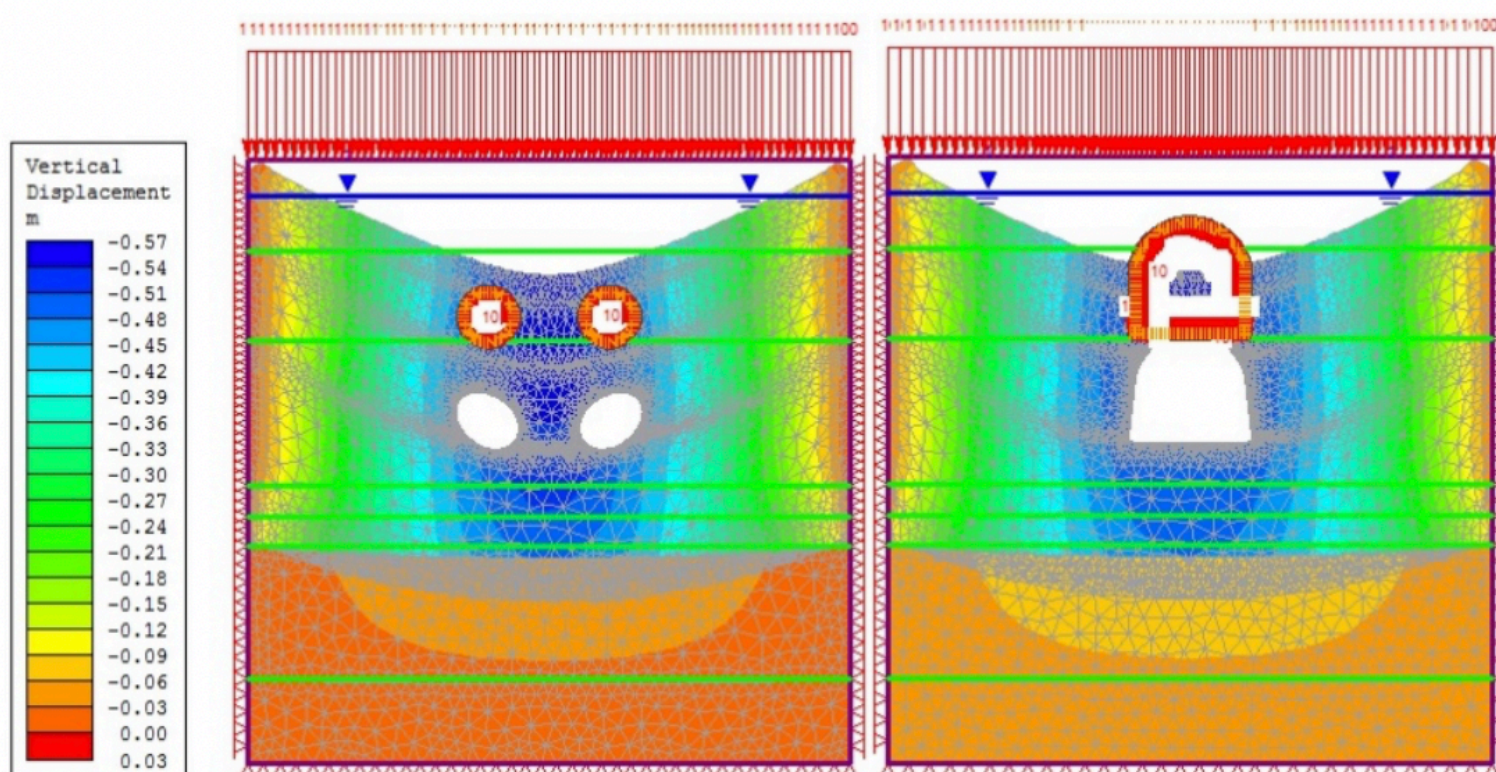


Figura 15. Deformaciones 2D y 3D túnel individual geometría herradura o D y configuración en paralelo.

5. Conclusiones:

- Luego de realizar el perfil estratigráfico de los tramos 1 y 2 correspondientes a la primera línea de Metro de Bogotá, se identificaron intercalaciones de materiales finos como arcillas y limos, con mezclas de arenas medias a finas. Estos materiales

presentan consistencias medias a duras y plasticidades bajas, por lo cual se puede concluir que sin importar que los materiales predominantes sean finos su comportamiento será estable en el contacto con el agua y la aplicación de las cargas.

- La presencia de suelos con índices de plasticidad tan bajos en los tramos 1 y 2, generan que los rangos de deformación y variación volumétrica sean pequeños. Por tal razón, se han estudiado los asentamientos máximos y totales sin estudiar las deformaciones a través del tiempo. Tema que actualmente se encuentra en estudio para los tramos 3 y 4.

- El estudio del nivel freático se ha realizado en investigaciones anteriores, identificando que los rangos de variación para la ciudad de Bogotá oscilan entre los 0 y 6m de profundidad. De acuerdo a esto y entendiendo que las profundidades de las excavaciones propuestas son de 10,5m, se ha considerado el estudio en condiciones críticas con saturaciones totales. De igual forma al estudiar las variaciones del nivel freático se observó que las deformaciones no tienen cambios importantes, por lo cual no es una variable de estudio en el presente artículo.

- Luego de analizar y modelar las diferentes configuraciones de excavaciones con dos tipos de materiales, jet grouting o concreto lanzado con una resistencia típica máxima de 3000psi y con concreto reforzado de resistencia de 7000psi, se identifica que la utilización de dovelas en concreto reforzado reduce los asentamientos en superficie y aportan mayor estabilidad al sistema. De acuerdo a esto se utilizó una sección típica entregada por el software RS2 de 1100x499mm para dovelas en concreto reforzado.

- Tras realizar un análisis del comportamiento de las deformaciones en superficie para diferentes geometrías, secciones y materiales, tomando en cuenta una configuración de excavación individual, se puede concluir que el túnel más adecuado para el caso de los tramos 1 y 2 de la primera línea de Metro de Bogotá, es de tipo herradura o D, con sección de 1100x499mm y concreto reforzado de 7000psi, presentando deformaciones en superficie totales de 6,8cm.

- A pesar que la deformación optima vertical es de 6,8cm, en términos de asentamientos superficiales para las estructuras que se apoyan sobre la excavación, son valores muy altos sumados a sus asentamientos propios por el peso de su

estructura. Sin embargo, es importante entender que las estructuras como casas, edificios, o centros comerciales identificados en la zona de estudio, estarán soportadas en el área de aferencia de la excavación en las zonas laterales en donde se identifican deformaciones del orden de 1cm o menor. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que las estructuras que estarán en el eje céntrico de cada excavación los asentamientos serán mayores.

- Si la configuración de la construcción del túnel se plantea paralela, las excavaciones circulares se consideran optimas ya que en las deformaciones verticales se encuentran valores pico de 6,79cm, sin embargo, a diferencia de las configuraciones individuales, las excavaciones en paralelo presentan mayores áreas de aferencia o afectación a las estructuras aledañas.

- Basándose en el análisis de las deformaciones verticales en superficie se concluye que la mejor configuración para la construcción del metro subterráneo en Bogotá es paralela circular, sin embargo, se presentan mayores áreas de afectación en superficie. De acuerdo a esto como conclusión final la configuración más adecuada para estas excavaciones es individual en forma de herradura o D, sin importar que su deformación vertical sea 0,01mm mayor las áreas de afectación se reducen y nos disminuye el riesgo de impacto.

- Es importante clarificar que la investigación del metro subterráneo de la ciudad de Bogotá continúa ejecutándose. Los resultados y análisis presentados son parte de la investigación global. Por tal razón hay parámetros como deformaciones horizontales, costos y técnicas de perforación que están en proceso de investigación.

6. Agradecimientos:

El autor extiende el agradecimiento al grupo de investigación de túneles de la Universidad Santo Tomas, en especial al ingeniero Nicolás Quintana y la estudiante de ingeniería civil Alejandra Benavidez quienes contribuyeron como coautores y asistentes de investigación del proyecto.

Se agradece al Doctor Jorge Pineda quien contribuyo con ideas principales y con seguimiento a las diferentes fases de la investigación.

Se agradece a la ingeniera magister Diana Díaz de la Universidad de Tongji China, quien ha realizado la investigación en conjunto y aportó su conocimiento.

Finalmente se agradece a la Universidad Santo Tomás como institución impulsora de investigación y nuevo conocimiento.

7. Referencias:

Alvarado, L., Quintana, N., Suarez, P., Rivera, S., & Pineda, J. (2018). Estimación de desplazamientos en superficie debidos a la excavación de túneles superficiales en un perfil transicional del depósito sedimentario de Bogotá D.C. XVI CONGRESO COLOMBIANO DE GEOTECNIA & IV SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA, (pág. 12). Paipa.

Amenábar, A. (Dirección). (2004). Mar adentro [Película].

Amoros, P. (2002). La tradición de Platón. Revista Murciana de Antropología, 9-192.

Angelone, S. (2007). TIPOS DE SUELOS: ARCILLAS. GEOLOGIA Y GEOTECNIA, 6-13.

Angelone, S. (2014). TIPOS DE SUELOS:ARCILLAS. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA, 1-19.

Ávila, G. (2012). Suelos arcillosos de Bogotá, proclives al hundimiento. Agencia de noticias UN.

Barrionuevo, C. A. (2014). Los movimientos en el planeta Tierra 1a ed. En C. A. Barrionuevo, Los movimientos en el planeta Tierra 1a ed. (págs. 140 p. : il. ; 15x21 cm. - (Escritura en ciencias; 18)). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Bianco, A., & Martínez , E. (2004). Inferencia estadística – Intervalos de confianza. Probabilidades y Estadística (Computación),Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires , 178-191.

Borja, R. (05 de Junio de 2011). Nación,Estado,País,Patria. El comercio, pág. 1.

BUDHU, M. (2011). SOIL MECHANICS. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. .

Bustamante Hernández, N. (5 de Marzo de 2018). ¡Increíble!: así, poco a poco, se hunde Bogotá. EL TIEMPO.

C.Torres, A., & C.Zambrano, G. (2012). Estudio numérico de la subsidencia causada por la excavación de túneles en un perfil de suelos blandos. *Ingeniería y Competitividad*, 25-36.

Calduch, R. (1991). Relaciones Internacionales. En R. Calduch, *El Estado, el Pueblo y la Nación*. (pág. 30). Madrid: Ediciones Ciencias Sociales.

Camacho , J. F., Reyes , O. J., & Bueno , P. B. (2004). USE OF MODIFIED CAM-CLAY MODEL IN COHESIVE SOILS OF THE SABANA DE BOGOTÁ. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20-29.

Camacho Tauta, J., Reyes Ortiz, Ó., & Bueno Pumarejo, P. (2004). Utilización del modelo cam-clay modificado en suelos cohesivos de la sabana de Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 1-13.

CHEN , C., SHINPING, P., & JIAO, J. (2003). Land subsidence caused by groundwater. *Hydrogeology Journal*, 275-287.

Cintha, O. (2015). MODELO ESTÁTICO - DINÁMICO. 4-6.

Cruz Velasco, L. (s.f.). Mec.Suelos I. Universidad del Cauca- Facultad de Ingeniería Civil, 1-56.

Cuéllar Burgos, A., Mesa Rueda, F., Vargas Hernández, C., & Perilla Perilla, J. (2010). Caracterización de nanocompuestos de poliuretano-urea/montmorillonita por XRD y μ -Raman. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia No.54*.

Desai, C. (2005). Constitutive Modeling for Geologic Materials:Significance and Directions. *International Journal of Geomechanic*, 5.10.1061/(ASCE) 1532-3641(2005)5:2(81).

FOPAE. (2010). Bogota frente al riesgo sismico. 8-167.

Garzón Rodríguez , J. C. (2011). EVALUACIÓN DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN GENERADA POR DESCENSO DEL NIVEL FREÁTICO. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 14-16.

Gaspar P., C. (23 de Julio de 2015). SlideShare. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/florfann/0107-sistema-de-clasificacin-de-suelos>

[González](#), Herrera, Iglesias, & López. (2013). Análisis de los modelos constitutivos empleados para simular la compactación del suelo mediante el método de elementos finitos. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 75-80.

Guerrero, L. (6 de Mayo de 2016). Slideshare. Obtenido de Slideshare: <https://www.slideshare.net/lizdayanaguerrero/procesos-de-subsidencia>

Guevara, A. H. (2008). Nueva retórica del concepto vida. *Revista CTS*, 229-240.

Hernández, P. (2012). Qué es la vida ? Hablando de ciencia.

Herrera Pinzón, I., Martínez Días, W., & Téllez Pedroza, L. (2008). Nivelación geodésica geométrica y redes geodésicas para el monitoreo de. UD y la GEOMÁTICA, ISSN 2344-8407, pag. 81 - 86.

Hurtado, L. L. (2006). Modelamiento Teórico y Modelamiento Empírico de Procesos, Una Síntesis. Scientia et Technica Año XI.

IDU-025. (2006). Estudios y Diseños de Urbanismo y Espacio Público a precio global fijo sin reajustes, previstos para la Troncal Carrera 7 de la calle 34 a calle 170 y Tramo de la Calle 72 de carrera 7 a Av. Caracas en Bogotá D.C.

IDU-033. (2010). Estudios y Diseños y adecuación de la Carrera 7 al sistema Transmilenio en el tramo comprendido entre de la Calle 34 y la calle 72 y ramal calle 72 entre Carrera 7 a Avenida Caracas.

IDU-207. (1999). Contrato para la realización de los estudios y diseños de la carrera 7 para el tramo de la calle 185 a la calle 200, incluyendo su empalme con incluyendo su empalme con la Calle 182.

IGAC. (2008). Estimación de la Subsistencia en Bogotá. Bogotá: Instituto.

INGETEC. (2017). TRANSMILENIO CARRERA 7 DESDE LA CALLE 32 A LA CALLE 200- RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

Laverne O'Neal, D. (1 de Febrero de 2018). geniolandia. Obtenido de geniolandia: <https://www.geniolandia.com/13082695/los-componentes-del-suelo-arena-limo-y-arcilla>

LI, C., TANG, X., & MA, T. (2006). Land subsidence caused by groundwater exploitation in the. Hydrogeology Journal, 1652-1665.

Lidia, D. S. (2011). La observación. Facultad de psicología, UNAM, 7-16.

Lobo-Guerrero Sanz, A. (1996). Excursión Geológica por la Sabana de Bogotá. VII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA, 1-26.

LOPEZ TUNJO, L., & GOMEZ COLMENARES, A. (2014). ESTUDIOS DE SUBSIDENCIA PARA EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS EN LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ (PLMB) PRIORIZADO EN EL TRAMO III. Bogotá: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, FACULTAD DE INGENIERIA.

Marín Correa, A., & García Altamar, F. (24 de Julio de 2018). Transmilenio por la Séptima: avanzará, pese a dudas en diseños. Mesas de trabajo revisan el proceso con lupa.

Marin Velez, J., Gomez Verano, J., Alfredo Gomez, J., & Castañeda, S. (2016). Problemas geoténicos en excavaciones profundas. 1-11.

Marín, A. (23 de Octubre de 2017). Competitividad y descontaminación, entre las bondades de la nueva Séptima. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/obras/carrera-septima-con-transmilenio-mejora-la-movilidad>

Medina Rodríguez, L., & Melis Maynar, M. (2003). Determinación de los parámetros del modelo de estado crítico Cam Clay para los suelos de Madrid. Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos., 29-45.

Metro Bogotá, & Alcaldia Mayor de Bogotá. (2016). Metro Bogotá. Obtenido de Metro Bogotá: <https://www.metrodebogota.gov.co/>

Mora, H. (5 de marzo de 2018). ¡Increíble!: así, poco a poco, se hunde Bogotá. (N. B. HERNÁNDEZ, Entrevistador)

Muguerza, J., & Rodríguez Aramayo, R. (1989). Kant después de Kant. Madrid: Tecnos.

Nieto Leal, A., Camacho Tauta, J., & Ruiz Blanco, E. (2009). DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS MODELOS ELASTOPLÁSTICOS MOHR-COULOMB Y HARDENING SOIL EN SUELOS ARCILLOSOS. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 76-90.

Olarte, A. F. (2018). Transmilenio por la carrera séptima: otro error en la cadena de desaciertos del Alcalde Enrique Peñalosa. Concejo de Bogotá, D.C.

PEDRO, M. E. (2001). "El Estado del Bienestar. Presupuestos éticos y políticos". Barcelona.

Pineda Jaimes, J. A., & Larrañaga Rubio, S. C. (2015). ANALISIS DE LA OCURRENCIA DE LA FALLA DE FONDO EN LA EJECUCIÓN DE EXCAVACIONES PARA SOTANOS EN LOS SUELOS BLANDOS DE BOGOTA D.C. XII JORNADAS GEOTECNICAS DE LA INGENIERIA COLOMBIANA Y V FORO SOBRE GEOTECNIA DE LA SABANA DE BOGOTA., 1-18.

POSSENTI, V. (1997). LA OBLIGACIÓN MORAL Y LA PERCEPCIÓN DE LOS VALORES. 293-299.

POT, P. d. (2018). Memoria Justificativa. 35.

Prat, P. (2006). Ecuaciones Constitutivas ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD. Barcelona: Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (ETCG).

RAE. (2019). Diccionario de la lengua española. Diccionario de la lengua española, 23rd ed. Obtenido de Real Academia Española.

Ramírez Atehortúa, F. H., & Zwerg-Villegas, A. M. (2012). -Metodología de la investigación: más que una receta AD-minister. 91-111.

RS2, r. (2018). rocscience. Obtenido de rocscience: <https://www.rocscience.com/assets/resources/products/RS2-Product-Sheet.pdf>

Sarango, M., Cabrera, A., & Cuenca, F. (2009). MODELO DE ECUACIONES LINEALES Y NO LINEALES. 19-20.

Sellés, J. F. (2013). Trascendentalidad del amor personal humano. Tópicos, 1-45.

Sembenelfi, P. (1966). Los límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica y ladrillera. Materiales de Construcción Vol. 16, nº 124, 630-643.

SHEN, J. &. (1988). Soil-machine interactions. A finite element perspective. New York: Ed. Marcel Dekker Inc.

TEAM, S. (1973). On the control of surface subsidence in shanghai. On the control of surface subsidence in shanghai. Shanghai: Acta Geologica Sinica.

Tomás, R., Herrera, G., Delgado, J., & Peña, F. (2009). SUBSIDENCIA DEL TERRENO. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 295-302.

Torres, A., & Zambrano, G. (2012). Estudio numérico de la subsidencia causada por la excavación de túneles en un perfil de suelos blandos. Ingeniería y Competitividad, 25-36.

Usuga-Manco, L., López Valdivieso, A., & Bustamante-Rúa, M. (2015). Estudio de la hidrofobicidad de la caolinita de La Unión, Antioquia. Tecno Lógicas vol. 18, no. 35, 71-81.

Valls, R. (2015). El concepto de dignidad humana. Revista de Bioética y Derecho, 278-285.

Vázquez, N. (2001). "Cálculo de la subsidencia unidimensional debida a los descensos del nivel piezométrico. Aplicación al casco urbano de Murcia y a los efectos sobre sus edificios". Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.

Velásquez, L., & Mucho, R. (2010). LA FORMACIÓN DE INGENIERÍA DE TÚNELES EN EL PERÚ, UN TEMA PENDIENTE. Red Iberoamericana "Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad" - MASYS 1ª Jornada técnico-científica de "Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad" - Métodos de explotación y ambiente subterráneo, 1-26.

Villa, M. M. (2003). Filosofía, Volimen I. Filosofía del Lenguaje, Lógica, Filosofía de la Ciencia y Metafísica. Murcia: EDITORIAL MAD, S.L.

Villalaz, C. C. (2004). Mecanica de suelos y cimentaciones . Mexico: Limusa.

Waltham, T. ((2014)). Ground subsidence in Mexico City. 194-195.

PALABRAS CLAVES

APP MÓVIL,
DISCAPACIDAD VISUAL,
HUMANIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA,
SENSOR ULTRASÓNICO,
SOLUCIÓN SOCIAL.

CAPÍTULO 13

APP PARA LA ASISTENCIA DE MOVILIDAD PARA INVIDENTES

Juan Pablo Restrepo Castañeda

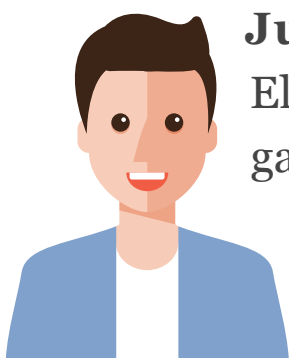
Institución Universitaria de Envigado

Luis Miguel Paz Velasquez

Universidad ICESI

Colombia

Sobre los autores:



Juan Pablo Restrepo Castañeda: Estudiante de Ingeniería Electrónica, décimo semestre, Institución Universitaria de Envigado, ganador del programa Semillas del futuro de Huawei 2018, representante estudiantil electo de la facultad de ingeniería, ponente internacional Workshop RITMOS 2018, ponencia internacional aceptada para el congreso RIDIT 2019 Barcelona-España, estudiante investigador de GIOSTIC

Correspondencia: juanp.restrepo@gmail.com



Luis Miguel Paz Velásquez: Estudiante de ingeniería de Sistemas e ingeniería telemática de noveno semestre en la universidad Icesi, ganador del programa Semillas del futuro de Huawei 2018, finalista del ICT Competition 2019 de Huawei.

Correspondencia: luis.paz1@correo.icesi.edu.co

Resumen:

En este artículo se presenta el desarrollo de un prototipo para la asistencia en el desplazamiento de personas con discapacidad visual. Esta solución tecnológica está formada por un dispositivo electrónico compacto, complementado por un desarrollo App móvil para la asistencia en la movilidad. El dispositivo electrónico consta de un sistema de sensado que trabaja bajo el principio de ultrasonido que, mediante la implementación de parlantes, genera alertas sobre obstáculos que se encuentran en el camino. La App móvil brinda información continua mediante un asistente de voz, sobre el reconocimiento de divisas, información del entorno en tiempo real y ubicación geoespacial mediante GPS. Se desarrollaron tres prototipos funcionales con buenos resultados en el desplazamiento de un discapacitado visual.

Palabras claves: App móvil, Discapacidad Visual, Humanización de la tecnología, Sensor ultrasónico, Solución social.

App and mobility assistant for blind people

Abstract

This article presents the development of a prototype for the assistance in the mobility of people with visual disabilities. This technological solution consists in a compact electronic device, complemented by a mobile App development for mobility assistance. The electronic device consists of a sensing system that works under the principle of ultrasound, through the implementation of speakers, generates alerts about obstacles that are in the way. The mobile App provides continuous information, currency recognition, real-time environment information, and geospatial route mapping using GPS.

Keywords: Humanization of technology, Mobile App, Social solution, Ultrasonic sensor, Visual impairment.

Introducción:

Para las personas invidentes es muy difícil estar seguros en el entorno, el diario vivir se puede convertir en una lucha constante solo para la movilidad y la sociedad es limitada en su aporte haciéndola más fácil para ellos. En junio de 2018 se estableció por el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad – RLCPD que 1.404.108 han sido identificadas con algún tipo de discapacidad en Colombia, lo que corresponde al 2,6% de la población nacional; del informe se extrae que, el 15% corresponde a las personas afectadas con discapacidad visual, donde se encuentran registrados 30.214 colombianos. La movilidad en espacios abiertos, vías, parques, entre otros, supone limitaciones en sus desplazamientos generando riesgos de accidente, por no poseer suficiente información acerca de su entorno.

Es muy importante el uso de la tecnología para brindar soporte a los problemas que atentan contra los humanos. Movilidad, educación, agricultura, salud y otras áreas podrían ser mejores con la ayuda de la tecnología. La discapacidad es un tema que necesita una gran investigación porque es una minoría que merece una solución del problema; de acuerdo con este aspecto, el proyecto Ecolocación y App para el soporte de personas invidentes, busca la construcción de un dispositivo electrónico en conjunto con una aplicación móvil con diferentes funcionalidades que ayude a resolver las problemáticas que una persona invidente pueda encontrar día a día.

El objetivo de este proyecto consiste en diseñar e implementar un prototipo para la asistencia en el desplazamiento de personas con discapacidad visual, mediante el uso de un dispositivo electrónico compacto y una APP móvil brindado así una solución práctica para que facilite su desplazamiento.

El diferencial del proyecto es la comunicación, es hacer tecnología para humanos y transformar la manera como usamos la electrónica en este tipo de aplicaciones y desarrollos para dar soluciones reales a problemáticas reales. Las personas con discapacidad visual no quieren un dispositivo para ser detectados, desean un aplicativo con funciones para la movilidad y la comunicación, con integración de mensajes de voz, sistema de alarma y una comunicación directa con el tutor legal, con el proyecto Ecolocación y App para el soporte de personas invidentes lo tendrán.

Metodología:

En muchas ocasiones, la tecnología usa los ejemplos de la naturaleza para resolver los problemas que los humanos tienen en la sociedad, entre ellos está la ecolocación, que es la técnica mediante la cual los murciélagos se ubican en el entorno para navegar y encontrar comida en la oscuridad. Para ecolocalizar, los murciélagos

emiten ondas sonoras por su boca o nariz. Cuando las ondas sonoras impactan en un objeto, producen ecos. El eco rebota del objeto y vuelve a los oídos del murciélago. Los murciélagos utilizan los ecos para determinar la ubicación del objeto, el tamaño y su forma. La ecolocación consiste en un detector de distancias usando vibraciones ultrasónicas para determinar la ubicación de objetos en el espacio. El ultrasonido son frecuencias que el oído humano no puede percibir, abriendo la posibilidad a otro tipo de movilidad.

En este proyecto se utiliza el sensor de ultrasonido HC-SR04 mediante el cual se determina la distancia a un objeto y luego de obtenerla, con el uso de la electrónica, se pueden realizar transformaciones a la señal emitida por el sensor para generar diferentes tipos de aplicaciones como ayuda para los discapacitados visuales. El sensor ultrasónico HC-SR04 puede recrear la técnica de los murciélagos y ser utilizada para aplicaciones como el sonar.

En la figura 1 se presenta el funcionamiento del sensor, para iniciar se genera un pulso de 10µs por el pin Trigger, inmediatamente el sensor envía 8 pulsos de 40KHz (Ultrasonido) y coloca su salida Echo a alto, y se inicia el conteo del tiempo, la distancia es proporcional a la duración del pulso y se puede calcularla con fórmula (1).

$$Distancia = \frac{\left(\frac{Tiempo\ de\ duración}{2}\right)}{29\mu s} \quad (1)$$

El tiempo real corresponde a la ida y regreso de la onda de ultrasonido, dividido entre dos debido a que la onda en realidad realiza dos trayectos (ida y regreso) y por último se divide por la velocidad del sonido en metros sobre microsegundos.

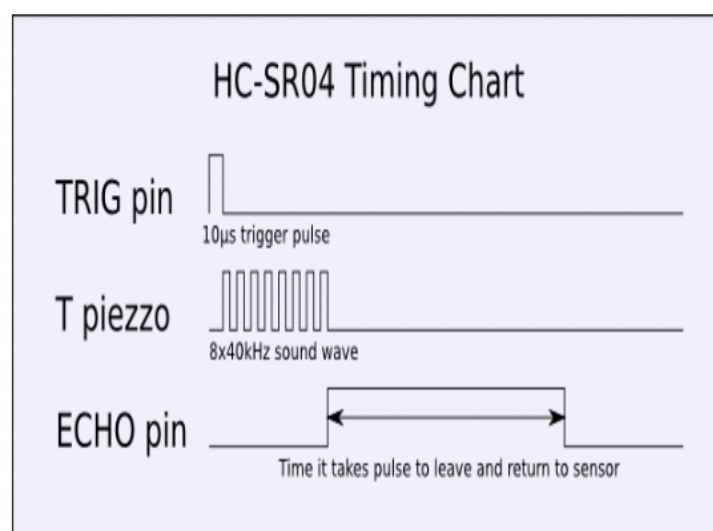


Figura 1. Respuesta en el tiempo del sensor

En la figura 2, se evidencia la generación de pulsos de tiempos de 10 μ S, los cuales viajan a la velocidad del sonido (340 m/s), aplicando una conversión a este factor se obtiene que la velocidad del sonido es 1/29 m/ μ s, estos pulsos rebotan sobre la superficie y se regresan a esa misma velocidad para ser captados por el pin de Echo del sensor.

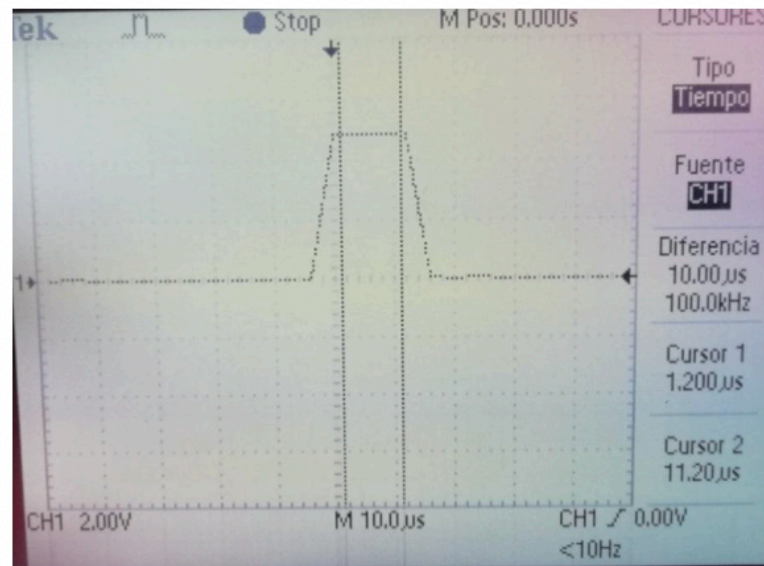


Figura 2. Tiempo pulso de Trigger.

En la figura 3 se aprecia la señal del receptor el cual interpreta el pulso como una duración del tiempo en el cual la señal emitida es transmitida al espacio libre y rebota contra un obstáculo. En la medición lo que se toma en cuenta es la duración de los pulsos de recepción los cuales mediante la interpretación matemática permiten saber la distancia relacionando la duración y la velocidad del sonido a la cual transita una señal ultrasónica.

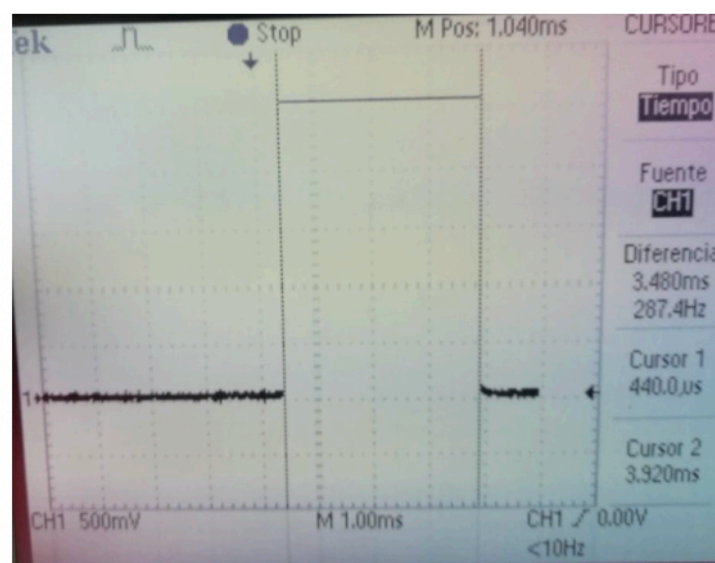


Figura 3. Señal de Echo.

Para la distancia medida en la figura 3 se aprecia que el ancho del pulso corresponde a un valor de 3.48 ms, esto es lo que demora el pulso en estado alto desde el momento inicial hasta el final que se presenta en la duración de la onda en ir y volver, por lo tanto:

$$Distancia = \frac{\left(\frac{3.48ms}{2}\right)}{29\mu} \quad (2)$$

$$Distancia = 60 \text{ cm} \quad (3)$$

El sistema de alarma del dispositivo consiste en un parlante, este parlante produce un sonido muy similar al del sensor de reversa de un auto, el sensor está permanentemente midiendo la distancia y tras cada aproximación produce un sonido que se vuelve más intenso cuando el obstáculo está más cerca, esto le indica al usuario que está próximo a algún objeto (muro, puerta, columna, etc.).

Esta alerta se hace progresiva a medida que el obstáculo y el usuario acortan distancias, esto quiere decir que siempre que los obstáculos están alejados del sensor los sonidos van a tener un tiempo alargado entre una alerta y otra; al avanzar y acercarse el sistema de alertas mediante la frecuencia emite el tono de forma reiterada dando a entender que está próximo a una colisión, la diferencia de alertas se interpreta gracias a la frecuencia, el tono se mantiene estable.

La figura 4 muestra la frecuencia del tono del sonido cuando se coloca un objeto a 100 cm de distancia

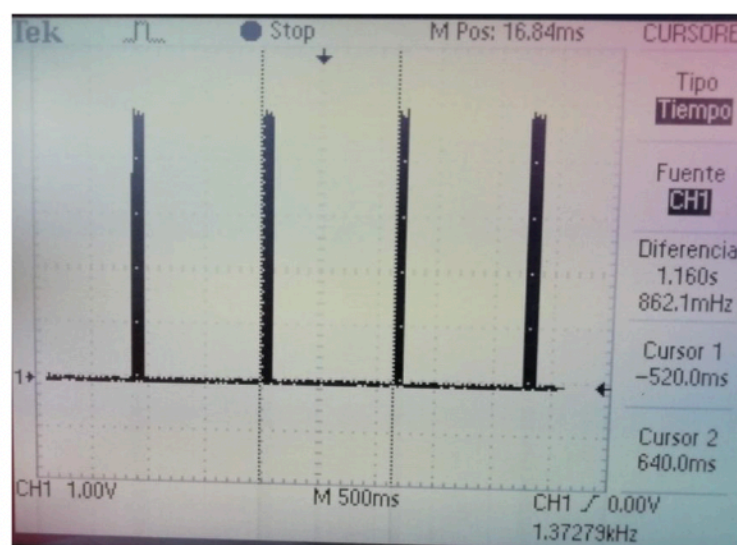


Figura 4. Comportamiento tono a 100 cm.

Los datos aportados al realizar el laboratorio del sistema de alarma se dan en la tabla 1. Se observa el comportamiento del tono de la alarma: cuando el obstáculo se encuentra a 100 cm del sensor, la frecuencia es pequeña (862 mHz) y la cantidad de repeticiones del sonido es más espaciada. Cuando el obstáculo está a 20 cm del sensor, al estar más próximo, el sistema de alerta es mucho más continuo y la frecuencia es mayor (3.33 Hz). Por último, cuando el obstáculo está muy cercano la frecuencia es igual a 0, porque el sonido de la alarma es constante dando a entender que es necesario parar.

Tabla 1. Distancia vs Frecuencia

Distancia (cm)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Frecuencia (Hz)	0.86	0.95	1.07	1.20	1.43	1.78	2.00	2.63	3.59	0

Análisis de resultados:

El dispositivo se comportó de manera óptima dando alertas oportunas de los obstáculos alrededor del usuario; las distancias pueden ser configuradas según las necesidades de cada portador, los motores se mueven a gran velocidad por tal motivo el sensado de todas las posibilidades de rutas es muy acertado. el sistema de alertas mediante altavoz puede ser reemplazado dependiendo del usuario, debido a que puede ser incómodo para quienes estén alrededor, por tal motivo unos audífonos serían una solución más personal.

En la tabla 1 se evidencia como es el comportamiento de la frecuencia respecto a la distancia que mide el sensor, la variación de frecuencia tiene como consecuencia el comportamiento que se presenta en el sistema de alarma, el cual tiene como eje fundamental una correcta interpretación del individuo que lleve el dispositivo, de esto depende un adecuado uso y sobre todo una oportuna reacción para explotar las funciones que ofrece el desarrollo.

Se presentó una dificultad evaluando la profundidad, aunque el sensor cumple con función, es imperceptible profundidades similares en superficies o suelos, es por esto que el dispositivo puede dar una información acerca de la presencia de los obstáculos, más no en el detalle de estos.

Es importante la adaptabilidad del del invidente con el desarrollo, evaluando todos los aspectos presentes, comodidad, alertas, funcionalidad, velocidad de respuesta. Realizando las pruebas se encontró que la velocidad a la que se desplaza el

usuario no puede ser muy elevada, debido a que la alerta demora un tiempo en variar de frecuencia lo cual puede confundir; puesto que los laterales se sienten a voluntad, también es necesario tener en cuenta el desplazamiento, puesto que la alerta es oportuna siempre que el individuo se encuentre estático en su posición.

El GPS independiente brinda una seguridad mayor que si se integrará al teléfono móvil; El sensor utilizado es el Geo-6m, el cual permite ubicar en un radio efectivo de 10 metros, esto implica un alto nivel de precisión (aproximadamente la longitud correspondiente a 3 automóviles). Por tal motivo el tutor legal encargado de vigilar la seguridad de su protegido puede tener completa confianza de la ubicación que señala el dispositivo.

Resultados

Prototipos

Se probaron tres prototipos, El primer prototipo es ergonómico, cumple con la funcionalidad esperada en el diseño inicial; el dispositivo se ubica en el brazo del usuario a la altura del pecho, este es un dispositivo fácil de llevar y práctico en el momento de la medida. La programación se realiza en una placa Arduino, donde se acondicionan todas las señales sensadas, teniendo la posibilidad de uso libre, sin requerimientos de licencias.

El segundo prototipo representó un avance importante respecto al primero, ya que el primer prototipo presenta un problema: el sensor tiene un rango muy limitado, solo quince grados (15°) para la medida; por esto es que el prototipo 1 es funcional pero difícil de usar, el usuario que lo use debe rotar por completo su cuerpo para tener un rango superior de sensado. Este problema es solucionado en el prototipo 2, ya que el dispositivo implementa una nueva funcionalidad.

Esta consiste en un eje axial, donde está localizado el sensor, este eje axial tiene la habilidad de moverse vertical y horizontalmente; expandiendo de esta manera el área de sensado, el eje puede variar por dos motores tipo servo, los cuales están controlados mediante un dispositivo joystick (una palanca de mando o joystick, es un periférico de entrada que consiste en una palanca que gira sobre una base e informa su ángulo o dirección al dispositivo que está controlando), con esto el usuario podrá sentir cualquier dirección presente en la vía, brindando mucha más seguridad en el momento de la movilidad.

Dentro de su integración, el sistema involucra un dispositivo GPS, directamente conectado con la aplicación que permite la georreferenciación (La georreferenciación,

alude a la ubicación de algo en el espacio. Un sistema de coordenadas geográficas sirve para referenciar un punto en la superficie terrestre mediante dos coordenadas angulares (la longitud y la latitud) del sistema. Ver figura 5



Figura 5. Prototipo 2

El tercer prototipo si bien no representó una diferencia con la tecnología del segundo prototipo si se evidenció un avance significativo en cuanto a estética, integración y sobre todo es fiel al concepto de humanizar la tecnología, cuyo principal objetivo es el de convertir este dispositivo en una extensión más que en una herramienta.

El propósito del desarrollo es el de brindar un soporte a una necesidad, logrando así aliviar la discapacidad y mejorar el diario vivir de las personas que la padecen. En este prototipo final se diseña una camisa especial con las distribuciones necesarias para que cada uno de los elementos tecnológicos (tarjetas de programación, sensores, actuadores, entre otros) tengan un lugar establecido, por tal motivo en su mayoría son poco visibles cumpliendo las funciones sin llamar la atención del resto de la sociedad.

El sensor ultrasónico sobre el eje de motores está ubicado en el pecho, sobre el cual tiene el movimiento completo necesario para cubrir el entorno, el joystick en la mano derecha controla a voluntad del usuario; en la parte posterior se encuentran los elementos de programación los cuales no son visibles. Ver figura 6

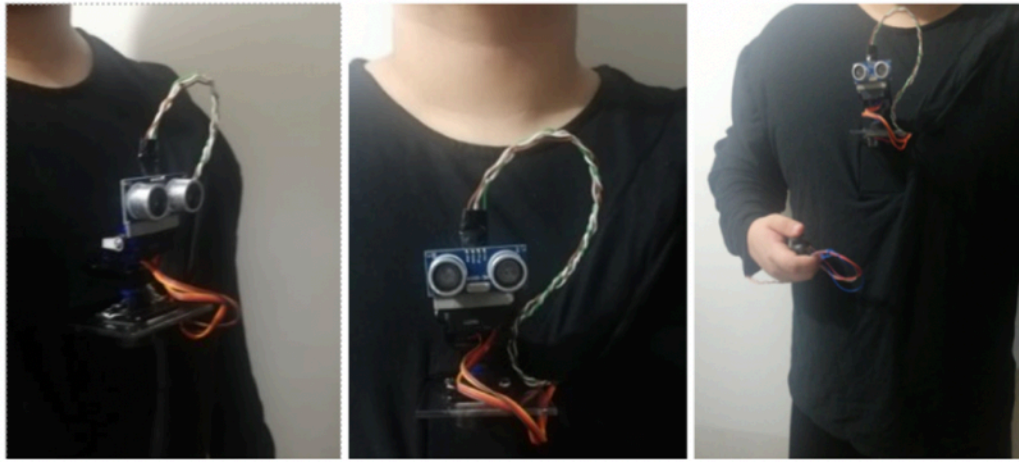


Figura 6. Prototipo 3

Discusión de los resultados

Presentamos un dispositivo que combina los principios de la ecolocación ultrasónica y la audición espacial para proporcionar a los usuarios humanos señales ambientales que no están disponibles para el sistema auditivo humano y 2) son más ricas en información espacial y de objetos que las señales de sonar más procesadas. Otros dispositivos de asistencia. El dispositivo consta de un auricular portátil con un emisor ultrasónico y micrófonos estéreo con pinnas artificiales fijas. El objetivo de este estudio es describir el dispositivo y evaluar la utilidad de la información ecoica que proporciona. Métodos: se registraron los ecos de los pulsos ultrasónicos y se extendió el tiempo para reducir sus frecuencias dentro del rango auditivo humano, y luego se reprodujeron al usuario. Probamos el rendimiento entre voluntarios videntes ingenuos y experimentados utilizando un conjunto de experimentos de localización, en los que las ubicaciones de las superficies reflectantes de eco se juzgaron usando estos ecos extendidos en el tiempo. Resultados: los sujetos ingenuos pudieron hacer juicios de lateralidad y distancia, lo que sugiere que los ecos proporcionan información útil innata sin entrenamiento previo. Los sujetos ingenuos generalmente no podían hacer juicios de elevación a partir de ecos grabados (Sohl-Dickstein et al., 2015).

Diferentes desarrollos han incorporado el sensado mediante ultrasonido puesto que este proporciona una medición rápida y asertiva de la distancia, y como se plantea en el comienzo del artículo los murciélagos tienen la capacidad de suplir la visión limitada con la ecolocación.

Los murciélagos ecolocantes exhiben comportamientos sofisticados de sonar utilizando ultrasonidos con características acústicas ajustadas activamente (por ejemplo, estructura de frecuencia y frecuencia de tiempo) dependiendo de la situación. En este estudio, se examinó la utilidad de la ecografía en la ecolocalización humana. Al escuchar ecos ultrasónicos con un tono desplazado para que sean audibles (Sumiya et al., 2019)

El principal diferencial en este desarrollo es la app móvil, mediante la cual no solo se monitorean el funcionamiento del dispositivo electrónico sino también se adicionan funciones que aportan un complemento a los posibles escenarios a los que puede enfrentarse un discapacitado visual en su vida diaria.

Se considera el desarrollo como solución social, puesto que abarca una cantidad de elementos aportando una solución parcial de una necesidad, integrando tecnología, comodidad, comunicación y seguridad a un bajo costo; de esta manera está al alcance de cada persona afectada por una discapacidad visual bien sea total o parcial.

Aplicativo App

La App llamada EyesOn, es el factor diferencial del proyecto; la palabra clave es comunicación. Esta aplicación es una vía directa entre el usuario y su familia, amigos, médicos, etc. Está directamente conectada con el dispositivo y constantemente enviando información acerca de los diferentes eventos alrededor del usuario.

Obtener una completa información, puede ser muy útil en momentos de emergencia, una oportuna información es determinante para tomar decisiones a tiempo.

Esta App está dividida en dos secciones, para el tutor legal y para el usuario invidente. Una muestra inicial de la interfaz de tutor se puede ver en la figura 7. Cada sección tiene diferentes funciones, está enviando información constantemente entre las dos interfaces y haciendo una construcción de base de datos de la información recolectada a la nube, subiendo periódicamente variables acerca del entorno, distancia, localización, entre otras, que puedan hacer un diario vivir más seguro y tranquilo. La App se encuentra en etapa temprana de desarrollo y es un concepto de la solución que se plantea a la ayuda de las personas invidentes.

La app cuenta con un sistema de reconocimiento de divisas, con el cual usando la cámara del teléfono móvil se puede tener conocimiento de la moneda a la cual se está apuntando (esta actualización de la app solo reconoce pesos colombianos).

El sistema de referenciación por GPS es independiente al incorporado en el teléfono móvil, por tal motivo este brinda una seguridad mayor en caso de pérdida o hurto del celular, este GPS es de una gran precisión y está enviando datos constantemente, es una característica de vital importancia porque está desarrollada con el propósito específico de brindar una mayor seguridad del invidente y su entorno social.

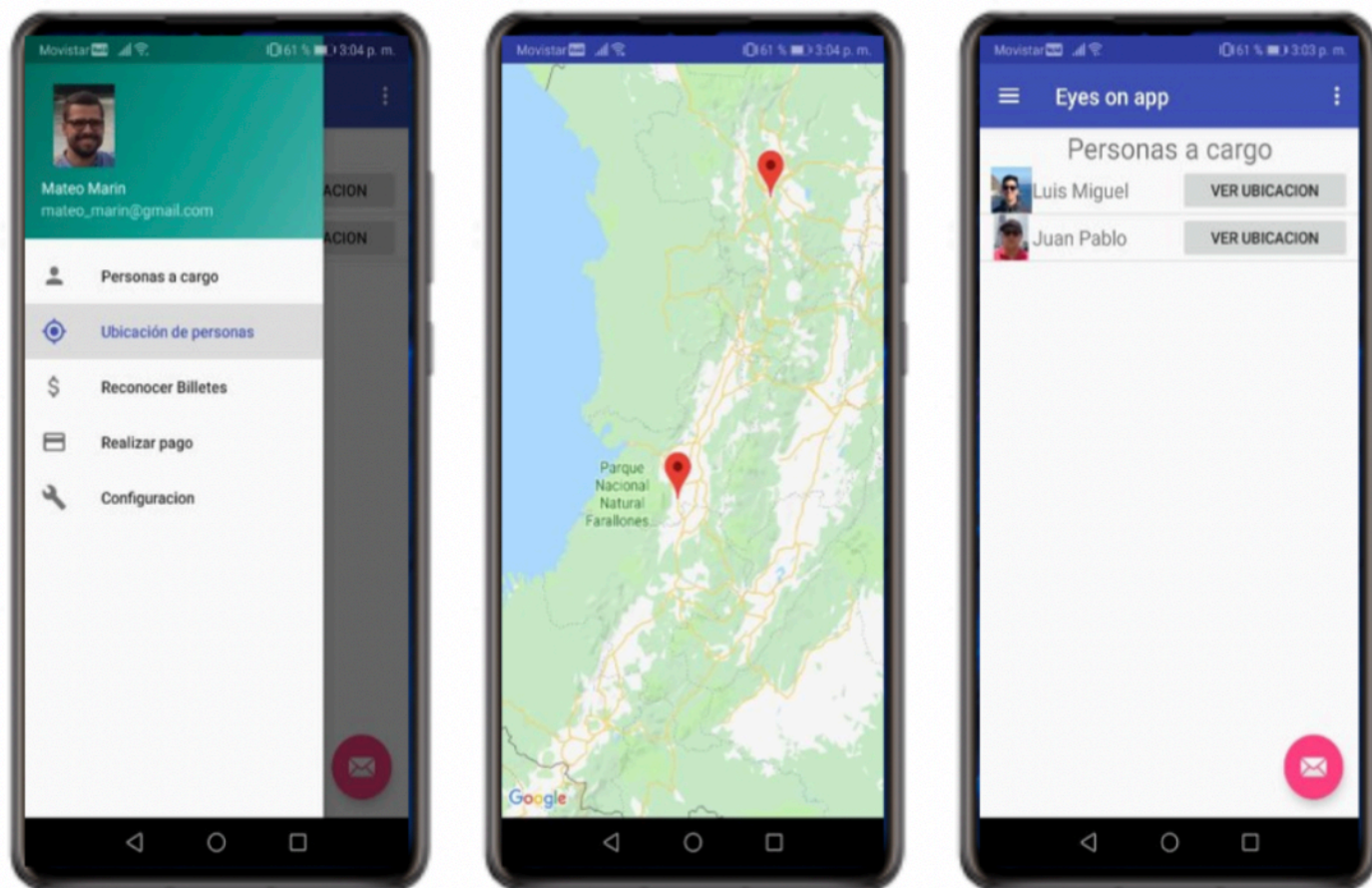


Figura 7. Interfaz de la App

Conclusiones:

El prototipo de sensado basa la investigación en obtener una completa y más segura medición del entorno, el sensor ultrasónico es una buena opción, pero no la más apropiada.

Al principio se consideró integrar el sensor en unas gafas, e intentar reemplazar la función que realizan los ojos, luego de muchas pruebas la idea fue eliminada, ya que

el ojo humano cuenta con una visión periférica, y como se mencionó en el prototipo 1 el sensor tiene un rango muy limitado de operación.

El proyecto cumple con los siguientes factores que son fundamentales suplir en las personas con discapacidad visual: Impacto, ya que es una solución global; inclusión, porque tiene como prioridad en la investigación humanizar la tecnología y generar aceptación y apoyo para la sociedad.

La comunicación entre el tutor y el usuario es fundamental y es un factor diferencial, el apoyo y la información complementan el dispositivo y transforman la forma como servimos a las necesidades de la comunidad

Agradecimientos:

A el grupo de investigación GIOSTIC, en especial a su directora Sonia Vanegas Pérez por el acompañamiento permanente en la elaboración, desarrollo y conclusión del proyecto.

Referencias:

Agafonow, A. (2017). Design Thinking and Social Enterprises: A Solution-Focused Strategy for Social Enterprise Research. *European Management Review*. doi: 10.1111/emre.12152

Alshafeey, M. (2016). Interactive Assistive Technology for Blind People. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2725767

Alvarado Coral, J., & Muñoz España, E. (2018). Sistema anticolidión para invidentes usando redes neuronales evolutivas. *INGE CUC*, 14(2), 28-43. doi: 10.17981/ingecuc.14.2.2018.03

Arbildo-López, A., & Bigio, J. (2013). Codificación de imágenes en sonido como ayuda al invidente. *Ingeniería Industrial*, 0(031), 239. doi: 10.26439/ing.ind2013.n031.25

Arbilly, M., & Laland, K. (2017). The magnitude of innovation and its evolution in social animals. *Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1848), 20162385. doi: 10.1098/rspb.2016.2385

Baker, C., Smith, G., Balleri, A., Holderied, M., & Griffiths, H. (2014). Biomimetic Echolocation With Application to Radar and Sonar Sensing. *Proceedings Of The IEEE*, 102(4), 447-458. doi: 10.1109/jproc.2014.2306252

Beltrán Chamorro, E. (2018). Tecnologías de acceso a la información para personas con discapacidad visual. Documentos De Trabajo Areandina, (1). doi: 10.33132/26654644.1389

Correa, J. (1997). Razón de ser de la enseñanza de habilidades sociales a estudiantes y deficientes ciegos visuales. Pedagogía Y Saberes, (9). doi: 10.17227/01212494.9pys35.38

Design and implementation of outdoor and indoor campus navigation system. (2016). International Journal Of Modern Trends In Engineering & Research, 3(10), 8-10. doi: 10.21884/ijmter.2016.3074.ttpf

Filipe, V., Fernandes, F., Fernandes, H., Sousa, A., Paredes, H., & Barroso, J. (2012). Blind Navigation Support System based on Microsoft Kinect. Procedia Computer Science, 14, 94-101. doi: 10.1016/j.procs.2012.10.011

Hernández, C., Pedraza, L., & López, D. (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes. Revista De Salud Pública, 13(5), 865-873. doi: 10.1590/s0124-00642011000500015

Hodson, H. (2012). Talking cars help each other see around blind corners. New Scientist, 215(2882), 16. doi: 10.1016/s0262-4079(12)62369-0

Implanted chip helps blind people detect objects. (2010). Physics Today. doi: 10.1063/pt.5.024800

Ifukube, T., Sasaki, T., & Peng, C. (1991). A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. IEEE Transactions On Biomedical Engineering, 38(5), 461-465. doi: 10.1109/10.81565

Khoshelham, K., & Zlatanova, S. (2016). Sensors for Indoor Mapping and Navigation. Sensors, 16(5), 655. doi: 10.3390/s16050655

Law, B., Gonsalves, L., Tap, P., Penman, T., & Chidel, M. (2015). Optimizing ultrasonic sampling effort for monitoring forest bats. Austral Ecology, 40(8), 886-897. doi: 10.1111/aec.12269

Lu, D. (2019). Bionic eye helps people who are blind read letters again. New Scientist, 243(3241), 15. doi: 10.1016/s0262-4079(19)31410-1

Marinho, L., Rebouças Filho, P., & de Albuquerque, V. (2019). Ultrasonic sensor signals and self organized mapping with nearest neighbors for the microstructural characterization of thermally-aged Inconel 625 alloy. Computers In Industry, 107, 1-10. doi: 10.1016/j.compind.2019.01.009

Mekhafi, M., Melgani, F., Zeggada, A., De Natale, F., Salem, M., & Khamis, A. (2016). Recovering the sight to blind people in indoor environments with smart

technologies. *Expert Systems With Applications*, 46, 129-138. doi: 10.1016/j.eswa.2015.09.054

Mick, B., Reddmann, N., Manwar, R., & Avanaki, M. (2019). Ultrasonic Echolocation Device for Assisting the Visually Impaired. *Current Medical Imaging Formerly: Current Medical Imaging Review*, 15. doi: 10.2174/1573405615666190423141647

Modukuri, R., & Morris, R. (2004). Voice based web services – An assistive technology for visually impaired persons. *Technology And Disability*, 16(4), 195-200. doi: 10.3233/tad-2004-16401

Neto, R., & Fonseca, N. (2014). Camera Reading for Blind People. *Procedia Technology*, 16, 1200-1209. doi: 10.1016/j.protcy.2014.10.135

New Opportunities for Computer Vision-Based Assistive Technology Systems for the Visually Impaired. (2014). *Computer*, 47(4), 52-58. doi: 10.1109/mc.2013.265

Ortiz Fernández, L. (2012). Sistema de identificación de objetos para personas invidentes usando la tecnología RFID. *Ingenius*, (8). doi: 10.17163/ings.n8.2012.04

Pajares, F., & Valiante, G. (2001). Gender Differences in Writing Motivation and Achievement of Middle School Students: A Function of Gender Orientation?. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 366-381. doi: 10.1006/ceps.2000.1069

Pelegrín-García, D., De Sena, E., van Waterschoot, T., Rychtáriková, M., & Glorieux, C. (2018). Localization of a virtual wall by means of active echolocation by untrained sighted persons. *Applied Acoustics*, 139, 82-92. doi: 10.1016/j.apacoust.2018.04.018

Pereira, A., Nunes, N., Vieira, D., Costa, N., Fernandes, H., & Barroso, J. (2015). Blind Guide: An Ultrasound Sensor-based Body Area Network for Guiding Blind People. *Procedia Computer Science*, 67, 403-408. doi: 10.1016/j.procs.2015.09.285

Pozzebon, M., & Fontenelle, I. (2018). Fostering the post-development debate: the Latin American concept of tecnologia social. *Third World Quarterly*, 39(9), 1750-1769. doi: 10.1080/01436597.2018.1432351

Prattico, F., Cera, C., & Petroni, F. (2013). A new hybrid infrared-ultrasonic electronic travel aids for blind people. *Sensors And Actuators A: Physical*, 201, 363-370. doi: 10.1016/j.sna.2013.06.028

Priyadharshini, D. (2019). A Vision for Blind People using AI Technology. *International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology*, 7(3), 2239-2244. doi: 10.22214/ijraset.2019.3410

Retinal reader helps blind to 'see' words. (2012). *Springer Healthcare News*, 1(1). doi: 10.1007/s40014-012-1628-4

Rivera Julio, Y., & Turizo Martínez, L. (2015). ABP para la enseñanza y desarrollo de proyectos tecnológicos interdisciplinarios en Arduino [BPL for education and development of interdisciplinary technology projects based in Arduino]. *Ventana Informatica*, (32). doi: 10.30554/ventanainform.32.1098.2015

Rutkin, A. (2014). Light beacons help blind people find their way. *New Scientist*, 224(2991), 24. doi: 10.1016/s0262-4079(14)62000-5

Sarmiento, L., & Maldonado G, L. (2004). SENSOR PARA DETECTAR EL CALOR Y LA POSICIÓN DE OBJETOS MEDIANTE ESTIMULACIÓN TÁCTIL EN PERSONAS INVIDENTES. *TED: Tecné, Episteme Y Didaxis*, (16). doi: 10.17227/ted.num16-5544

Shoval, S., Ulrich, I., & Borenstein, J. (2003). Robotics-based obstacle-avoidance systems for the blind and visually impaired - Navbelt and the guidecane. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 10(1), 9-20. doi: 10.1109/mra.2003.1191706

Shriram, U., & Simmons, J. (2019). Echolocating bats perceive natural-size targets as a unitary class using micro-spectral ripples in echoes. *Behavioral Neuroscience*, 133(3), 297-304. doi: 10.1037/bne0000315

Sohl-Dickstein, J., Teng, S., Gaub, B., Rodgers, C., Li, C., DeWeese, M., & Harper, N. (2015). A Device for Human Ultrasonic Echolocation. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, 62(6), 1526-1534. doi: 10.1109/tbme.2015.2393371

Sumiya, M., Ashihara, K., Yoshino, K., Gogami, M., Nagatani, Y., & Kobayasi, K. et al. (2019). Bat-inspired signal design for target discrimination in human echolocation. *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, 145(4), 2221-2236. doi: 10.1121/1.5097166

Tete, S. (2019). Speech Recognition Email System for Blind Person. *International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology*, 7(2), 166-168. doi: 10.22214/ijraset.2019.2024

Vasquez Salazar, R., & Cardona Mesa, A. (2019). Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica. *Revista Politécnica*, 15(28), 107-116. doi: 10.33571/rpolitec.v15n28a10

Palabras Claves

Arte,
educación,
desarrollo creativo
y social inclusivo

CAPÍTULO 14

MODELO DE INTERVENCIÓN EDUCATIVO LEER PARA CREAR: UNA VÍA PARA EL DESARROLLO CREATIVO Y SOCIAL INCLUSIVO EN NIÑOS Y JÓVENES

Adris Díaz Fernández, Rodrigo Ledesma Gómez

Universidad de Monterrey

México

Sobre los autores:



Adris Díaz Fernández: Dra. en Artes y Humanidades por el Instituto de Comunicación, Artes y Humanidades de Monterrey. Maestra e investigadora en la Universidad de Monterrey (UDEM), División de Educación y Humanidades, Departamento de Humanidades, Monterrey, México. Especialización: Humanidades y Ciencias de la conducta, Arte / cultura / creatividad y educación. orcid.org/0000-0003-1944-6136

Correspondencia: adris.diaz@udem.edu



Rodrigo Daniel Gustavo Ledesma Gómez: Doctor en Historia del Arte por la Universidad de Valladolid, España. División de Educación y Humanidades, Departamento de Humanidades, Monterrey, México. Especialización: Iconografía Religiosa, el Arte Mexicano Virreinal y el Art Déco.

Correspondencia: rodrigo.ledesma@udem.edu

Resumen:

Ante las limitadas observaciones y análisis que se hacen con relación a las acciones artísticas dirigidas a niños y jóvenes, desarrolladas en las escuelas y fuera de ellas, este texto busca describir el diseño, gestión, implementación e impacto del proyecto educativo Leer para Crear en el espacio público a través del arte. Es una investigación cualitativa basada en la entrevista en profundidad, la observación y el registro de archivos. Esta práctica se realizó con 142 participantes, entre niños y jóvenes, en el barrio El Nejayote, en Monterrey, México, de julio a septiembre del 2017. La experiencia ha sido replicada con éxito en ocho escuelas primarias de la Secretaría de Educación Pública del estado, quedando comprobado la efectividad del método de intervención Leer para Crear. La información recabada apunta que este modelo de intervención artística en los espacios públicos con base en el fomento en la lectura y la plástica, a través de la técnica mosaico-Trencadís, constituye un medio ideal para fomentar el pensamiento creativo e innovador, el trabajo en equipo, lo cual influye en el desarrollo emocional del niño y lo invita a tener un compromiso con su entorno, además de intervenir de manera directa en su desarrollo y aprendizaje.

Palabras Claves: Arte, educación, desarrollo creativo y social inclusivo

Read to Create educational intervention model: a way for inclusive creative and social development in children and young people.

Abstract

In view of the limited observations and analyzes that are made in relation to artistic actions, aimed at children and young people, developed in and outside schools, this text seeks to describe the design, management, implementation and impact of the educational project Read to Create in public space through art. It is a qualitative investigation based on the interview in depth, the observation and the registry of files. This practice was carried out with 142 participants, among children and young people, in the El Nejayote neighborhood, in Monterrey, Mexico, from July to September 2017. The experience has been successfully replicated in eight primary schools of the State Department of Public Education, being proven the effectiveness of the intervention method Read to Create. The information gathered indicates that this model of artistic intervention in public spaces based on the promotion of reading and art, through the Trencadís-mosaic technique, constitutes an ideal means of promoting creative and

innovative thinking, work in team, influences the emotional development of the child and invites him to have a commitment to his environment, in addition to directly intervening in his development and learning.

Keywords: Art, education, creative and social development

Introducción

El estudio considera trascendental la necesidad de sistematizar y analizar experiencias que evoquen casos de éxitos en el panorama educativo desde las artes y la cultura, binomio que aporta a los niños competencias blandas (emocionales, motivacionales y valores), además de una responsabilidad y/o compromiso ante la sociedad, logrando convertirlos en ciudadanos responsables. No es un secreto para nadie que existen infinidad de experiencias que relacionan el arte con la educación, con métodos de intervención diferentes que han sido aplicados a lo largo de los años y en diferentes partes del mundo, tendencia que va en alza en los tiempos actuales. En este terreno, a veces escabroso e invisible, no se le presta mucha atención el documentar y evaluar el impacto de estas prácticas.

Por esta razón, la necesidad de comunicar el proceso y los resultados de los proyectos de integración arte-educación han adquirido mayor importancia. En este trabajo se ofrece un examen detallado de un modelo de intervención que luego de haberse consolidado y aprobado su efectividad en ocho escuelas primarias ha logrado cruzar el escenario educativo, desde su estado físico, para incursionar en la comunidad, brindando herramientas para su posterior práctica en otros contextos, como el comunitario.

Desde una perspectiva histórica, la relación arte y educación se ha transformado de acuerdo con las épocas históricas. Por más que esta analogía pase por un proceso de cambio, aún persiste una versión limitada de su empleo en el ámbito educativo. No obstante, es apenas con el surgimiento de la psicología como disciplina que se le otorga valor a la originalidad y a la expresión, aptitudes que fueron tomadas como relevantes por los docentes (Efland & Stuhr, 2003). “A partir del siglo XVII, psicólogos y pedagogos ilustres como Juan Amos Comenius, John Lock y J.J. Rousseau, hicieron notar que el arte puede servir como un elemento educativo, destacándose con ello sus dos valores: el artístico-creador-emotivo y el psicopedagógico-expresión-comunicación, insistiendo en la idea de que, siendo medios de comunicación, deben aprenderlos todos, así como se hace con el lenguaje oral y escrito” (Jiménez, 2011, p.10).

Pero las inquietantes y favorables transformaciones no se perciben con claridad hasta la primera mitad del siglo XIX, al considerar estos signos artísticos como una forma de “expresión libre, y no como la repetición inútil de cánones estereotipados” (Jiménez, 2011, p.10). Es para ese entonces que queda demostrado que el arte suscita un efecto positivo pues desarrolla “tanto habilidades sociales, corporales y psicológicas, así como un desarrollo verdadero de la autoestima y el autoconcepto” (García, 2012, p. sn).

De igual manera, para la educación aparecen nuevos elementos relacionados de manera directa con la conducta, con la inserción de la vida cotidiana, con la libertad de expresión, por lo que de acuerdo con lo anterior, García (2012) menciona que:

El objetivo primordial de la escuela es el de capacitar a los niños para que puedan re-pensar y cambiar el mundo que se les ha enseñado, enseñándoles a discriminar lo bueno de lo nocivo, a través de un pensamiento crítico; enseñarles a elegir conscientemente sus valores y concepciones del mundo y de sus vidas, entendiendo los valores y significados que tiene cada sociedad, comunidad, cultura, etc. (p. sn)

La educación tiene que ver con el futuro, no con el pasado, y sin embargo es ahí donde nos encontramos (Gerver, 2010, p. 165). Entonces aparece el criterio educación tradicional como un freno a estas ideas y la “educación emprendedora” Robinson (2012), como el antídoto ante todas las limitaciones, normas y regulaciones vigentes, en fin, como una actitud nihilista ante el pensar educativo pasado. Entendamos la educación emprendedora como “la que garantiza la integración de los alumnos al mundo laboral que se va perfilando, pero también tiene que servir para convertir a los niños y niñas en ciudadanos de primera fila, con un rol participativo en la sociedad desde su entrada en los centros educativos, y actitudes responsables respecto a su contexto y también respecto a los propios sueños y vocaciones (Cros, S., Forasté, A. & Masgrau, M, 2015 p.68).

Hart (1983) en su libro “Human Brain, Human Learning (citado por Checa & Olaya, 2017) enunció que la estructura del enfoque tradicional de enseñanza y aprendizaje era “opuesta al cerebro” (p.9). Según Checa & Olaya (2017) su hipótesis era que la enseñanza compatible con el cerebro tendría como resultado un aprendizaje, un clima y una conducta mucho mejores. Y declaraba enfáticamente que para que la educación fuera realmente “compatible con el cerebro” debía ocurrir un cambio en el paradigma de enseñanza-aprendizaje. (p.9)

En los tiempos actuales, tan convulsos y vertiginosos, se necesita de una mirada diferente en la formación de los niños y jóvenes, en donde se incorpore técnicas didácticas que estén acordes a la fluidez de estos momentos, por un lado, y por otro, que se busque incorporar otras acciones que ofrezcan una visión actual y real del mundo en que vivimos, que invite a descubrir, entender y solucionar los problemas que irrumpen el día a día. Y en este pensar se puede distinguir que el arte y la cultura es un camino ideal para ello.

Cuando la educación se encuentra con el arte y la cultura, se abre una vía que brinda a niños, niñas y jóvenes la posibilidad de desarrollar todo su potencial. Una educación artística y cultural rica, con sentido, bien pensada y ejecutada, no sólo ayuda a los y las estudiantes a enriquecer sus proyectos artísticos, motivándolos a utilizar de manera creativa todos los recursos locales a su alcance, sino también a formular propuestas que van en beneficio de su desarrollo (Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, 2016, p. 10).

El arte requiriendo demandado por la educación y la sociedad

En la actualidad, cuando nos referimos al arte y su relación con la educación de inmediato nuestro pensamiento nos remota al mundo de la educación artística, limitándose preferentemente al entorno educativo escolar como una vía eficaz para lograr una formación integral de la personas, motivando el desarrollo de capacidades epistemológicas y expresivas, es decir, con una mirada muy limitada porque su aportación se confina a la producción de beneficios educativos generales y no como forma de producción cultural (Sánchez, 2010, p 43).

No obstante, “la educación artística interpelan y modifican a los sujetos en la construcción de su conocimiento” (Fernández, 2010, p.40) y contribuye al desarrollo de capacidades cognitivas, expresivas y relacionales específicas (Parsons, 2002; Read, 2007; Eisner, 1992; Efland, 2004 citadas en Sánchez, 2010); y en este engranaje educación-arte, el arte y la cultura como piedra angular del proceso educativo, ayuda a pensar la vida de manera diferente convocando a la reflexión crítica y a la transformación de la realidad circundante (Eva Morales citado por Santodomingo, 2019).

El Secretario General de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación (OEI) Álvaro Marchesi (2009) menciona que

En épocas pasadas, y por desgracia todavía en los tiempos actuales, se pensaba que la educación artística podía ser de interés solo para quienes veían en el arte un

campo de desarrollo profesional o era contemplada como una actividad marginal en las escuelas. Lo cierto es que el avance en la investigación de la psicología, la neurociencia, la educación y los valores han subrayado la importancia de las artes como espacios que brindan la posibilidad de transformación de la dimensión humana, tanto en los ámbitos del conocimiento como en los afectivos, sociales y espirituales. (p. 7)

Todo lo mencionado demuestra la importancia que, poco a poco, se le ha estado proporcionando al arte en la educación, el propio Marchesi (2009) hace hincapié en que “el aprendizaje y la experiencia del arte en las escuelas y fuera de ellas constituye una de las estrategias más poderosas para la construcción de la ciudadanía” esfuerzo que se debe pronunciar desde la política educacional y en la formación del docente (p.7) ideas que son apoyadas por Fernández, 2009; Sánchez, 2009; Villela, 2009; Martínez, 2009; Giráldez, 2009; Torres, 2009 (citado por OEI, 2009)

En este sentido, el actuar diferente es una condición vital para vivir y convivir el momento presente y desarrollar capacidades creativas y de inclusión social en niños y jóvenes, para ello debe considerarse al arte como una “importante oportunidad para ser, crear y transformar la realidad” (Elisondo, Donolo & Rinaudo, 2012, p. sn). Por tal motivo, cada vez se hace más evidente la necesidad de incluir el arte no sólo en las escuelas, sino en toda la sociedad (Palacios, 2006).

En esta dimensión social, el arte se muestra como “mediador de participación ciudadana en diferentes proyectos que promueven la creación de redes de apoyo para reforzar el sentido de pertenencia a una comunidad y reajustar los sistemas de relaciones vitales a nivel familiar, grupal y social (Abad, 2009, p. 2).

Los contextos educativos y la cultura escolar permanecen como uno de los principales lugares para proporcionar experiencias significativas a través de esta función cultural y social de las artes, entendida como dinamizadora de los procesos simbólicos que sirven no sólo para ordenar la realidad, sino también para modificada y entenderse en ella (Abad, 2009, p. 4).

Y en este contexto se pretende, por un lado, que las escuelas deban estar al margen de los problemas de la sociedad y ser además un motor de transformación institucional (Checa & Olaya, 2017), y por otro lado, ser un generador de una “cultura escolar propia, donde las artes puedan servir de andamiaje en la construcción de las estructuras afectivas y pedagógicas que favorecen la trasmisión de valores, no como algo impuesto de forma unívoca, sino como piezas para integrar en nuestras vidas” (Gardner, 1994, p. 30).

En fin, las ideas con relación al arte y la educación han favoreciendo que se tome conciencia, gradualmente, de su importancia, y como expresa Gardner (1994)

Al igual que no se puede suponer que los individuos aprenderán en ausencia de apoyo a leer y a escribir en sus lenguajes naturales, así también, parece razonable suponer que los individuos pueden beneficiarse de la ayuda que pueden recibir cuando aprenden a leer y a escribir en los diversos lenguajes de las artes. (p. 30)

Otro aspecto imprescindible a destacar en la educación es la necesidad de la vivencia (Vigotsky citado en Bozhovich, 1976), identificada como la relación afectiva del niño con su medio, representado tanto el medio como lo que el niño aporta a través del nivel ya alcanzado (Cabrera & Gallado, 2013). En esta trama social se apuntan tres componentes claves en la formación: el intelectual, el motivacional y el práctico (Labarrere Reyes y Valdivia Pairol, 2002 citado por Cabrera & Gallado, 2013).

Lo que hace el arte

Abad (2012) expone que la irrupción del artista o el educador a través del arte en el ámbito escolar “significaba una trasgresión en las rutinas para interrumpir la normalidad, buscando el diálogo, la reflexión crítica y la invitación a experimentar, conocer e investigar en los procesos comunitarios”. (p.28)

En esta perspectiva, González (2012) enuncia que el arte es una manifestación de la expresión y la comunicación humana, que implica un trabajo de creación estética, mediante diversos lenguajes o técnicas de representación simbólica, con el propósito de producir un impacto sensible, experiencia emocional de recreación o invención de la realidad. (p. 59) Checa & Olaya (2017) defiende la idea de que un cambio de actitud hacia el arte puede proporcionar experiencias cognitivas y afectivas muy positivas, pues la contemplación y reflexión sobre las obras artísticas, tanto pictóricas como poéticas, constituyen un vehículo idóneo para plantearse problemas cotidianos y resolverlos desde diferentes perspectivas. (p.69)

González (2012) además describe que los problemas nacen de la problemática humana, de los mismos valores ético-mítico-emocionales (...) y que se encuentran en la vida cotidiana del estudiante, en su familia, en la escuela, en la sociedad y el contexto. (p.73) Entonces, no es difícil comprender hasta qué punto el arte es trascendental en la educación y cómo el binomio arte-educación es capaz de transformar el entorno, resolver y aportar soluciones a los problemas que nos revela la sociedad, por lo que todo lo expuesto hasta aquí muestra lo significativo del cambio

del paradigma educativo, de una educación tradicional (estática, bañada de verdades absolutas y fragmentada) a una educación emprendedora cargada de cambio, iniciativas, colaboración, de expresiones, sentimientos, emociones y centrada en el alumno.

“El cambio de paradigma educacional supone entender la institución artístico-cultural como un espacio situado en el circuito de aprendizaje y de transformación social” (Llevadot & Pagès, 2018, p.122). El impacto está en “propiciar los procesos de creación artística y dejar la técnica y la tecnología sólo como apoyo instrumental (Gonzales, 2012, p. 59).

Restituir el paradigma educativo es una necesidad

Ante estas condicionantes, se debe destacar que la reforma educativa, con su nueva concepción de “Nueva Escuela Mexicana” (NEM) ha suscitado centrar una atención especial a las artes. En el Artículo 3º Constitucional para la Nueva Escuela Mexicana aparece como directriz

Promover en su plan y programas de estudio la perspectiva de género, el conocimiento de matemáticas, la lectura y la escritura, la literacidad, la historia, la geografía, el civismo, la filosofía, la tecnología, la innovación, las lenguas indígenas de nuestro país, las lenguas extranjeras, la educación física, el deporte, las artes, la promoción de estilos de vida saludables, la educación sexual y reproductiva y el cuidado del medio ambiente (Subsecretaría de Educación Básica, 2019, p sn).

Esta reformulación curricular, es un avance de los transformaciones que estos tiempos reclaman, no obstante queda en la superficie, pues para llevarlo a vía de actuación se necesita de la infraestructura necesaria y del personal capacitado (con los conocimientos de artes) para ello. Debemos tener presente que cualquier conflicto suscitado en su andar afectaría directamente al estudiante, en su motivación y quizás hasta su propia autoestima. El cambio formulado, acorde a las exigencias actuales, desembocaría en “la formación de personas técnicamente competentes y socialmente comprometidas en la solución de los grandes problemas nacionales y globales, lo que implica fortalecer la formación ciudadana (Subsecretaría de Educación Básica, 2019, p sn). Nuestro recelo está en su ejecución, aunque no tenemos el objetivo de analizar este despliegue de iniciativas educativas si consideramos que es un foco de atención que merece mirarse con lupa y con sentido crítico su implementación.

La práctica y su visión en la relación arte-educación.

Se puede decir con certeza que el binomio arte-educación es un componente básico en la formación integral de los niños y jóvenes, y para ello se requiere de actitud de apertura, de impulso, motivación y de una sensibilidad a los problemas que nos envuelven. En fin, es una elección consciente cargada de significado.

García (2017) basado en lo expresado explica que

Esta capacidad educativa que tiene el arte no es algo nuevo, ya instituciones como la Escuela Nueva, Educación por la Acción, Summerhill, etc., abogaron por una autoexpresión creativa del niño desde la no intervención, entendiendo que el profesor motiva y apoya, no imponiendo conceptos sobre las imágenes y procurando no inhibir la autoexpresión del niño. Por el Contrario, la DBAE (Discipline Based Arts Education) propone que además de motivar y apoyar al niño, éste debe ayudar al niño a que, a su nivel, entienda los conceptos, utilizando imágenes del arte valoradas culturalmente. (p. sn)

A partir de la década de los ochenta de siglo pasado, en Europa y Estados Unidos, el arte en la escuela adquirió una mayor presencia. Se consideró que el arte daba más oportunidades a los niños al combinar inteligencia y sensibilidad, reflexión y emoción (Gadamer, 1984; Eisner, 1987, Kerlan, 2007). Sin embargo, durante largo tiempo, las políticas culturales y educativas habían aislado al arte de la educación escolar y viceversa, generando barreras en el proceso de aprendizaje y su dimensión creativa, convirtiendo a la escuela en receptora de actividades estandarizadas (Pagès, 2011) “con poco margen de participación y aprendizaje por parte de alumnos y maestros” (Llevadot & Pagès, 2018, p.122).

Con anterioridad, se ha dicho, que existen muchas experiencias que dan fe de lo valioso que es el arte en la educación. Un ejemplo es el proyecto ConArte Internacional, surgido el año 2013 en Girona, en colaboración con la UNESCO y ConArte México cuya finalidad “era trabajar conjuntamente en diferentes proyectos de educación y empoderamiento de jóvenes, niños y niñas a través de las artes en las escuelas públicas”. El proyecto Planters “era un programa bianual de educación artística que introduce la música, el teatro y la danza en cinco escuelas y tres institutos de Salt, Torroella-L’Estartit y Figueres durante los cursos escolares 2014-2015 y 2015-2016” (Gemma, 2017, p.1).

Entre sus principales hallazgos destaca la mejora de los aprendizajes generales de los participantes, menciona un fuerte impacto directo en el desarrollo de su competencia intercultural y una mejora de la participación en la vida cultural (Gemma, 2017). “Se observó además una mejora de los expedientes académicos de los

estudiantes que participaron en el proyecto en comparación con estudiantes que no participaron” (Gemma, 2017, p. 3).

Otra muestra de interés es lo acontecido con Arts Integration (integración del arte en educación), con inspiración en las ideas de Dewey y Kilpatrick; la llamada Escuela Nueva a través de la modalidad Project Based Learning; el Center for the Performing Arts (KC) con John F. Kennedy, el programa de transformación de la educación a través de las Artes “Changing Education Through the Arts program (CETA). “Los líderes del programa CETA definen el concepto Arts Integration como una metodología de enseñanza en la que los estudiantes demuestran el conocimiento aprendido a través de una forma artística, comprometiéndose en el proceso creativo y conectando con otras áreas de conocimiento a través del desarrollo gradual de los objetivos previstos de las dos áreas” (Llevadot & Pagès, 2018, p.122). Uno de los logros de esta intervención es “que los docentes se adaptan a la forma de aprender de los estudiantes, desarrollan una mayor comprensión y curiosidad intelectual, así como más tolerancia, confianza, motivación y autoexigencia (Llevadot & Pagès, 2018, p.123).

Si seguimos indagando en el tema podemos encontrar con muchos más ejemplos que se muestran como antecedentes concluyentes de que la idea del arte en la educación se fragua como una necesidad, en donde el progreso desde la educación es vital por los beneficios que aporta a los involucrados, ya sea para el docente como para los propios alumnos. El vínculo arte-educación debe ser concebido como un proceso en espiral, que necesita continuamente irse enriqueciendo, identificando logros y riesgos para evitar la incertidumbre y culminar con una acción exitosa.

En línea con lo que venimos registrando encontramos un estudio de caso singular de integración del arte en educación: arte y escuela del centro de artes contemporáneas AVIC. “ACVIC surge de la colaboración de una asociación de artistas y creadores- de H. Asociación para las Artes Contemporáneas fundada en 1991-, y de dos administraciones, la local y la autonómica”. El centro cultural pertenece a la Red de Centros Territoriales de Artes Visuales de Cataluña cuyo objetivo es “presentar una perspectiva integradora entre arte y pedagogía por parte de un equipamiento cultural público, entendiendo que el hecho educativo va más allá de la escuela y que el hecho cultural y artístico no es exclusivo de los museos o centros de arte” (Llevadot & Pagès, 2018, p. 124).

Para el 2010, en ACVIC se pone en funcionamiento unas nuevas metodologías de aprendizaje basadas en la creatividad y en consonancia con esta propuesta para el 2014 - 2015 se incluye el tema de la cuarta edición del proyecto Arte y Escuela. En este

entorno educativo es que se desarrolla el estudio de caso con 30 centros educativos, 35 proyectos y 3,200 alumnos implicados. A partir de un eje temático común -en este caso la luz- los asesores de arte y los maestros compartieron e intercambiaron ideas y recursos mediante el vínculo entre prácticas artísticas contemporáneas y educativas durante todo un curso escolar.

Los resultados de esta intervención arrojaron que “un alto nivel de colaboración y reconocimiento mutuo entre profesionales del arte y la educación favoreciendo nuevas propuestas, metodologías y formas de evaluar” (Llevadot & Pagès, 2018, p.121). Mencionan además que cuando el arte se integra en la actividad de los maestros pone la atención en los vínculos, las relaciones y el afecto a través de compartir saberes, experiencias y lenguajes y de estar dispuesto a explorar nuevas posibilidades y metodologías (Llevadot & Pagès, 2018). Su propuesta iba encaminado específicamente a evaluar cómo a través del arte se puede elevar la calidad docente.

Luego de un desglose de percepciones con relación al arte y la educación, de la descripción de los antecedentes en este tipo de modalidad didáctica y de los resultados de un estudio de caso con un tema similar pero encaminado a la incidencia del arte en el docente, no queda más que exponer el objetivo de esta investigación.

La exploración busca: Describir el diseño, gestión, implementación e impacto del proyecto educativo Leer para Crear en el espacio público a través del arte, en el barrio El Nejayote, en Monterrey, México, experiencia que ha sido replicada con éxito en ocho centros escolares del estado. Lo interesante de esta pesquisa es que no se circunscribe únicamente a la labor artística desarrollada en los ocho centros escolares, esto sólo se exhibe a manera de vivencia práctica de la metodología de intervención. El estudio evalúa el modelo aplicado en las escuelas pero en un espacio externo, la comunidad, es decir, en el lugar más íntimo de la ciudad, el barrio.

Metodología

Es una investigación cualitativa con un enfoque descriptivo que parte del “supuesto básico de que el mundo social está construido de significados y símbolos” (Jiménez-Domínguez citado por Salgado, 2007, p.1). Este estudio de casos o análisis de casos busco un “acercamiento más real del contexto donde se desarrolla el fenómeno a investigar” (Jiménez & Comet, 2016, p. 2). Para ellos se tomaron múltiples fuentes de evidencias que confluyeron en el análisis de datos a través de la triangulación, permitiendo “triangular informantes/personas, tiempos y espacios/contextos” (Rodríguez. S, Pozo. T y Gutiérrez, J, 2016, p.1).

Entre las técnicas de recogida de información está la entrevista en profundidad considerada una “herramienta eficaz para desentrañar significaciones, las cuales fueron elaboradas por los sujetos mediante sus discursos, relatos y experiencias” (Troncoso & Amaya, 2017, p.1), la cual estuvo dirigida a docentes, vecinos y gestores del proyecto (artistas) con la finalidad de describir el impacto del hecho cultural en los niños, jóvenes y vecinos del barrio.

En cambio, la observación se centró en examinar la práctica de las acciones del proyecto. El registro de archivos como fotografía, bocetos, informe de evaluación, y la recogida de información del acontecer cultural por las redes sociales (Facebook-Twitter-Página web) permitieron visualizar las acciones, convocatoria e invitación; y los registro gráficos de los talleres confirieron representar en detalle todo lo acontecido.

La experiencia se desarrolló en el barrio El Nejayote, en Monterrey, México, de julio a septiembre del 2017, asesorado y dirigido por el proyecto Al MURAL, equipo de promotores y artistas culturales que trabajan la construcción de murales con la técnica de mosaico-Trencadís.

La muestra fue de 142 participantes, entre niños y jóvenes, se realizaron seis sesiones de taller (una sesión por semana) con duración de tres horas cada uno. Cada taller atendió a más de 20 participantes y estos fueron convocados a través de llamadas telefónicas a los centros educacionales, programas de radio, TV y espacios culturales. Se impartió un taller de lectura, un taller de mosaico-Trencadís y se culminó con la realización e inauguración de un mural realizado en una de las banquetas (aceras) del barrio El Nejayote, en Monterrey. .

El estudio tuvo como limitante que no se obtuvo ninguna información ex-ante con relación a los niños y jóvenes participantes, por lo que no se pudo interpretar el comportamiento y bienestar individual de manera comparativa. Sin embargo, la información recabada durante y después del proceso de intervención arrojó información importante que se explican a continuación.

Leer para Crear. Un análisis desde su práctica

Historia de su surgimiento

La propuesta educativa Leer para Crear es una iniciativa del proyecto AL MURAL, equipo de artistas y promotores culturales que trabajan en conjunto en la construcción de murales con la técnica de mosaico-Trencadís. Al MURAL fue creado en marzo del 2012 por la promotora cultural Lucero Montes (líder del proyecto

Caminando en Mi Barrio, y del proyecto colectivo AL MURAL desde marzo 2012) con la finalidad de compartir la magia del arte a través de la técnica plástica, antes mencionada, y “lograr una completa expresión e integración social en diversos espacios culturales, escuelas, centros holísticos, mercados y plazas públicas” (L. Montes, comunicación personal, 12 de agosto de 2019).

Retomando la idea de Toro (2008) que “la escuela debe ser el espacio social en el que cada individuo puede descubrir, expresar y compartir lo mejor de sí mismo” (p.78) se le presentó en primera instancia a la Secretaría de Educación Pública (SEP) la idea de hacer un mural a través de la lectura. La SEP argumenta no tener el presupuesto para apoyar, pero en cambio autorizó el participar al equipo AL MURAL en un evento de ecología que ellos auspiciaban con el propósito que se presentará la iniciativa a los directivos de las escuelas.

Como resultado de esta acción se registraron en el proyecto ochos planteles, entre preescolar y primaria, tanto del turno matutino como vespertino, cubriendo seis municipios del estado de Nuevo León: dos en Monterrey, uno en García, Apodaca, General Escobedo, Santa Catarina y dos en San Nicolás de los Garza. El colectivo AL MURAL asumió todo el material que se necesitaba para llevar la propuesta, se contó además con la aportación de Berel (distribuidor principal de pintura en el país) así como del grupo Lamosa (empresa de Revestimientos y Adhesivos Cerámicos dentro y fuera de México).

La dinámica de trabajo en los centros educativos son como siguen: en primer lugar se coordinó con las escuelas los grupos a participar y los horarios; como segundo paso se seleccionó la lectura a trabajar, buscado que estuviera incluida en el programa de estudio; en tercer lugar los estudiantes analizaron y reflexionaron sobre la lectura; en cuarto, se le sugirió hacer un boceto sobre lo leído, este dibujo era individual; luego como quinto momento se realizó una selección de aquellos trabajos que lograron un mayor acercamiento a la lectura y “recolectara más información sobre lo leído” (L. Montes, comunicación personal, 12 de agosto de 2019) ; como sexto, se entregó los bocetos a uno de los ochos artistas invitados al proyecto AL MURAL para que pudiera esbozar un dibujo que asociara todas las ideas; en séptimo instante, el diseño final se les presentó a los alumnos; octavo paso se invitó al taller de mosaico-Trencadís para que pudieran familiarizarse con la técnica, asistiendo cada hora de 10 a 12 niños, con lo que se consigna que todos pasaran por la actividad y disfrutaran de la experiencia; como noveno paso se comenzó a trabajar en la pieza mural y se instaló en el muro designado por el centro educativo. En todas las ocasiones estos murales artísticos fueron ubicados en el espacio público.



Foto 1. J.N. Abraham Lincoln (Turno Matutino) en Decreto presidencial 7128 col. Plutarco Elías Calles, Monterrey. Boceto por el artista guía Batóry Hanzo, inspirado en el cuento “El cuervo y el collar de perlas”

La estrecha relación arte y educación en las ochos escuelas lograron fomentar la construcción de lazos en la comunidad estudiantil en pro de la sensibilidad, la inspiración y la creatividad, empleando a la lectura como un proceso mental e inspiracional. Los niños y jóvenes reflexionaron sobre las habilidades que habían aprehendido al expresar sus emociones con relación a la lectura, en la ejecución de los bocetos y en la realización del muro con la técnica Trencadís, motivándolos a trabajar en equipos, “era perceptible cambios en los alumnos, lográndose un aprendizaje más significativo, motivándolos incluso a la investigación, a la lectura y a la escritura” (Daniela Olmos, comunicación personal, 17 de agosto, 2019). Entre las destrezas emocionales destacaron la comunicación, el respeto a la opinión del otro, el aprender a escuchar, hacer empáticos, obtener más confianza, autoconocimiento, gratitud, urbanidad, familiaridad y a descubrir que lo aprendido puede contribuir a engalanar y/o transformar el entorno que habitamos.

Lo sucedido fue un “detonador para embellecer el espacio en donde no sólo se estimulaba a los niños y jóvenes, sino también a los adultos que los acompañaban, quienes terminaron replicando la técnica en macetas, etc.” (L. Montes, comunicación personal, 12 de agosto de 2019). La maestra Gloria, E. Amador expone que estas actividades en donde se combina el arte con la educación cuya finalidad es embellecer el entorno y motivar al alumno a través de la experiencia y el aprender- haciendo es importante potenciarlo en las escuelas, en su caso los colegios que ellas dirige, en Monterrey, se caracterizan por poseer un entorno gris sin nada de emoción por lo que acciones como estas incentivan no solo a los alumnos sino también al docente, además

que le ofrecen al espacio educativo un lugar artístico significativo para ellos (comunicación personal, 15 de agosto, 2019). Spravkin en el Foro Nacional de Educación (2013) menciona que “no venimos al mundo con la sensibilidad artística, sino con la capacidad para desarrollarla”. (s.p).

Luego de descubrir la efectividad de esta acción educativa-artística y teniendo en cuenta lo expresado por Leeper, R. W. en 1948 y 1970 (citado por Torres, Gonzalo & García, 2009) quien asegura que las emociones controla la conducta, no hay error en considerar a la motivación como uno de los componentes fundamentales de todo este proceso, idea fundamentada por Pekrun (citado por Torres, Gonzalo & García, 2009) quien expresó que se han detectado numerosos efectos indirectos del impacto de las emociones en la motivación (p.38). Asimismo es imposible separar la intuición, de la acción y el deseo de querer dejar una huella en un espacio que a pesar de ser público se asume como suyo. Lucero expresa que se podía notar el “orgullo de participar en una pieza artística que perdurará en el tiempo y estuviera visible a todos” (comunicación personal, 13 de agosto de 2019).



Foto 2. JN. Joan Miró (Turno Vespertino) en Av. San Miguel s/n col. Alianza Real, General Escobedo. Boceto por el artista guía Carlos Limas, inspirado en el cuento “La tortuga y la liebre”. Fotografía Lucero Montes

En fin, el arte es una importante herramienta para el desarrollo emocional, un complemento poderoso en la educación y para el fortalecimiento del tejido social, aunque debemos partir del hecho de que “el arte está en todas las asignaturas, ejemplo, en la matemática, la geografía, en la historia, etc. en todas ellas hay una manifestación estética (Gloria, E. Amador, comunicación personal, 15 de agosto, 2019) que hay que potenciar con sentido creativo e innovador. La irrupción del arte

en las escuelas desde una visión diferente como la expresada en este texto rompe con la dicotomía arte-educación que se venía dando en el sector educacional, en donde se le restaba validez e importancia al arte como medio vital para forjar identidad y consolidar ciudadanos responsables con su entorno. Pero, obviamente, esta interpretación no es homogénea para todos, “la Secretaría de Educación no apoya a los proyectos artísticos, desde sus discursos se promueve pero en la concreta, es decir, en la vida real no es cierto, aunque estamos esperando de un cambio con la puesta en práctica de la Nueva Escuela Mexicana” (Gloria, E. Amador, comunicación personal, 16 de agosto, 2019).

Desde esta perspectiva, y ante los resultados obtenidos en las ocho intervenciones en las escuelas mencionadas se decidió incursionar en otros ámbitos, como la comunidad, y es cuando surge la idea del proyecto Leer para Crear presentado a la invitación del Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias (PACMyC) convocado por la Dirección General de Culturas Populares, Indígenas y Urbanas en el año 2019.

Juntos podemos cambiar el entorno que habitamos

Creo que el arte es en sí un proceso educativo.

Las disciplinas artísticas son una forma
de educarse y nos llevan a lugares los
que sólo ellas pueden llevarnos.

(Yáñez, 2012, s.p)

El proyecto educativo Leer para Crear tuvo como finalidad la intervención con mural de mosaico-Trencadís en el espacio público por medio de la lectura, es una actividad dirigida a niños y jóvenes que buscaba que se expresaran de forma creativa reutilizando diversos materiales de desecho con el lema YO REUTILIZO, CREO Y CONSTRUYO. Su objetivo general era fomentar el pensamiento creativo y el trabajo en equipo por medio de la lectura y la plástica en los participantes de los talleres, y como objetivos específicos se identifica el conocer el proceso de realización de un libro, mejorar la expresión oral, elevar el nivel educativo y artístico, fortalecer el tejido social realizando actividades culturales para el embellecimiento del entorno, integrando a la comunidad y rescatando la identidad del espacio público.

Resultados prácticos

Se parte del arte como generador de un espacio para “Ser”, para dialogar, para interpretar y transformar mediante el desarrollo de experiencias significativas, conformando espacios que inciten a la experimentación, al movimiento, al desarrollo

de la imaginación, a la inclusión, al desarrollo de la sensorialidad atendiendo a la diversidad y jerarquizando el juego y los talleres como estrategia metodológicas privilegiadas (Ruggieri & Ternande, 2012, 111).

La herramienta que se utilizó para alcanzar los objetivos propuestos fue la técnica artística de mosaico-Trencadís (que significa roto, en catalán). “La técnica del mosaico creativo, mosaiquismo o Trencadís da muchas ventajas, por un lado, hace uso de la creación y la improvisación en el diseño para conseguir ofrecer un maquillaje artístico en las banquetas, y por otro lado, brinda la posibilidad de aprovechar materiales en desuso” (Díaz & Ledesma, 2018, p, 5).

Se empleó el mismo proceso de intervención de los ochos centros educativos: mural que se inspira en textos de un libro previamente leído, se boceta y se realiza el mural con la técnica Trencadís y por último se coloca en el espacio público con la participación de un artista guía. “Actividad integral donde cada paso del proceso tiene una función importante y al final se ve reflejado en la pieza artística, la cual es vista masivamente, pieza que se apropia del espacio y se integra al mismo” (L. Montes, comunicación personal, 12 de agosto de 2019).

Etapas del modelo Leer para Crear

I. Etapa de planificación

Es el momento para definir espacios, escoger las lecturas, precisar los recursos, apoyos y/o patrocinios, planificar las acciones, delimitar número de participantes, escoger los medios de promoción más adecuado a la circunstancias, como la redes sociales (Facebook-Twitter-Página web), los medios masivos como la Radio – T.V, así como webflyer, Gif, vídeo, póster y volantes impresos, y en caso de coordinación con los centros educativos se precisa del contacto con sus directivos, de manera tal que se avale un compromiso y responsabilidad ante el proyecto. Es imprescindible el medir, un antes y un después, de manera tal que se pueda comprobar un cambio de comportamiento, actitud y de habilidades de los participantes.

El proyecto Leer para Crear constó con dos talleres: un taller de lectura y un taller de mosaico-Trencadís, con seis sesiones, de tres horas una vez a la semana, para un total de 18 horas; cada uno de ellos atendió a más de 20 participantes, en especial a niños y jóvenes, aunque también participaron adultos. Se trabajó de julio a septiembre del 2017, en el barrio El Nejayote, donde se emplearon los medios mencionados anteriormente para su divulgación y se contó con un resguardo fotográfico y de video de todo lo sucedido. Participaron un total 142 personas.

II. Etapa de seducción

En el taller de lectura se exploró el cuento de la Editorial Quiosco Oropéndola, “El Circo de las Maravillas” de Alma Morales (Escritora y miembro del grupo AL MURAL), literatura fantástica que aborda como tema principal los valores de la tolerancia y la fraternidad.

La actividad tenía como propósito desarrollar capacidades como el pensamiento crítico, aumentar el razonamiento, la atención, la comprensión y la sensibilidad, así como desarrollar capacidades auditivas y visuales. Para ello se empleó la lectura del cuento por la autora y la representación teatral a base de títeres: Villalba (citado por Frías, 1996) señala que a partir del cuento se empiezan a crear, se relacionan tanto con la obra, incluso sólo con el título, que se vuelven protagonistas de ella. (p. sn) Jaramillo Martínez (citado por Frías, 1996) menciona además que “el teatro en sí es educativo, porque en todo montaje siempre deben primar cuatro elementos: educar, concientizar, dramatizar y entretener”. (p.sn). Otro componente importante a destacar es el vínculo pedagógico entre la triada recrear-entretener-enseñar.

En fin, la actividad se resume en la selección del cuento, lectura del mismo, acompañamiento de alguna escenificación visual o teatral, comprensión y reflexión sobre el texto y entrega de los libros firmados por la autora; esta última acción cobra un valor significativo para el niño-joven pues cada libro es personalizado, “convirtiéndose en una experiencia significativa, entretenida, en un lugar de encuentro de experiencia y comunicación” (Alma Morales, comunicación personal, septiembre, 2019)



Foto 3. Taller de Lectura en el la Casa León en el barrio El Nejayote. Fotografía Fernando Mol, septiembre 2017

III. Etapa de creación y/ o actuación artística

Otro de los grandes retos de esta experiencia es el relacionado con el taller de Trencadís. Partimos de la idea de que el taller de lectura buscó además elevar los niveles de imaginación y creatividad que se materializaron con el diseño de bocetos, con relación al cuento, para el posterior diseño del mural. Esta etapa se basaba en la realización de bocetos individuales que luego a través de la técnica lluvia de ideas se llegó a un consenso general, que es transmitido a un artista para que pudiera concretar la idea final.

El aprender el proceso de crear la pieza artística de Trencadís era otro de los ejercicios a realizar, se enseñaba las ventajas de reutilizar materiales y de qué modo podría hacerse. Luego de que el artista realizara su esbozo éste era presentado a los participantes y se comenzaba a trabajar en la banquetta, para plasmar el diseño. La invitación a vecinos, padres de familia y transeúntes era otra forma de crear lazos comunitarios.



Foto 4. Taller de Trencadís en el la Casa León en el barrio El Nejayote. Fotografía Fernando Mol, septiembre 2017

El empleo de la técnica Trencadís ha sido considerado un medio idóneo de aprendizaje “es como armar un rompecabezas, invita de alguna forma volver a la niñez, abrir la mente a la imaginación, ayuda a desarrollar el razonamiento de relación entre las partes; de una forma u otra fortifica la paciencia y contribuye a disminuir el estrés, ejercita la memoria pues se precisa recordar el diseño y, en el caso de la comunidad, consigue crear lazos de colaboración y de convivencia” (Díaz & Ledesma, 2018, p, 7).

Estos momentos de creación se sintetizan en: el diseño por separado de un boceto por participante, llegar a un consenso sobre la imagen, llevar la idea a un artista quien termina ofreciéndole el toque final; aprender el empleo de la técnica Trencadís, y plasmarlo en el sitio escogido, ya sea muro, banqueta, macetas, etc.



Figura 5. Taller de Trencadís en el la Casa León en el barrio El Nejayote. Fotografía Fernando Mol, septiembre 2017

En esta etapa la construcción y transformación, en este caso de la banquetta (acera), provoca en cada uno de los participantes el manejo de espacio y creatividad, trabajo en equipo, elevación de la autoestima, motricidad fina, coordinación ojo-mano, agilidad mental, reutilizar materiales, hacer comunidad, desarrollo de organización. El color, el volumen, la línea y en especial la forma constituyen elementos cardinales de la expresión plástica, la unión de los azulejos dan lugar a formas que de manera ordenada y con sentido se van colocando. Esto crea en los participantes una experiencia significativa que invita de manera natural al intercambio de ideas, al apoyo mutuo y a una identificación tanto del espacio como del medio para realizarlo.

Entre los hallazgos se pueden subrayar como competencias a desarrollar la innovación, experimentación y el auto reconocimiento. En estos espacios de creación sobresale como elemento importante el estímulo o motivación, el respeto a la libertad de expresión y la espontaneidad.



Foto 6. Casa de creaciones, inspirado en el cuento del Circo de Maravillas, diseñado por Esmeralda García, septiembre 2017, 5,88 m². Banqueta de la propiedad que se localiza en la calle Ignacio Allende #1225, entre Platón Sánchez y Nicolás Martínez, Barrio El Nejayote, Monterrey, N.L. Fotografía Fernando Mol, septiembre 2017

IV. Etapa de socialización

“Los papeles sociales son el enlace clave entre el individuo y la sociedad”
(Lucas, 2018, p.362).

Según Piaget, Mead y Cooley (citado por Lucas, 2018) el progreso del lenguaje y de la función simbólica son básicos en el proceso de sociabilización, pues son los fundamentos de la comunicación. (p.361), y partiendo de estas ideas se apoya la acción educativa que aquí se evalúa.

Muñoz (2009) reveló que la obligación de la educación social es que el ser humano se convierta en un ser activo y participativo de la sociedad en que vive, expresó además que los alumnos necesitan comprender y entender el entorno social, los derechos y deberes que poseen ante la sociedad y que deben aprender a respetar los criterios de los demás, y “desarrollar actitudes como la participación, la tolerancia, la comprensión y la solidaridad en la relaciones” (p.6) por lo tanto la salida del entorno escolar es una vía eficaz para ofrecerles experiencias significativas.

El trabajar un mural de Trencadís desde el fomento de la lectura puede ser considerado una vía para socializar, al convertirse en un proceso que permite a los participantes, en primer lugar a reconocerse, a respetar al “otro” y a buscar embellecer el entorno social alrededor del cual habita o estudia, y a emplear materiales en desuso.

El diseñar una banqueta en un barrio, que poco a poco se ha venido recuperando de los estragos de la inseguridad del 2010, vacilación que incitó al abandono del

espacio público por sus habitantes, es un tema que va más allá de su propio embellecimiento, por lo que también formó parte de la recuperación de un barrio que lucha por rescatar su vitalidad urbana y sus tradiciones con el apoyo del Colectivo Caminando en Mi Barrio (grupo multidisciplinario de artistas, promotores culturales y ciudadanos radicados en Monterrey). Cada espacio de la ciudad además de ser una representación de nuestros problemas es una responsabilidad de sus habitantes y el arte puede ser una vía para recuperar espacios y esperanzas, “a través del arte podemos rematar el horror en el que vive el país con tantos problemas de índoles sociales, de inseguridad, de drogadicción, abandono y violencia familiar sobre todo en comunidades vulnerables” (Gloria, E. Amador, comunicación personal, 12 de agosto, 2019).

Entonces, podemos asegurar como plantea Muñoz (2009) “el mundo del arte socializa desarrollando la creatividad, la percepción y el conocimiento del mundo interior y exterior del individuo, la expresividad ante los demás” (p.5). En fin, la etapa de socialización es aquella que se entremezcla con la etapa de seducción y de creación y/ o actuación artística. Es buscar que los niños y los jóvenes a través de la exploración, la reflexión y el descubrimiento puedan crear e intervenir en el bien de la sociedad, con acciones que no sólo lo favorezcan, sino que le permita colaborar con otros a que no sea un simple espectador pasivo. A través de la diversión se aprende y se puede cambiar el espacio que nos circunda y crear conciencia del papel que tenemos ante la sociedad.

Por último, se incluye la inauguración del mural Trencadís como la culminación de un proceso de descubrimiento, diseño y creación en comunidad que coadyuvó a ampliar las probabilidades de desarrollo personal y social de cada uno de los participantes en relación con la sociedad en la que vive. La obra exhibida como parte de este proyecto educativo Leer para Crear forma parte de la colección permanente del museo al aire libre que posee el barrio El Nejayote, convirtiéndose en una constancia de la satisfacción de haber apoyado en la recuperación del espacio público, dejando por mucho tiempo un sello de aprendizaje, cooperación y el reconocimientos de sus vecinos.

Conclusiones:

El artículo busca dar un bosquejo crítico de la experiencia del proyecto educativo Leer para Crear a través de la descripción y comprensión del diseño, gestión, implementación e impacto del proyecto, en el espacio público a través del arte, en el

barrio El Nejayote, en Monterrey, México, por lo que se da cumplimiento al objetivo planteado.

Existen muchas metodologías de intervención artística en los centros escolares y en la propia comunidad que no han sido analizadas y esto hace que la experiencia no trascienda. El método Leer para Crear, con sus etapas de planeación, seducción, creación y/ o actuación artística y socialización no busca registrarse como algo único y novedoso, tan solo pretende sistematizar y documentar una experiencia de intervención y reconocer el impacto que el arte y la lectura tienen en los niños y jóvenes, y cómo éstos pueden aportar a la sociedad. Se expone abiertamente que la educación tradicional no es en estos momentos el vehículo idóneo para instruir, que se precisa de una educación emprendedora como refiere Robison (2012).

Aun así cabe responder ¿Es el arte y la lectura una vía para incentivar el desarrollo social inclusivo en niños y jóvenes? La educación, al igual que el arte, deben ir alineando su mirada a la realidad circundante y convertirse en una práctica que la enfrente, en donde sus actores se conviertan en seres motivados, consientes, abiertos y transformadores del mundo real. Freud, Piaget, Miller y Erickson en sus trabajos revelan la importancia del arte en la formación básica y el efecto que provoca en el impulso de destrezas, habilidades y en lo epistemológico. Eisner, 2004 (citado por Checa & Olaya, 2017) revela que las artes enseñan a los niños que los problemas reales suelen tener más de una solución posible, que es necesario analizar las tareas desde diferentes perspectivas, que la imaginación es una poderosa guía en los procesos de resolución o que no siempre existen reglas definidas cuando tienen que tomar decisiones. (p.71)

Como puede verse a lo largo del trabajo, el arte y la lectura, constituyen elementos significativos para el desarrollo cognitivo y creativo de los niños y jóvenes. El salir de los marcos del salón de clases les otorga a los estudiantes cierta libertad emocional. El combinar acciones didácticas como la lectura y la plástica u otras acciones artísticas ayudan de manera directa a incursionar en su inteligencia emocional, incide en su conducta, motivación, emociones y valores, las denominadas competencias blandas; fomenta el pensamiento creativo e innovador, el trabajo en equipo, eleva su autoestima, favorece el auto reconocimiento, el respeto, la tolerancia y el compromiso por querer transformar el entorno, buscando embellecerlo. Como expresó Burcet (2005) para gestionar el cambio es necesario prestar atención a las reacciones emocionales que suscita. (p.1)

Una de las conclusiones importantes del estudio es que el factor motivación es la clave para un desenlace pertinente, que es importante que el niño y el joven aprendan

jugando, descubriendo, que se les permita dilucidar abiertamente y sin prejuicios sobre cualquier tema, por lo que es imprescindible hacer gala de la triada recrear-entretener-enseñar. El examinar, crear, imaginar, concebir, reflexionar y desarrollar también son claves para el buen desenvolvimiento social de los niños y jóvenes. Y allí inmensos, en el espacio educativo, independientemente de la política educacional, deben estar los docentes, artistas y promotores culturales como aquellos actores idóneos para motivar, incentivar, transformar y comprometer a los alumnos a ser cada día mejores ciudadanos.

Agradecimientos:

Al Grupo AL MURAL por darnos la oportunidad de adéntranos en el mundo del arte e irrumpir en el proceso de diseño, gestión, ejecución del proyecto educativo Leer para Crear, a Lucero Montes y Alma Morales como miembros del proyecto. A la Mtra. Gloria E. Amador y la Mtra. Daniela Olmos por su entrega y dedicación al trabajo con los niños; a los vecinos del barrio El Nejayote, Monterrey. A los niños y jóvenes participantes en la experiencia quienes desmitifican la noción y visión de lo que el arte –educación pueden aportar en el desarrollo creativo y social inclusivo. En fin, a todos aquellos que colaboraron con el trabajo siendo portadores de sus experiencia y aprendizaje.

Planteles intervenidos 1. J.N. ROSARIO CASTELLANOS (Turno Matutino en Monterrey); 2. J.N. ABRAHAM LINCOLN (Turno Matutino en Monterrey)); 3.J.N. HERNÁN CORTÉS (Turno Vespertino en Apodaca); 4. PRIM. PROFR. HELIODORO RUÍZ CASTILLO (Turno Matutino en Santa Catarina); 5. J.N JORGE RANGEL GUERRA (Turno Matutino en García); 6. PRIM. CHAPULTEPEC (Turno Matutino en San Nicolás de los Garza); 7. J.N. JOAN MIRÓ (Turno Vespertino en General Escobedo); 8. PRIM. FRANCISCO G. SADA (Turno Matutino en San Nicolás de los Garza).

Referencias:

Abad, Javier (2009) En: Jiménez, Lucina, et al. Educación artística, cultura y ciudadanía. Colección Metas Educativas 2021, Madrid, OEI-Fundación Santillana, pp. 17-23.

Adad, J., Calvo, V. & Ballester, C. (2012). Propuesta de Arte comunitario en contextos escolares. En J. Adad. (Ed.), Formas de expresión y creaciones propias. La competencia cultural y artística (pp. 5-165). España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte[ADF1] .

Burcet, J. (2005). Gestionar el cambio es gestionar emociones. En

Cabrera R. I., Gallardo, L. T. d. J. (2013). Educación intercultural del estudiante universitario: el enfoque de formación humanístico intercultural. Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación, vol. 13 (3), 1-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/447/44729878002.pdf>

Checa, A.R., & Olaya, G. M. (2017). El cerebro infantil necesita arte: Joaquín Lobato, pintor y poeta. Premio Joaquín Guichot a investigaciones, experiencias y materiales sobre Andalucía y su cultura. Recuperado de http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/11012017/43/es-an_2017011113_9083809/lobato/resources/cariboost_files/lobato_documentacion.pdf

Consejo Nacional de la Cultura y las Artes. (2016). Por qué enseñar arte y cómo hacerlo. Caja de herramientas para la educación artística. Santiago, Chile: Ograma impresores.

Cros, S., Forasté, A. & Masgrau, M. (2015). Creatividad. La empresa de tu vida. Barcelona: Plataforma Editorial.

D. Efland & Stuhr, P. (2003). La educación en el arte posmoderno. Barcelona: Paidós.

Díaz, F. A. & Ledesma, R.G. (2018). Un barrio de color: el diseño de un museo al aire libre mediante trencadís en El Nejayote. En Panambí n. 6 Valparaíso. DOI:10.22370/panambi.o.6.1137

Dirección General de Culturas Populares, Indígenas y Urbanas (2019). Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias (PACMyC). Recuperado de <https://www.culturaspopulareseindigenas.gob.mx/index.php/programas/pacmyc>

Elizondo, R., Donolo, D., Rinaudo, M.C. (2012, 7 de febrero). Espacios comunitarios cotidianos. El arte como oportunidad para ser, crear y transformar. Arte y sociedad. Revista de investigación. Recuperado de <http://asri.eumed.net/1/edr.html>

Escobar, T. J. G., Domínguez H. A. A. & García, C. R. (2009). La expresión emocional en el aula y su relación con el aprendizaje significativo: Estudio cualitativo en alumnos de la licenciatura en psicología de la UAEH: www.uaeh.edu.mx

Frías, R. A. (1996, 26 de marzo). El aporte del teatro al aula [Web log post]. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-328766>

García, M. C. (2012, 1 de febrero). ¿Qué puede aportar el arte a la educación? el arte como estrategia para una educación inclusiva. *Arte y sociedad. Revista de investigación*. Recuperado de <http://asri.eumed.net/1/cgm.html>

Gardner, H. (1994): *Educación artística y desarrollo humano*. Barcelona: Paidós.

Gemma, C. (2017). *Evaluación del impacto de las artes en la educación*. Recuperado de <file:///C:/Users/adris/Downloads/Resumenevaluacin1rcicloPlanters-4.pdf>

Gerver, R. (2010). *Crear hoy la escuela del mañana. La educación y el futuro de nuestros hijos*. Madrid: Ediciones SM.

González León, C. B. (2010). EL MITO - Contenido y método de la pedagogía del arte. (pensamiento), (palabra). *Y Obra*, (3). <https://doi.org/10.17227/ppo.num3-432>

González León, C. B. (2012). La función del arte en la educación. (pensamiento), (palabra). *Y Obra*, (8). <https://doi.org/10.17227/ppo.num8-1744>

Jiménez, C.G. (2011). *La importancia de la educación artística en la formación integral del alumno*. Campeche, México: Universidad Pedagógica Nacional.

Jiménez, C. V.C., Comet, W. C. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. *Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 3 (2), 1-11. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es>

Llebadot González, M., & Pagès Santacana, A. (2018). Los proyectos de integración del arte en educación (arts integration) y la mejora de la calidad docente a través de un estudio de caso. *Revista Iberoamericana De Educación*, 77(1), 121-140. <https://doi.org/https://doi.org/10.35362/rie7713093>

Lucas, M. A. (2018, 4 de abril). El proceso de socialización: un enfoque sociológico. *Revista Española de pedagogía*. Recuperado de <https://revistadepedagogia.org/wp-content/uploads/2018/04/3-El-Proceso-de-Socializaci%C3%B3n.pdf>

Muñoz, V. J. M. (2009). La importancia de la socialización en la educación actual. *Revista Innovación y experiencia didáctica*. Recuperado de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_14/JOSE%20MARIA_MUNOZ_1.pdf

OEI (2009), *Metas Educativas 2021. Educación artística, cultura y ciudadanía*, disponible en: <http://www.oei.es/metas2021/todo.pdf>

Palacios, Lourdes (2006). El valor del arte en el proceso educativo. *REencuentro. Análisis de Problemas Universitarios*, (46), undefined-undefined. [fecha de Consulta 29 de agosto de 2019]. ISSN: 0188-168X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/340/34004607.pdf>

Santodomingo, R. (2019, 9 de julio). La escuela se tiene que desescolarizar a sí misma [Web log post]. Recuperado de <https://eldiariodelaeducacion.com/blog/2019/07/09/la-escuela-se-tiene-que-desescolarizar-a-si-misma/>

Spravkin, M. (junio, 2013). Artes plásticas en el preescolar: cuestiones del enseñar y del aprender. XXVIII Foro Nacional de Educación Preescolar. Ponencia llevada a cabo en Morelia, Michoacán. Recuperado de <https://goo.gl/Cexozk>

Subsecretaría de Educación Básica (2019). Modelo educativo: nueva escuela mexicana. Recuperado de <https://bibliospd.files.wordpress.com/2019/05/modeloeducativonuevarfedumeep.pdf>

Robinson, K. (2012). Busca tu elemento, Aprende a ser creativo y desarrollarás tu potencial. México, D.F.: Ediciones Urano.

Robinson, K. (2012). El elemento. México: Urano.

Rodríguez Sabiote, Clemente, Pozo Llorente, Teresa, Gutiérrez Pérez, José (2006). La triangulación analítica como recurso para la validación de estudios de encuesta recurrentes e investigaciones de réplica en Educación Superior. RELIEVE, 12 (2). 73-88. doi: <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.05>

Ruggieri, C. & Ternarde, M.R. (2012). Proyecto de la Inspección Nacional de educación inicial: Habitat-Arte: Diálogos con el entorno. En El papel del arte en los procesos educativos. 1ª Bienal de Educación Artística. Arte y Educación. Recuperado de https://issuu.com/antoniopenabiblioteca/docs/libro_bienal/104

Toro, J. (2008). La creatividad del “co-razón”. Revista Creatividad y Sociedad. 15(12) 77- 96.

Troncoso, A. C., Amaya, A.P. (2017). Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud. Revista de la Facultad de Medicina, 65 (2), .329-332. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n2.60235>

Yáñez, F. (2012). El papel del arte en los procesos educativos. En 1ª Bienal de Educación Artística. Arte y Educación. Recuperado de https://issuu.com/antoniopenabiblioteca/docs/libro_bienal/104