

Editorial

Artículos de investigación

- Selección de plataformas educativas tecnológicas empleando un modelo de toma de decisiones multicriterio basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS

7-22

Selection of learning management systems using a multi-criteria decision-making model based on the integration of ANP, DEMATEL and TOPSIS

Pedro Teppa-Garran, Massimo Tassinari A., Alejandro Villarino F.

- Modelo Dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas

23-48

Dynamic Model to promote Industry 4.0 technologies implementation in small and medium-sized companies

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar, Manuel Ulloa Rojas

- Impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado

49-62

Impact of Implementing Lean Six Sigma approach in a Manufacturing Company to Achieve Market Survival

José Otero Bracamonte, Andrea Castañeda Sanabria

Artículos de divulgación

- Simuladores como herramienta educativa en la mecánica de fluidos. Una estrategia para la adquisición del saber

65-82

Simulators as an educational tool in Fluid Mechanics. A strategy for the acquisition of knowledge

Lisette Hornebo Avendaño, Arístides Méndez-Arias

- Planificación estratégica, creatividad e innovación fundamentos del modelo de negocios de una empresa del sector calzados

83-98

Strategic planning, creativity and innovation, fundamentals of the business model of a company in the footwear sector in the footwear sector

Maira Sánchez

Normas para publicación

99-100

Directora/ Editora—Fundadora

❑ **Dra. Ninoska Maneiro Malavé †**

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Agustín Mejías Acosta—Director/Editor

❑ **Dra. Florangel Ortiz Zavala.** Universidad de Carabobo, Venezuela

❑ **Dr. Mervyn Márquez Gómez.** Universidad Austral de Chile, Chile

❑ **Dr. Humberto Gutiérrez Pulido.** Universidad de Guadalajara, México

❑ **Dra. Edith Martínez Delgado.** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

❑ **Dra. Marianna Barrios León.** Universidad de Carabobo, Venezuela

❑ **Dr. (c) Víctor Andrés Kowalski.** Universidad Nacional de Misiones, Argentina

❑ **Dra. María Cannarozzo Tinoco.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

❑ **Dr. (c) Iván Santelices Malfanti.** Universidad del Bío-Bío, Chile

❑ **Dra. María del Rosario Torres.** Universidad de Carabobo, Venezuela

❑ **Dr. Vicente Coll S.** Universidad de Valencia, España

❑ **Dra. Mayra D'Armas Renault.** Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

❑ **Dra. Cira Lidia Isaac.** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

❑ **Dra. Ruth Illada García.** Universidad de Carabobo, Venezuela

Comité Científico (lista parcial)

❑ **Eduardo Vargas Cano,** Universidad de Carabobo, Venezuela

❑ **Juan Gabriel Triana Laverde,** Universidad Agustiniana, Colombia

❑ **María González García.** Universidad Politécnica de Madrid, España

❑ **Martín Cadena Badilla.** Universidad de Sonora, México

❑ **Javier E. Martínez Guirao** Universidad de Murcia, España

❑ **Marisela Giraldo.** Universidad Técnica del Norte, Ecuador

❑ **Francisco Figueredo.** Universidad del Carabobo, Venezuela

❑ **Henry Hernández Vega.** Universidad de Costa Rica, Costa Rica

❑ **Luis Troccoli.** Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

❑ **Alex Mauricio Ovalle Castiblanco.** Universidad Autónoma de Manizales, Colombia

❑ **Guillermo Flores Téllez.** Asociación Mexicana de TRIZ

❑ **Arturo Vega Robles.** Universidad de Sonora, México

❑ **Juan Carlos Michalus.** Universidad Nacional de Misiones, Argentina

❑ **Rodrigo Pessotto Almeida.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

❑ **Enrique Flores** Universidad del Carabobo, Venezuela

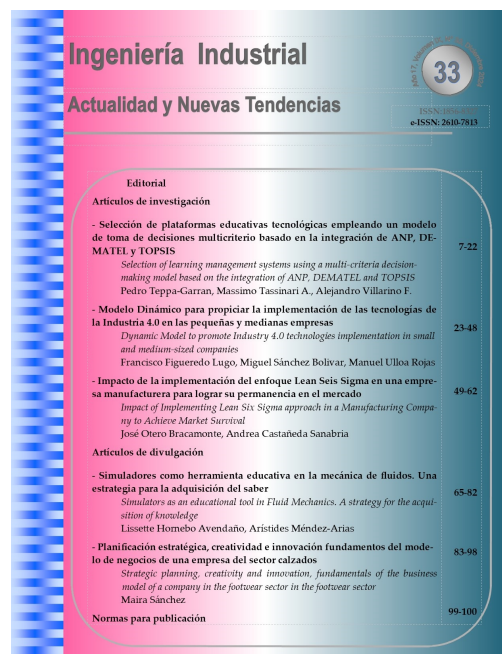
❑ **Álvaro González-Angeles.** Universidad Autónoma de Baja California, México

❑ **João Helvio Righi de Oliveira.** Universidad Federal de Santa María, Brasil

❑ **Eduin Contreras.** Universidad de Boyacá, Colombia

❑ **Dunia Duque.** Universidad Austral de Chile, Chile

❑ **Jonatas Ost Scherer.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

JESSY DIVO DE ROMERO

Rectora

JOSÉ ÁNGEL FERREIRA

Vicerrector Administrativo

ULISES ROJAS

Vicerrector Académico

PABLO AURE

Secretario

Vanessa Hurtado

Decana - Facultad de Ingeniería

Francisco Figueresdo

Director - Escuela de Ingeniería Industrial

REVISTA INGENIERÍA INDUSTRIAL: ACTUALIDAD Y NUEVAS TENDENCIAS.

Publicación Semestral editada y distribuida por la Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo. Av. Universidad, Facultad de Ingeniería. Bárbula, Estado Carabobo, Venezuela. CP 2005.

Contacto telefónico: 00-58-424-419.4096

e-mail: revistaiiaynt@gmail.com, revistaiiaynt@uc.edu.ve

Órgano de Difusión Científica y Tecnológica de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Valencia-Venezuela.

ISSN: 1856-8327 / e-ISSN: 2610-7813

Depósito Legal: pp200702CA2736

Registrada en la base de datos del Centro de Información y Documentación de la Universidad de Carabobo (<http://www.cid.uc.edu.ve>), en el Índice de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología—REVENCYT— (ULA-Venezuela), Actualidad Iberoamericana (CIT-Chile), REDALYC (UAEM-México), en el Catálogo LATINDEX (UNAM-México) y en PERIODICA (UNAM-México)

Tiraje: 300 Ejemplares

Año 17, Vol. IX, N° 33, Diciembre 2024

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. En caso de reproducción se agradece citar la fuente y enviar ejemplares del medio utilizado a la Escuela de Ingeniería Industrial, en la dirección dada previamente, a fin de acreditar la referencia al autor respectivo.



Tabla de contenido

Editorial

Artículos de investigación

- Selección de plataformas educativas tecnológicas empleando un modelo de toma de decisiones multicriterio basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS 7-22

Selection of learning management systems using a multi-criteria decision-making model based on the integration of ANP, DEMATEL and TOPSIS

Pedro Teppa-Garran, Massimo Tassinari A., Alejandro Villarino F.

- Modelo Dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas 23-48

Dynamic Model to promote Industry 4.0 technologies implementation in small and medium-sized companies

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar, Manuel Ulloa Rojas

- Impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado 49-62

Impact of Implementing Lean Six Sigma approach in a Manufacturing Company to Achieve Market Survival

José Otero Bracamonte, Andrea Castañeda Sanabria

Artículos de divulgación

- Simuladores como herramienta educativa en la mecánica de fluidos. Una estrategia para la adquisición del saber 65-82

Simulators as an educational tool in Fluid Mechanics. A strategy for the acquisition of knowledge

Lisette Hornebo Avendaño, Arístides Méndez-Arias

- Planificación estratégica, creatividad e innovación fundamentos del modelo de negocios de una empresa del sector calzados 83-98

Strategic planning, creativity and innovation, fundamentals of the business model of a company in the footwear sector in the footwear sector

Maira Sánchez

- Normas para publicación 99-100

EDITORIAL

EDITORIAL

La Industria 4.0... un ecosistema para la Ingeniería Industrial

El creciente desarrollo de los recursos tecnológicos, traducido en altas velocidades de procesamiento de datos y grandes capacidades de almacenamiento de información, en esta tercera década del siglo XXI ha tenido un indudable impacto en el desempeño del ingeniero industrial sin precedentes. Aunque las competencias digitales siempre han sido una de las habilidades características de la profesión, es evidente que su función transversal ha impactado sus funciones tradicionales y se requiera de la constante actualización para mantenerse como una profesión vigente. La Industria 4.0, “la materialización de la transformación digital del sector, ofreciendo toma de decisiones en tiempo real, mayor productividad, flexibilidad y agilidad para revolucionar la forma en que las empresas fabrican, mejoran y distribuyen sus productos” (IBM, 2024), constituye un ecosistema para la renovación constante de la ingeniería industrial.

La Industria 4.0 es un concepto revolucionario que tiene como objetivo mejorar la productividad y la rentabilidad en diversas industrias mediante la implementación de técnicas de fabricación inteligente (Tyagi et al., 2024). Las aplicaciones y los desarrollos en la Industria 4.0 en los últimos años han revelado el hecho de que el elemento humano debe de alguna manera estar involucrado en este proceso (Durakbasa & Gençyılmaz, 2024). En este contexto, como lo plantean Aranda-Jiménez et al. (2024), es indispensable y se deben potenciar competencias claves para influir en los comportamientos profesionales necesarios para la implementación empresarial de la digitalización y la I4.0. A medida que la Inteligencia Artificial emerge como una tecnología de vanguardia con potencial transformador, se estudia con urgencia su impacto en la Industria 4.0 y la futura Industria 5.0; en este sentido, los investigadores destacan la IA como una tecnología crucial para estas revoluciones industriales, enfatizando la importancia de la transformación digital y su crecimiento exponencial (Li, 2024).

En sintonía con este movimiento de propuestas para abordar el desarrollo de la Industria 4.0, en este número 33 de la “Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias”, los investigadores Pedro Teppa-Garran, Massimo Tassinari Aulisi y Alejandro Villarino Fernández, de la Universidad Metropolitana, plantean la selección de plataformas educativas tecnológicas empleando un modelo de toma de decisiones multicriterio basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS. Por su parte,

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar y Manuel Ulloa Rojas, de la Universidad de Carabobo, presentan un modelo dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas; mientras que, José Otero Bracamonte y Andrea Castañeda Sanabria, evalúan el impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado. Así mismo, Lissette Hornebo Avendaño y Arístides Méndez-Arias, presentan el uso de simuladores como herramienta educativa en la Mecánica de Fluidos como una estrategia para la adquisición del saber; y, Maira Sánchez, plantea la planificación estratégica, la creatividad y la innovación como fundamentos del modelo de negocios de una empresa del sector calzados. Las iniciativas de investigación, aunque con diferentes temáticas, todas alineadas al desarrollo de la Industria 4.0.

El llamado es a los nuevos investigadores para que aporvechen esta plataforma de divulgación. Agradecidos una vez más a los autores, por cada esfuerzo que hacen para su contribución.

Por el Comité Editorial
Dr. Agustín Mejías Acosta
M. Sc. Eduardo Vargas Cano
Diciembre, 2024

Referencias

- Aranda-Jiménez, J.R., De-Pablos-Heredero, C., Campos-García, I., San-Martín, J., & Cosculluela-Martínez, C. (2024). Digitalization and industry 4.0: An analysis of professional skills and behaviours. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(1), 235-260. <https://doi.org/10.3926/jiem.7091>
- Durakbasa, N.M. & Gençyılmaz, M.G. (2024). *Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53991-6>
- IBM (2024). *What is Industry 4.0?* <https://www.ibm.com/think/topics/industry-4-0>
- Li, L. (2024). Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*, 26, 1581–1583. <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10535-5>
- Tyagi, A.K.; Tiwari, A. & Ahmad, S.S. (2024). *Industry 4.0, Smart Manufacturing, and Industrial Engineering; Challenges and Opportunities*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003473886>



Signatory of
DORA

Artículos de Investigación

Artículos de Investigación

Selección de plataformas educativas tecnológicas empleando un modelo de toma de decisiones multicriterio basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS

Selection of learning management systems using a multi-criteria decision-making model based on the integration of ANP, DEMATEL and TOPSIS

Pedro Teppa-Garran, Massimo Tassinari Aulisi, Alejandro Villarino Fernández

Palabras clave: Toma de decisiones multicriterio, Plataforma Educativa Tecnológica, PET, ANP, DEMATEL, TOPSIS, Naciones Unidas ODS 4.

Key words: Multi-criteria decision-making, Learning Management System, LMS, ANP, DEMATEL, TOPSIS, United Nations SDG 4

RESUMEN

Las Plataformas Educativas Tecnológicas (PET's) son ampliamente utilizadas para el desarrollo y entrega de información de aprendizaje a los estudiantes. Existe una gran diversidad de PET's con diferentes funcionalidades lo que dificulta su selección. En este estudio se desarrolla una metodología híbrida basada en la integración de los métodos de toma de decisión multicriterio ANP, DEMATEL y TOPSIS para efectuar la selección de la plataforma. Inicialmente se formuló un modelo ANP que recoge la información esencial de una PET. Esto se tradujo en cinco criterios: usabilidad, funcionalidades (curso, evaluación, comunicación) y seguridad, luego los criterios se desglosaron en un total de nueve subcriterios que se agruparon en diferentes nodos. Seguidamente, se calcularon las matrices utilizadas en DEMATEL para cuantificar las interdependencias entre los criterios y subcriterios; lo que permite computar unas ponderaciones finales que sirven de base a la capa de TOPSIS para seleccionar la PET más satisfactoria.

ABSTRACT

Learning Management Systems (LMS) are widely used for the development and delivery of learning information to students. There is a great diversity of LMS with different functionalities which makes their selection difficult. In this study, a hybrid methodology is developed based on the integration of the multi-criteria decision-making methods ANP, DEMATEL and TOPSIS to carry out the selection of a LMS. Initially, an ANP model was formulated that collects the essential information of a LMS. This was translated into five criteria: usability, functionalities (course, evaluation, communication) and security, then the criteria were broken down into a total of nine sub-criteria that were grouped into different nodes. Next, the matrices used in DEMATEL were calculated to quantify the interdependencies between the criteria and sub-criteria; this allows computing final weights that serve as a basis for the TOPSIS layer to select the most satisfactory LMS.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) ejercen en la actualidad un gran impacto en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las instituciones educativas han tenido que adaptarse a estos nuevos cambios con el fin de compartir y hacer llegar de manera adecuada la información y conocimientos que son esenciales para sus estudiantes y profesores. Gracias a las nuevas tecnologías en el ámbito educativo, se tiene un nuevo tipo de alfabetización en la que se deja atrás lo tradicional para pasar a una nueva era digital donde se necesitan habilidades tecnológicas e informacionales. Estas nuevas herramientas tecnológicas se han convertido en un apoyo esencial, permitiendo cambiar los estilos de aprendizaje convencionales y mejorando el proceso de enseñanza de los estudiantes (Viñas, 2017). Como consecuencia de la pandemia de COVID-19, el año 2020 marcó un hito en la educación en general y en la universitaria de manera particular, cuando un número significativo de Universidades incrementaron la utilización de plataformas educativas tecnológicas (PET's). El empleo de PET's como herramientas de apoyo en la realización de actividades de enseñanza y aprendizaje se ha convertido en un fenómeno común en la educación actual (Islam, 2013; Akhmedova y Rahmatova, 2024; Al-Dhief et al., 2024). Una PET es una herramienta de software basada en web para distribuir, supervisar y gestionar cursos a través de Internet. Existen por lo menos tres formas de

emplear una PET. Primero, puede utilizarse como un repositorio electrónico de contenidos. Una segunda forma es cuando los docentes que imparten su clase en el aula se apoyan en la PET para crear una metodología híbrida en sus cursos; y finalmente, puede emplearse en la educación a distancia impartiendo cursos completamente en línea (Islam y Azad, 2015).

Distintas PET's, tanto de código abierto como comerciales y con diferentes especificaciones se encuentran a la disposición hoy en día. Debido a esta elevada disponibilidad de opciones de PET's, con una variedad enorme de especificaciones, la selección de una PET efectiva que cumpla satisfactoriamente los requerimientos de los usuarios puede convertirse en una tarea muy compleja. Los métodos de toma de decisión multicriterio (MDMC) (Aruldoss et al., 2013; Ceballos et al., 2016; Álvarez et al., 2021) son de gran ayuda en la selección de una PET dado que permiten asignar un valor de prioridad a cada alternativa y seleccionar aquella con el máximo valor. Una contribución del empleo de los MDMC en la selección de PET's consiste en la utilización del proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) (Saaty, 2008; Teppa-Garran y Fernandez-Da Costa, 2023). Un método basado en AHP fue propuesto en (Colace et al., 2006) para seleccionar PET's mediante la identificación de un conjunto de criterios tecnológicos y pedagógicos. Debido a la elevada cantidad de criterios a considerar

en el problema de selección de PET's, Muhammad y Cavus (2017) proponen un método difuso DEMATEL para identificar los factores más relevantes dentro del conjunto de criterios de selección. Una debilidad del método AHP es que considera que los criterios son independientes entre sí, este aspecto llevó a (Nazir y Cavus, 2017) a formular un modelo híbrido DEMATEL-ANP para incorporar las relaciones de interdependencia entre los criterios a través de DEMATEL y posteriormente efectuar la clasificación de las alternativas (PET's) mediante el uso de ANP. Sin embargo, el proceso de clasificación propuesto resulta muy complejo porque ANP necesita computar numerosas matrices de comparación pareadas haciendo uso de AHP. Este trabajo propone un modelo de selección de PET's basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS. El método ANP (Saaty y Vargas, 2006; Taherdoost y Madanchian, 2023) permite construir, para el problema de selección de una PET, la red de criterios y subcriterios, su agrupación en clusters y las relaciones entre éstos últimos. El método DEMATEL (Gabus y Fontella, 1972; Si et al., 2018) es empleado para

cuantificar las relaciones de interdependencia entre los criterios y subcriterios y finalmente TOPSIS (Hwang y Yoon, 1981; Behzadian et al., 2012; Panda y Jagadev, 2018; Çelikbilek y Tüysüz, 2020) es utilizado para clasificar las PET's que están siendo evaluadas. Esta investigación se realizó en la Universidad Metropolitana (UNIMET) en la ciudad de Caracas, Venezuela. El equipo de expertos que ayudó a definir el modelo de selección, a cuantificar las relaciones de interdependencia y a la clasificación de las alternativas estuvo conformado por siete integrantes, todos ellos profesores y personal técnico de la Dirección de Innovación y Tecnología Educativa (DITE) de la UNIMET. Las PETs consideradas en el estudio fueron las de uso común en esta universidad (Moodle, Canvas y Google Classroom) siendo Google Classroom la plataforma seleccionada al aplicar la metodología. Los resultados de este estudio se alinean con el objetivo de desarrollo sostenible número 4 de las Naciones Unidas debido al impacto que poseen las PET's en garantizar una educación de calidad.

Modelo ANP para la selección de PETs

El modelo ANP propuesto para seleccionar una PET se muestra en la Figura 1. Consta de cinco criterios, donde cuatro de éstos se han agrupado en nodos o clusters mediante el desglose en subcriterios. La red del

modelo evidencia las relaciones de interdependencia entre los distintos elementos que lo componen. La descripción de los criterios y subcriterios aparece en las Tablas 1 y 2,

respectivamente. Las características del equipo de expertos que se conformó para apoyar este trabajo se describen en la Tabla 3.

Figura 1. Modelo ANP para seleccionar PET's

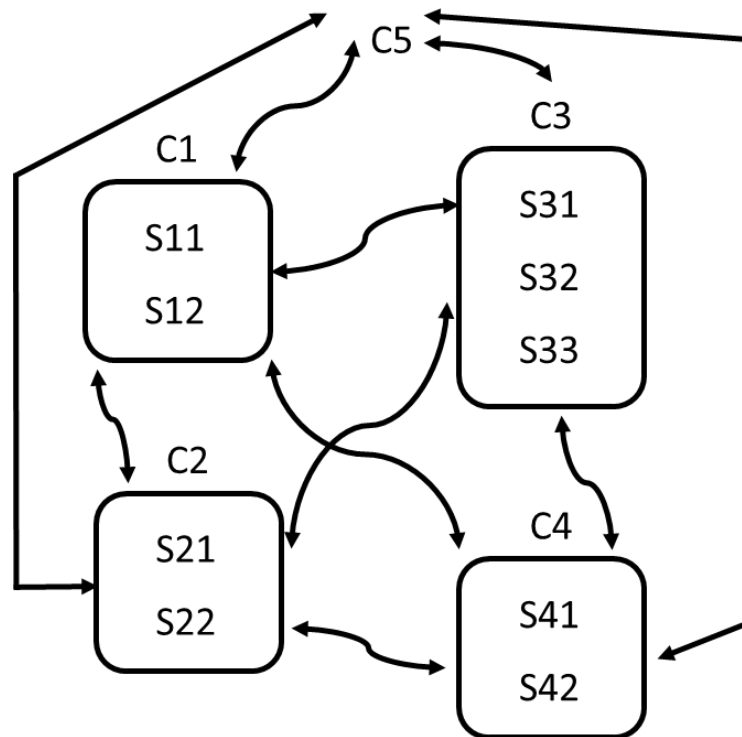


Tabla 1. Descripción de cada criterio para selección de la PET

Criterio	Descripción
C1 = Usabilidad	La PET debe ser fácil de usar, intuitiva y multiplataforma.
C2 = Funcionalidades para el curso	Funciones y herramientas que la PET ofrece para usar con respecto a los cursos dictados (seguimiento del estudiante, publicación de contenido, compatibilidad con otras plataformas, personalización).
C3 = Funcionalidades para las evaluaciones	Funciones y herramientas que la PET ofrece para emplear con respecto a las evaluaciones (flexibilidad en el tipo de preguntas, corrección automática, medidas anti-trampa, formulación de evaluaciones colaborativas).
C4 = Funcionalidades de comunicación	Funciones y herramientas que la PET ofrece para la comunicación (foros y notificaciones).
C5 = Seguridad	Medidas de seguridad que garanticen la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información manejada.

Tabla 2. Descripción de cada subcriterio para selección de la PET

Criterio	Subcriterio	Descripción
C1	S11 = Facilidad de uso de las herramientas	La PET debe ofrecer funcionalidades intuitivas y fáciles de entender y aplicar, tanto en la navegación entre distintos cursos en la plataforma como en el material dentro de un curso en particular.
	S12 = Capacidad de usar la plataforma en distintos dispositivos (Portabilidad)	Es la capacidad de la PET de ser accesible y poder ser utilizada en diversos dispositivos, como computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes.
C2	S21 = Seguimiento del estudiante	Comprende las herramientas que permiten al profesor monitorear y controlar las actividades y calificaciones de cada estudiante en un curso.
	S22 = Publicación y organización del material	La PET debe facilitar la publicación y organización del contenido del curso en diferentes formatos, y la inclusión y utilización de herramientas de otras plataformas con diversas finalidades dentro del curso. Además, implica la capacidad de personalizar la plataforma según las preferencias o necesidades del profesor.
C3	S31 = Flexibilidad para la formulación de evaluaciones	Es la capacidad de la PET para agregar preguntas de distintos tipos en evaluaciones (selección simple, múltiple, desarrollo, entre otras). Igualmente, implica la posibilidad de realizar actividades evaluadas por más de un estudiante, además de contar con herramientas para gestionarlas.
	S32 = Corrección automática	Corresponde a la capacidad de la PET para corregir automáticamente las respuestas de los estudiantes a preguntas que lo permitan, como las de selección simple, selección múltiple o pareo, después de proporcionar a la plataforma la respuesta correcta.
	S33 = Medidas anti trampa	Son las herramientas que la PET ofrece para detectar o evitar comportamientos deshonestos por parte de los estudiantes durante las evaluaciones.
C4	S41 = Foros de discusión	Contempla las herramientas o capacidades que la PET puede proporcionar para facilitar discusiones de diversos temas a través del uso de foros.
	S42 = Notificaciones a profesores y estudiantes	Es la capacidad de la PET para enviar notificaciones con información relevante sobre el curso a estudiantes y profesores.

Tabla 3. Descripción del equipo de expertos

Experto	Experiencia
1	Ingeniero Agrónomo. Profesor de la UNIMET adscrito al Departamento de Construcción y Desarrollo Sustentable. Habilidades en manejo de programas de base de datos. Experiencia con Moodle, <i>Google Classroom</i> y herramientas de la suite de Google como <i>Google Forms</i> y <i>Google Sites</i> .
2	Ingeniero de Sistemas. Profesor de la UNIMET adscrito al Departamento de Gestión de Proyectos y Sistemas. Amplia experiencia en la gestión y dirección de proyectos TIC, y de proyectos de integración e implantación de sistemas de gestión empresariales para la toma de decisiones. Experiencia con <i>Google Classroom</i> , <i>Moodle</i> y <i>Canvas</i> .
3	Experiencia educativa en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) y profesor de la UNIMET adscrito al Departamento de Gestión de Proyectos y Sistemas. Especialista en sistemas de información y trabajos de investigación. Experiencia con desarrollo y evaluación de modelos de calidad. Experiencia con <i>Moodle</i> , conocimiento sobre <i>Canvas</i> y <i>Google Classroom</i> .
4	Profesor de la UNIMET perteneciente a la Facultad de Ciencias y Artes. Psicólogo y consultor empresarial. Facilitador de Cursos y Talleres de <i>Mindfulness</i> , Felicidad organizacional, Inteligencia Emocional, Salud y Bienestar. Conferencista de <i>Mindfulness</i> y <i>Marketing Research</i> en Instituciones Académicas a nivel nacional e internacional. Experiencia con <i>Google Classroom</i> y <i>Matrix LMS</i> .
5	Egresado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Coordinador de Virtualización de la DITE en la UNIMET. Experiencia en el desarrollo de portales web para <i>Ninweb.net</i> . Administrador de tecnologías de Información y Comunicación en la UPEL. Amplio conocimiento de <i>Moodle</i> y conocimiento sobre otras plataformas educativas tecnológicas como <i>Google Classroom</i> , <i>Canvas</i> , <i>Webcity</i> y <i>Blackboard Learn</i> .
6	Licenciado en educación. Maestría en Educación con mención Gerencia Educativa de la UCAB. Especialista en gerencia de instituciones educativas. Director de la Escuela de Educación de la UNIMET. Conocimientos de <i>Canvas</i> , <i>Google Classroom</i> y <i>Moodle</i> .
7	Licenciado en computación. Docente e investigador de la escuela de computación de la Universidad Central de Venezuela, profesor de la UNIMET y UCAB. Especialista en sistemas de información. MSc y Doctor en Ciencias mención Ciencias de la Computación. Conocimientos de <i>Canvas</i> , <i>Google Classroom</i> y <i>Moodle</i> .

Método híbrido propuesto

En la Fig. 2 se aprecia un esquema del funcionamiento de la metodología

híbrida propuesta que integra los métodos ANP – DEMATEL – TOPSIS.

Figura 2. Pasos para implementar la metodología ANP – DEMATEL – TOPSIS

ANP	1. Identificación de la red. 2. Formación de nodos (<i>Clusters</i>)
DEMATEL	3. Cálculo de la matriz de influencia directa total. 4. Normalización de la matriz de influencia directa.. 5. Cálculo de la matriz de relaciones totales. 6. Normalización de la matriz de relaciones totales.
ANP	7. Cálculo del vector de pesos de los criterios. 8. Repetir 3 – 7 para los subcriterios y obtener el vector de pesos de subcriterios. 9. Combinar (7) y (8) para computar el vector de pesos finales.
TOPSIS	10. Cálculo de la matriz de decisión. 11. Normalización de la matriz de decisión. 12. Ponderación de la matriz de decisión normalizada. 13. Determinación de las alternativas ideal positiva e ideal negativa. 14. Cálculo de las medidas de distancia. 15. Cálculo de la proximidad relativa a la alternativa ideal. 16. Ordenación de las alternativas.

La metodología está constituida por 16 pasos. Los pasos 1 y 2 corresponden al método ANP, mientras que entre los pasos del 3 al 6 se emplea el método DEMATEL. Los pasos 7 al 9 retoman ANP, y finalmente en los pasos restantes se aplica el método TOPSIS. A continuación se describen en detalle cada uno de los pasos del método propuesto.

1. Identificación de los elementos que conforman la red (Criterios y alternativas).
2. Agrupación de los elementos con características comunes (subcriterios) en nodos (*clusters*).
3. Generación de la de la matriz de influencia directa total A . Esta matriz evalúa las relaciones de interdependencia entre los n criterios $C = \{c_1, \dots, c_n\}$ mediante el empleo de una escala de números enteros con “(0)

no influencia", "(1) baja influencia", "(2) media influencia" y "(3) alta influencia". De esta manera se forma la matriz de influencia directa del k – ésimo experto $A_k = [a_{ij}^k]_{n \times n}$. En esta matriz todos los elementos de la diagonal principal son cero y el término a_{ij}^k mide el nivel de influencia que tiene el criterio c_i sobre el c_j conforme al juicio del experto k – ésimo. Si hay N expertos, se deben agregar las matrices de influencia directa de cada uno de ellos para obtener la matriz de influencia directa total $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ como

$$a_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N a_{ij}^k, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

4. Cómputo de la matriz de influencia directa total normalizada $X = [x_{ij}]_{n \times n}$. Esto se logra sumando todos los elementos de cada fila y de cada columna de la matriz A y luego dividir cada elemento de esta matriz por el valor máximo entre estos sumandos. De manera más específica debe hacerse

$$X = \frac{1}{b} A \quad (2)$$

Con

$$b = \max \left\{ \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right\} \quad (3)$$

5. Cálculo de la matriz de relaciones totales $T = [t_{ij}]_{n \times n}$. A ese fin se suman todos los efectos directos y los efectos indirectos de la matriz X haciendo

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^l = X(I - X)^{-1}, \text{ cuando } l \rightarrow \infty \quad (4)$$

Aquí I denota la matriz identidad de dimensión n .

6. Normalización de la matriz de relaciones totales T . La normalización en este caso es por columnas. Todos los elementos de las columnas de esta matriz deben sumar uno.

7. Cálculo de la supermatriz límite. Se multiplica la matriz de relaciones totales normalizada, obtenida en el paso anterior, por ella misma tantas veces sea necesario hasta conseguir que todas las columnas tengan los mismos cuatro primeros decimales (criterio usado en este trabajo). Este resultado se conoce como la suma de Cesàro (Saaty, 2008) y aplica para matrices aleatorias (normalizadas por columna). Cualquier columna de esta matriz resultante muestra los pesos de cada uno de los criterios que se denotará a través del vector $C = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n]^T$. Posteriormente, se repiten los pasos del 3 al 7 empleando los subcriterios para obtener el vector

$$S = [a \ b \ \dots \ c]^T$$

$$a = s_{11}, \dots, s_{1m_1}, \ b = s_{21}, \dots, s_{2m_2} \text{ y } c = s_{n1}, \dots, s_{nm_n}$$

cuyos elementos representan los pesos que tiene cada subcriterio y m_i denota la cantidad de subcriterios asociados al criterio c_i (cluster i – ésimo). El número total de subcriterios viene dado por $L = \sum_{i=1}^n m_i$.

8. Normalización del vector $\mathbf{S}$. Se realiza esta normalización para lograr obtener el porcentaje de peso que tiene cada uno de los subcriterios en su *cluster*. Para poder realizar esta normalización se debe dividir el peso del subcriterio entre la suma de los pesos de los subcriterios de ese *cluster*. Para cada $0 \leq i \leq n$ se hace

$$\frac{s_{ij}}{\sum_{j=1}^{m_i} s_{ij}} \quad (5)$$

El vector de pesos de subcriterios normalizado se denota por $\mathbf{S}_N$.

9. Cálculo del vector de pesos finales de los subcriterios

$\mathbf{F} =$

$$[f_{11}, \dots, f_{1m_1}, f_{21}, \dots, f_{2m_2}, \dots, f_{n1}, \dots, f_{nm_n}]^T.$$

Este vector se obtiene multiplicando el peso de cada criterio del vector $\mathbf{C}$ por los pesos de los subcriterios del vector $\mathbf{S}_N$ correspondientes a ese *cluster*. Esto es,

$$f_{ij} = c_i s_{ij} \text{ con } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i \quad (6)$$

10. Cálculo de la matriz de decisión $\mathbf{D} = [d_{ij}]_{p \times L}$. Cada experto debe puntuar cada una de las p alternativas según los L subcriterios. TOPSIS suele emplear una escala de evaluación entera del 1 al 5 para este propósito, en donde se tiene: "(5) Excelente", "(4) Bueno", "(3) Regular", "(2) Deficiente" y 1 "(1) Insuficiente". Las matrices de decisión de cada experto se promedian para generar la matriz $\mathbf{D}$.

11. Normalización de la matriz de decisión $\mathbf{D}$ para formar la matriz $\mathbf{R} = [r_{ij}]_{p \times L}$ haciendo

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p d_{ij}^2}}, \quad j = 1, \dots, L \quad (7)$$

12. Cálculo de la matriz de decisión normalizada ponderada $\mathbf{V} = [v_{ij}]_{p \times L}$. Cada elemento de esta matriz es el resultado de hacer

$$v_{ij} = f_{ij} r_{ij} \text{ con } i = 1, \dots, p; j = 1, \dots, L \quad (8)$$

13. Determinación de la alternativa ideal positiva $\mathbf{A}^+$ y la alternativa ideal negativa $\mathbf{A}^-$ (anti-ideal).

$$\mathbf{A}^+ = [v_1^+ \quad v_2^+ \quad \dots \quad v_L^+] \quad (9)$$

$$\text{Con } v_i^+ = \max_j \{v_{ij}\} \text{ con } j = 1, \dots, L; i = 1, \dots, p$$

$$\mathbf{A}^- = [v_1^- \quad v_2^- \quad \dots \quad v_L^-] \quad (10)$$

$$\text{Con } v_i^- = \min_j \{v_{ij}\} \text{ con } j = 1, \dots, L; i = 1, \dots, p$$

14. Cálculo de las medidas de distancia. Empleando distancias Euclidianas se calcula la separación que tiene cada una de las alternativas $1 \leq i \leq p$ con respecto a su solución positiva ideal (distancia D_i^+) y con respecto a su solución negativa ideal (distancia D_i^-).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^L (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, \dots, p \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^L (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, p \quad (12)$$

15. Cálculo de la proximidad relativa a la alternativa ideal P_i^* de cada una de las alternativas consideradas.

$$P_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \quad i = 1, \dots, p \quad (13)$$

16. Ordenación de las preferencias. La clasificación de las alternativas se obtendrá a partir de los valores de P_i^* en orden descendente.

RESULTADOS

En esta sección se aplica el método desarrollado en la sección precedente al problema de selección de PETs.

Pasos 1 y 2: Con la colaboración del equipo de expertos (Tabla 3) se formuló la red de la Figura 1. Ahí se aprecian 5 criterios que se describen en la Tabla 1, cada criterio se agrupa en nodos o *clusters* mediante un grupo de subcriterios que se describen en la Tabla 2. Las tres plataformas (alternativas) consideradas en el estudio son las de uso común en la UNIMET. Éstas son: *Moodle*, *Canvas* y *Classroom*.

Paso 3: A cada experto se le solicitó que cuantificara las relaciones de interdependencia existentes entre los criterios usando la escala numérica DEMATEL. De ahí surgieron siete matrices:

$$A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 3 \\ 3 & 3 & 2 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix} \dots$$

$$A^7 = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 0 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

Usando (1) se promedian las siete matrices previas para computar la matriz de influencia directa total de los criterios, descrita por:

$$A = \begin{bmatrix} 0,0000 & 2,5714 & 2,1429 & 2,1429 & 1,7143 \\ 2,4286 & 0,0000 & 2,2857 & 2,0000 & 1,2857 \\ 2,1429 & 2,2857 & 0,0000 & 1,7143 & 2,4286 \\ 2,2857 & 2,8571 & 2,2857 & 0,0000 & 2,0000 \\ 1,8571 & 2,0000 & 2,4286 & 2,2857 & 0,0000 \end{bmatrix}$$

Paso 4: Empleando (2) y (3), la matriz A se normaliza resultando en:

$$X = \begin{bmatrix} 0,0000 & 0,2647 & 0,2206 & 0,2206 & 0,1765 \\ 0,2500 & 0,0000 & 0,2353 & 0,2059 & 0,1324 \\ 0,2206 & 0,2353 & 0,0000 & 0,1765 & 0,2500 \\ 0,2353 & 0,2941 & 0,2353 & 0,0000 & 0,2059 \\ 0,1912 & 0,2059 & 0,2500 & 0,2353 & 0,0000 \end{bmatrix}$$

Paso 5: Utilizando (4), a partir de la matriz X se computa la matriz de relaciones totales

$$T = \begin{bmatrix} 1,4291 & 1,7649 & 1,6554 & 1,5181 & 1,3886 \\ 1,5530 & 1,4727 & 1,5856 & 1,4358 & 1,2933 \\ 1,6057 & 1,7406 & 1,4733 & 1,4874 & 1,4383 \\ 1,7342 & 1,9084 & 1,7839 & 1,4451 & 1,5080 \\ 1,5936 & 1,7307 & 1,6810 & 1,5330 & 1,2461 \end{bmatrix}$$

Paso 6: La matriz T se normaliza por columnas de forma que todos sus valores sumen 1. El resultado se denota por T_{CN} .

$$T_{CN} = \begin{bmatrix} 0,1805 & 0,2048 & 0,2024 & 0,2046 & 0,2020 \\ 0,1962 & 0,1709 & 0,1939 & 0,1935 & 0,1881 \\ 0,2029 & 0,2020 & 0,1801 & 0,2005 & 0,2092 \\ 0,2191 & 0,2215 & 0,2181 & 0,1948 & 0,2194 \\ 0,2013 & 0,2008 & 0,2055 & 0,2066 & 0,1813 \end{bmatrix}$$

Paso 7: Se procede a computar la supermatriz límite asociada a T_{CN} mediante multiplicaciones sucesivas de ésta matriz consigo misma. Estas multiplicaciones se detienen cuando todas las columnas son iguales en cuatro cifras

decimales. Cualquiera de las columnas corresponde al vector de pesos de los criterios dado por:

$$C = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4 \ c_5]^T = [0,1989 \ 0,1888 \ 0,1989 \ 0,2142 \ 0,1992]^T$$

Los pasos 3 a 7 se repiten considerando ahora los subcriterios. En el paso 3, la matriz de influencia directa de los subcriterios es descrita en la Tabla 4.

Tabla 4. Matriz de influencia directa de los subcriterios

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S41	S42
S11	0,0000	2,5714	2,5714	2,8571	2,2857	2,0000	2,1429	2,1429	2,5714
S12	3,0000	0,0000	2,4286	2,1429	2,0000	1,7143	1,8571	2,2857	2,4286
S21	2,4286	2,1429	0,0000	2,0000	2,1429	2,1429	2,5714	2,2857	2,7143
S22	3,0000	2,5714	2,4286	0,0000	2,5714	1,8571	1,8571	2,0000	2,2857
S31	2,7143	2,4286	2,4286	2,1429	0,0000	2,1429	2,4286	1,4286	2,2857
S32	2,0000	1,4286	2,2857	1,7143	2,4286	0,0000	2,5714	1,5714	1,8571
S33	2,1429	1,8571	2,0000	1,4286	2,0000	2,0000	0,0000	1,4286	2,4286
S41	2,7143	2,2857	2,4286	2,5714	1,8571	1,2857	1,4286	0,0000	2,5714
S42	2,7143	2,7143	2,5714	2,2857	2,0000	1,7143	2,0000	2,1429	0,0000

A partir de ella, repitiendo los pasos de 4 a 7, se obtiene el vector de pesos de los subcriterios descrito como:

$$S = [s_{11}, s_{12}, s_{21}, s_{22}, s_{31}, s_{32}, s_{33}, s_{41}, s_{42}]^T$$

$s_{11} = 0,1201$, $s_{12} = 0,1130$, $s_{21} = 0,1154$, $s_{22} = 0,1169$, $s_{31} = 0,1131$, $s_{32} = 0,1002$, $s_{33} = 0,0975$, $s_{41} = 0,1092$ y $s_{42} = 0,1146$.

Paso 8: Mediante (5) se normaliza el vector S para obtener el porcentaje de peso que tiene cada uno de los subcriterios en su *cluster*. De esta forma dentro de cada *cluster*

la suma de los pesos es uno. El vector de pesos normalizados viene dado por:

$$S_N = [0,5153, 0,4847, 0,4967, 0,5033, 0,3637, 0,3225, 0,3138, 0,4881, 0,5119]^T$$

Paso 9: A través de (6) se calcula el vector de pesos finales de los subcriterios resultando en:

$$F = [s_{11}, s_{12}, s_{21}, s_{22}, s_{31}, s_{32}, s_{33}, s_{41}, s_{42}, c_5]^T$$

$s_{11} = 0,1025$, $s_{12} = 0,0964$, $s_{21} = 0,0938$, $s_{22} = 0,0950$, $s_{31} = 0,0724$, $s_{32} = 0,0642$, $s_{33} = 0,0624$, $s_{41} = 0,1045$, $s_{42} = 0,1097$ y $c_5 = 0,1992$.

Por otro lado, se debe considerar que el criterio c_5 correspondiente a “Seguridad” es el único que está dentro de su *cluster*, esto es, se considera como criterio y a su vez subcriterio, por esta razón, su peso se repite en el vector F .

Paso 10: Usando la escala numérica de TOPSIS se le solicitó a cada experto que evaluara las tres PETs con base en los subcriterios (incluyendo c_5). De esta forma se calculan siete matrices que se promedian para obtener la matriz de decisión $D = [d_{ij}]_{3 \times 10}$ representada en la Tabla 5.

Tabla 5. Matriz de decisión

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S41	S42	C5
CANVAS	3,2857	3,4286	4,1429	4,1429	3,8571	3,8571	3,8571	3,7143	4,2857	4,1429
GOOGLE CLASSROOM	4,4286	4,5714	3,8571	4,1429	3,7143	3,7143	3,7143	4,0000	4,4286	3,8571
MOODLE	2,8571	3,4286	4,1429	4,0000	3,8571	4,1429	3,8571	3,8571	4,1429	4,4286

Paso 11: Empleando (7) se normaliza la matriz D para obtener la matriz de decisión

normalizada $R = [r_{ij}]_{p \times L}$ descrita en la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz de decisión normalizada

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S41	S42	C5
CANVAS	0,5291	0,5145	0,5906	0,5840	0,5845	0,5697	0,5845	0,5557	0,5771	0,5764
GOOGLE CLASSROOM	0,7131	0,6860	0,5499	0,5840	0,5628	0,5486	0,5628	0,5985	0,5964	0,5367
MOODLE	0,4600	0,5145	0,5906	0,5638	0,5845	0,6119	0,5845	0,5771	0,5579	0,6162

Paso 12: Haciendo uso de (8) se computa la matriz de decisión normalizada ponderada

$V = [v_{ij}]_{3 \times 10}$. Esta matriz se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Matriz de decisión normalizada ponderada

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S41	S42	C5
CANVAS	0,0542	0,0496	0,0554	0,0555	0,0423	0,0365	0,0365	0,0581	0,0633	0,1148
GOOGLE CLASSROOM	0,0731	0,0661	0,0516	0,0555	0,0407	0,0352	0,0351	0,0626	0,0654	0,1069
MOODLE	0,0472	0,0496	0,0554	0,0536	0,0423	0,0393	0,0365	0,0603	0,0612	0,1228

Paso 13: Usando (9) y (10) se determinan la alternativa ideal positiva A^+ y la alternativa anti-ideal negativa A^- . Esto se ilustra en la

Tabla 8.

Tabla 8. Valores resultantes de A^+ y A^-

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S41	S42	C5
A^+	0,0731	0,0661	0,0554	0,0555	0,0423	0,0393	0,0365	0,0626	0,0654	0,1228
A^-	0,0472	0,0496	0,0516	0,0536	0,0407	0,0352	0,0351	0,0581	0,0612	0,1069

Paso 14: Empleando (11) y (12) se calculan la distancia entre cada alternativa y las soluciones ideal positiva e ideal negativa.

Los valores de distancia aparecen en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores de las medidas de distancia

	D_i^+	D_i^-
CANVAS	0,0269	0,0119
GOOGLE CLASSROOM	0,0169	0,0314
MOODLE	0,0312	0,0171

Pasos 15 y 16: Luego de calcular, a través de la ecuación (13), la proximidad relativa de cada alternativa a la solución ideal

pueden clasificarse las PET's consideradas. Los resultados finales aparecen en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación final de las alternativas

Clasificación	Alternativa	P_i^*	Peso porcentual
1	GOOGLE CLASSROOM	0,6500	49,61 %
2	MOODLE	0,3537	26,99 %
3	CANVAS	0,3067	23,40 %

CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología de toma de decisiones multicriterio que integra los métodos ANP, DEMATEL y TOPSIS. La metodología se empleó para orientar la selección de plataformas educativas tecnológicas. El modelo de red que se elaboró consta de cinco criterios y nueve subcriterios que fueron definidos a través de una extensa revisión bibliográfica y la participación de un equipo de siete expertos. Los expertos son profesores y personal técnico de la Universidad Metropolitana en Venezuela con experiencia comprobada en el área de la tecnología educativa y en el empleo de

plataformas educativas tecnológicas. Las alternativas consideradas fueron las tres plataformas educativas de uso común en la universidad, resultando Google Classroom favorecida como la mejor opción para la metodología propuesta. Si bien el modelo de decisión se formuló considerando los requerimientos y alternativas de una institución educativa, se piensa que los factores de decisión son lo suficientemente generales para aplicarse en otras universidades y considerando diferentes plataformas educativas. Por otra parte, la metodología híbrida propuesta puede ser utilizada en cualquier ámbito de la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Akhmedova, Z., y Rahmatova, N. (2024). LMS (Learning Management System) Learning Management System Features. *Science and innovation in the education system*, 3(1), 85-94. <http://www.econferences.ru/index.php/sies/article/view/11696/6100>
- Al-Dhief, F. T., Nasser, A. A., Tharikh, S. M., Nasser, H. A., Al-Mosleh, A. A., Albadr, M. A. A., y Alsemawi, M. R. M. (2024). Review of learning management systems: history, types, advantages, and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33(1), 350-360. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v33.i1.pp350-360>
- Álvarez, P. A., Ishizaka, A., y Martínez, L. (2021). Multiple-criteria decision-making sorting methods: A survey. *Expert Systems with Applications*, 183, 115368. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115368>
- Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., y Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43. <https://pubs.sciepub.com/ajis/1/1/5/>
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., y Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Ceballos, B., Lamata, M., y Pelta, D. (2016). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods. *Progress in Artificial Intelligence*, 5, 315-322. <https://doi.org/10.1007/s13748-016-0093-1>
- Çelikbilek, Y., y Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An

- experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1748528>
- Colace, F., De Santo, M., y Pietrosanto, A. (2006). Evaluation models for e-learning platform: an AHP approach. In *Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2006.322312>
- Gabus, A. y Fontella, E. (1972). *World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL*, Batelle Geneva Research Centre.
- Hwang, C. L., y Yoon, K. P. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer-Verlag.
- Islam, A. (2013). Investigating e-learning system usage outcomes in the university context. *Computers & Education*, 69, 87-399. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.037>
- Islam, A. N., y Azad, N. (2015). Satisfaction and continuance with a learning management system: Comparing perceptions of educators and students. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 32(2), 109-123. <https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2014-0020>
- Muhammad, M., y Cavus, N. (2017). Fuzzy DEMATEL method for identifying LMS evaluation criteria. *Procedia computer science*, 120, 742-749. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.304>
- Nazir, M., y Cavus, N. (2017). Quality evaluation of learning management systems using DEMATEL-ANP. In *INTED2017 Proceedings* (pp. 5754-5760). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1350>
- Panda, M., y Jagadev, A. K. (2018, September). TOPSIS in multi-criteria decision making: a survey. In *2018 2nd International Conference on Data Science and Business Analytics (ICDSBA)* (pp. 51-54). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDSBA.2018.00017>
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://www.rafikulislam.com/uploads/resources/197245512559a37aadea6d.pdf>
- Saaty, T. L., y Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process* (Vol. 282). Springer Science+ Business Media, LLC. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-7279-7>
- Si, S., You, X., Liu, H., & Zhang, P. (2018). DEMATEL Technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 1, 1-33. <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>
- Taherdoost, H., y Madanchian, M. (2023). Analytic Network Process (ANP) method: A comprehensive review of applications, advantages, and limitations. *Journal of Data Science and Intelligent Systems*, 1(1), 12-18. <https://doi.org/10.47852/bonviewJDSIS3202885>
- Teppa-Garran, P., y Fernández-Da Costa, C. (2023). Modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico a través de la evaluación de su desempeño integral. *Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, 8(30), 7-22. <https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.478>
- Viñas, M. (2017). La importancia del uso de plataformas educativas. *Letras*, 1(6), 157-169. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_r evistas/pr.8497/pr.8497.pdf

Autores

Pedro Teppa-Garran. Ingeniero Electricista, Universidad Metropolitana, Venezuela. MSc Ingeniería Electrónica, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. MSc Matemáticas, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. PhD Sistemas de Control, Université Paul Sabatier, Francia. Postdoctorado en Sistemas de Control, LAAS – CNRS, Francia. Profesor Titular Departamento de Gestión de Proyectos y Sistemas Universidad Metropolitana, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-3185>

Email: pteppa@unimet.edu.ve

Massimo Tassinari Aulisi. Ingeniero de Sistemas Universidad Metropolitana, Venezuela. Estudiante del Máster en Análisis de Negocios y Ciencia de los Datos en la IE Universidad de Segovia, España.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6998-0619>

Email: massimo.tassinari@correo.unimet.edu.ve

Alejandro Villarino Fernández. Ingeniero de Sistemas Universidad Metropolitana, Venezuela. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Soporte de Sistemas en la Corporación Digitel en Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8692-2308>

Email: alejandro.villarino@correo.unimet.edu.ve

Recibido: 30-09-2024

Aceptado: 29-11-2024

Modelo Dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas

Dynamic Model to promote Industry 4.0 technologies implementation in small and medium-sized companies

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar, Manuel Ulloa Rojas

Palabras clave: modelo dinámico, tecnologías, Industria 4.0, PYMES

Key words: dynamic model, technologies, Industry 4.0, SMEs

RESUMEN

La evolución de mercados, los requerimientos cada vez más exigentes de clientes y la transformación digital han cambiado la forma como operan las empresas. Es por ello que, en la actualidad es necesario tener una alta capacidad de adaptación e innovación porque de lo contrario corren el riesgo de perder eficiencia, rentabilidad y/o competitividad en el mercado. La presente investigación se orientó en desarrollar un modelo para implementar las tecnologías de la Industria 4.0 en las PYMES afiliadas a CAPEMIAC. Para este fin, se hizo una revisión documental que junto a la información obtenida en la fase de diagnóstico posibilitó la selección de aquellas tecnologías clave que facilitarán la transformación de los procesos industriales. El modelo se construyó con el Software Vensim® PLE, herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. El modelo mencionado se desarrolló como una visión general para ser implementado en las PyMES, comparándolo con el modelo convencional antes utilizado y probado mediante simulación que demostró su validez.

ABSTRACT

Market evolution, increasingly demanding customer requirements, and digital transformation have changed the way companies operate. Therefore, a high capacity for adaptation and innovation is currently essential; otherwise, companies risk losing efficiency, profitability, and/or market competitiveness. This research focused on developing a model for implementing Industry 4.0 technologies in SMEs affiliated with CAPEMIAC. To this end, a document review was conducted, which, together with the information obtained in the diagnostic phase, enabled the selection of key technologies that will facilitate the transformation of industrial processes. The model was built using Vensim® PLE software, a visual modeling tool that allows for the conceptualization, documentation, simulation, analysis, and optimization of system dynamics models. The aforementioned model was developed as an overview for implementation in SMEs, comparing it with the conventional model previously used and testing it through simulation, which demonstrated its validity.

INTRODUCCIÓN

La evolución de los mercados, los requerimientos cada vez más exigentes de los clientes y la transformación digital han cambiado la forma como operan las empresas. Es por ello que, en la actualidad es necesario tener una alta capacidad de adaptación e innovación porque de lo contrario corren el riesgo de perder eficiencia, rentabilidad y/o competitividad en el mercado. Medeiros y Col. (2019) fundamentándose a su vez en lo planteado por Ferraz y Col., se alinean a Koontz & O'Donnell (2013), al definir la competitividad como la capacidad que tiene la empresa de crear e implementar estrategias, mantener o aumentar su participación en el mercado de manera sostenible y obtener rentabilidad en el mercado en relación a sus competidores. Está estrechamente vinculada con la productividad ya que, depende de la relación entre el valor y la cantidad de producto ofrecido y los insumos necesarios para obtenerlo.

Para que una empresa sea capaz de alcanzar una alta competitividad debe implementar sistemas de producción más eficientes que los de sus competidores, que le permitan obtener, ya sea mayor cantidad y calidad de servicios, o tener costos de producción menores por unidad de producto. Dichos sistemas de producción deben facilitar el análisis de datos y la adaptación a los cambios en los procesos de producción a través de soluciones fiables y de recursos basados en el reconocimiento y en la experiencia (Unir, 2022). Sin embargo,

el sector industrial ha visto su productividad seriamente afectada principalmente debido a la aparición de la pandemia COVID-19 en diciembre del año 2019, causando graves perturbaciones en las cadenas de suministro de redes de empresas, proveedores y prestadores de servicios que colaboran para producir, distribuir y entregar bienes y servicios en distintos países y regiones, revelando sus vulnerabilidades y destacando la necesidad de una mayor resistencia y flexibilidad ante situaciones adversas (Musella, 2023).

Por otra parte, la tecnología desempeña un papel fundamental en la mejora de la productividad y la competitividad de las empresas. A lo cual el Banco Mundial (2024) señala que las tecnologías digitales están a la vanguardia del desarrollo y brindan a los países una oportunidad única para acelerar el crecimiento económico y conectar a los ciudadanos con los servicios y el empleo. Además, mantienen conectadas a las personas, los gobiernos y las empresas en tiempos de crisis, que abarcan desde desastres naturales hasta pandemias como las que experimentó el mundo desde finales del año 2019.

Forth et al. (2020) analizaron en un estudio la transformación digital en 825 organizaciones, cuyos resultados mostraron que las transformaciones exitosas crearon, en promedio, 66% más valor, mejoraron las capacidades corporativas en un 82% y cumplieron un 120% más de sus objetivos a tiempo que

aquellas en las que no se generó una transformación exitosa. No obstante, el mismo estudio refleja un aspecto preocupante: solo el 30% de las transformaciones digitales alcanzaron o superaron su valor objetivo y dieron lugar a un cambio sostenible. Un 44% generó algún valor, pero no alcanzó sus objetivos y sólo produjo cambios limitados a largo plazo. El 26% creó un valor limitado (menos del 50% del objetivo), sin producir ningún cambio sostenible. Los obstáculos más comunes son la falta de compromiso de los empleados, el apoyo inadecuado de la dirección, la escasa o nula colaboración entre funciones y la falta de responsabilidad. Además, para mantener el impacto de una transformación suele ser necesario un importante cambio de mentalidad y comportamiento (Bucy et al., 2016)

Si bien la transformación digital puede ser un desafío para las empresas se ha convertido en una necesidad para aquellas que quieran sobrevivir a un mercado cada vez más digital y globalizado. A lo cual Feliciano-Cestero et al. (2020) respaldan señalando que la transformación digital permite a las empresas lograr una mayor flexibilidad y eficiencia, optimizar los procesos de producción, generar propuestas de valor para los ecosistemas de innovación y responder a tiempo a las necesidades del mercado.

El Banco Mundial (2022) analizó el nivel del índice de digitalización de producción de la región en el 2015, encontrando que “América Latina y el Caribe presentan un índice de digitalización de producción de

47.90, un nivel cercano a Europa del Este (41.98), pero considerablemente inferior al de países desarrollados. Esto demuestra el desafío que enfrentan las economías de América Latina y el Caribe para avanzar en la digitalización de la economía para tener un impacto en la productividad. El índice ha crecido a una tasa anual compuesta de 4,42% desde un valor de 29,76 en el 2004. Sin embargo, la posición de América Latina y el Caribe respecto a otras regiones del mundo es un síntoma del rezago de la región.

El aislamiento social impactó significativamente en la perspectiva de los empresarios sobre la importancia de adoptar tecnologías digitales en las industrias. Harvard Business Review Analytic Services (2022) realizó una encuesta a 316 ejecutivos en seis países de Latinoamérica, el 90% afirma que las tecnologías emergentes son extremadamente o muy importantes para el éxito futuro de una organización. El 88% está muy o bastante de acuerdo en que los beneficios de las tecnologías emergentes merecen la pena por el coste de la inversión.

En Venezuela, la crisis económica se encuentra agravada por la pandemia COVID19, ocasionada por el coronavirus SARS CoV-2, que ha azotado una estructura productiva y empresarial con debilidades acumuladas (Ibáñez et al., 2021, p. 21). El sector industrial en Venezuela se ha visto fuertemente afectado por la dificultad para acceder a la materia prima, insumos y demás servicios necesarios para desarrollar su actividad

productiva mucho antes del inicio de la pandemia. Romero et al. (2018) describieron el escenario venezolano, señalando que:

Venezuela actualmente es una economía que atraviesa una fuerte recesión económica, caracterizada por elevados índices de inflación, baja producción de bienes de consumo y de productos intermedios, desempleo, caída del poder adquisitivo de la población, controles de todo tipo, particularmente de precios y de control de cambios.

En este contexto, es necesario hablar de las micro, pequeñas y medianas empresas (PyMES) ya que, representan aproximadamente el 90% de la población empresarial, entre el 60 y 70% del empleo y se estima que entre el 50 y el 35% del producto interno bruto (PIB) en las economías desarrolladas y en desarrollo, respectivamente. (Organización Mundial del Comercio [OMC], 2016). En tal sentido, estas empresas contribuyen a las economías locales y nacionales y son un elemento importante para su desarrollo. La crisis económica y sanitaria que sufre Venezuela afecta especialmente a las PyMES. El Servicio Autónomo de Registros y Notarías (Saren, 2022), registró 19.284 PyMES en el año 2021, mientras que hasta mayo del 2022 se registraron 13.096. De acuerdo con Acosta et al. (2009) las PyMES, representan el mayor generador de empleo ocupando el 67% de la fuerza laboral venezolana. Representan un sector importante para la economía del país, sin embargo, las mismas requieren de mecanismos que permitan su permanencia en el tiempo ya que los beneficios que

generan se vuelven inestables debido al cierre de estas en menos de 5 años (Santamaría, 2017, p.139).

Respecto al nivel de madurez digital en el país, Álvarez y Díaz (2023) realizaron una encuesta a una muestra de 142 empresas, donde se destaca la gran proporción de empresas con los niveles más inferiores de madurez digital: 28,2% novato y 25,3% inicial. Por otro lado, solo una quinta parte de las empresas participantes presenta niveles de madurez en los niveles superiores: avanzado (9,9%) y experto (9,1%), mientras que el 27,5% presenta un nivel de madurez digital competente. Estos resultados reflejan que las empresas venezolanas se han enfocado en ajustarse a las realidades del país con el objetivo de sobrevivir una crisis sin precedentes.

Según cifras que presentó el presidente de la Cámara de Pequeños, Medianos Industriales y Artesanos del estado Carabobo (CAPEMIAC), Lorusso (2022) las empresas afiliadas a CAPEMIAC se encuentran trabajando entre un 25% a 30% de su capacidad instalada. Aunado a eso, manifestó que han presentado problemas con las fallas eléctricas especialmente en la zona industrial. Otro factor que afecta a estas empresas es la entrada de productos importados y no se tiene la capacidad de presentarse al mercado con precios competitivos en comparación con estos productos. El principal obstáculo es que los costos de producción son muy elevados y esto termina reflejándose en el precio que debe pagar el consumidor (León, 2022). De continuar esta situación las PyMES del estado Carabobo verán afectados sus

procesos de producción y operativos impactando negativamente su productividad y posiblemente su permanencia en el mercado.

Por tal razón, es necesario plantear soluciones innovadoras e inteligentes en el corto plazo. En el año 2011 surge la denominada Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, la cual combina operaciones y técnicas con tecnologías inteligentes para mejorar la productividad de las empresas, sus procesos y reducir tiempos. De acuerdo con estimaciones de (Bauemhansl, 2014) entre los beneficios de implementar las tecnologías que integran la Industria 4.0 está la reducción de costos en diferentes áreas. En particular: los costos de inventario pueden disminuir entre 30 y 40%, los costos de producción, logística y calidad entre 10 y 20%, los costos de mantenimiento entre 20 y 30%. Esto se logra gracias a la automatización, el control

de procesos y el uso de la información en tiempo real, a lo largo de la cadena, haciendo más eficiente las operaciones.

Un análisis empírico de las estrategias digitales en las PyMES y las grandes empresas reveló que, si bien no todas las PyMES tienen estrategias digitales, necesitan una estrategia de este tipo para una transformación digital holística y exitosa. (Becker & Schmid, 2020). Por lo cual, la presente investigación se orientó en desarrollar un modelo que traza una hoja de ruta bien definida para implementar las tecnologías de la Industria 4.0 con éxito.

La implementación de la industria 4.0 requiere de una gran cantidad de recursos económicos, humanos y de tiempo, debido a la introducción de un conjunto de tecnologías, por lo que, fue fundamental analizar el entendimiento de estas e identificar cuales favorecen o limitan su adopción en las PyMES.

METODOLOGÍA

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde a las pequeñas y medianas empresas del Estado Carabobo en Venezuela, que están asociadas a la Cámara de Pequeños y Medianos Empresarios del Estado Carabobo «CAPEMIAC» comprendidas por 16 Pymes. Orientados a la finalidad general de este trabajo y cómo se obtienen los datos o información necesaria, se asumió una investigación descriptiva, con un diseño de proyecto factible. Así mismo, la presente investigación corresponde a una modalidad mixta, constituida por una

Investigación documental y de campo como lo afirma UPEL (2016). La recolección de datos es directamente en las PyMES del estado Carabobo, aspecto que confirma que esta investigación sigue una modalidad Documental-Campo; razón por la cual, se considera que tanto la revisión bibliográfica como la obtención de datos fueron esenciales para la consecución de los objetivos y la solución del problema planteado.

La información para el desarrollo de la fase de evaluación se obtuvo a través de la técnica de la entrevista y como instrumento se empleó el guion no estructurado a un

grupo de empresarios o encargados de las PyMES del Estado Carabobo. Respecto a la fase de identificación de las tecnologías de la Industria 4.0, se llevó a cabo una revisión documental que junto a la información obtenida en la fase anterior posibilitó la selección de aquellas tecnologías clave que facilitarán la transformación de los procesos industriales. Una vez culminada la etapa de recolección de datos se procedió a realizar el análisis. Para ello se ordenaron y procesaron los datos obtenidos en la etapa de recolección lo que condujo a interpretar la información obtenida y fue utilizada para sustentar los resultados de la investigación.

Fases de la investigación

Fase I: Evaluación del nivel de preparación hacia la industria 4.0 de las PyMES del estado Carabobo

En esta fase se realizó una evaluación del estado actual de la infraestructura tecnológica a la unidad de análisis seleccionada, lo cual permitió conocer su grado de preparación y madurez hacia la Industria 4.0. De esta manera lograr identificar y priorizar oportunidades de mejora en el proceso de transformación digital. El instrumento a utilizar para recolectar la información necesaria fue la entrevista no estructurada, tomada directamente en las organizaciones que abarca esta investigación. Adicionalmente, la observación directa de los procesos tanto de las operaciones como administrativos y de traslado de información serán de suma importancia para encontrar mejoras viables basadas en la Industria 4.0.

Fase II: Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES.

La Industria 4.0 abarca una variedad de tecnologías, para la cual fue fundamental una revisión documental previa; con la finalidad de identificar aquellas que se adaptaron a las características tecnológicas identificadas en la fase inicial. De manera que el modelo desarrollado funcione y no esté diseñado sobre elementos inadecuados.

Fase III: Construcción, verificación y validación del modelo propuesto para la implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

Una vez identificadas las tecnologías adecuadas, se construyó el modelo basado en los datos tomados como: [1] Nivel tecnológico de las pymes; [2] Procesos de producción; [3] Comunicación interna de la organización; [4] Comunicación externa de la organización. El modelo se construyó con el Software Vensim® PLE, herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Además, provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación mediante diagramas de influencias y diagramas de Forrester. Los resultados del modelo se utilizaron para tomar decisiones por lo que fue vital asegurarse de que el modelo es adecuado y libre de errores lográndose con ello su verificación y validación. El modelo mencionado se desarrolló como una visión general para ser implementado en las PyMES y fue probado mediante una simulación que demostró su validez.

RESULTADOS

Análisis y Discusión

El desarrollo del modelo reflejó qué:

1.- El producto de la investigación bibliográfica efectuada permitió conocer cuales modelos sirven de guía en establecimiento de las preguntas para la evaluación del nivel de preparación tecnológica que poseen actualmente las PyMES del Estado Carabobo. Adicionalmente, se realizó una revisión de los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 y trabajos de investigación o artículos sobre la dinámica de sistemas.

2. Se entrevistaron 16 PyMES con el fin de elaborar su caracterización mediante la observación directa y la revisión documental.

3. Se identificaron las variables relevantes de los procesos productivos y las variables propias de la Industria 4.0.

4. Se construyeron los diagramas causales de los sistemas.

5. Se construyeron los modelos de simulación de eventos continuos basados en dinámica de sistemas y sus ecuaciones.

Caracterización de las PYMES

Con base en los resultados de la revisión bibliográfica y entrevistas realizadas a 16 PyMES afiliadas a CAPEMIAC de los sectores: servicio, calzado y textil, metalúrgico, metalmecánico, manufacturero y alimentos, se presentan las siguientes observaciones:

- El 62,50% de las empresas desconocen o tienen un conocimiento limitado sobre la industria 4.0.

-En cuanto a la velocidad de los servicios de internet el 50% está entre 50 y 100 Mbps, el 37,5% está entre 5 y 50 Mbps, y 12,5% entre 100 y 500 Mbps.

-Con respecto a la inversión en tecnología, el 37,6% de las empresas encuestadas destinan entre 500 y 2000\$, el 31,3% entre 200 y 500\$, el 18,8% entre 2000 y 5000\$, y el 12,3% más de 5000\$.

-El 25% de las empresas encuestadas utilizan aplicaciones empresariales que almacenan y analizan datos para la planificación de los recursos empresariales (ERP)

-Con el fin de realizar sus funciones los empleados utilizan herramientas informáticas como: procesadores de texto, hojas de cálculo, presentación de diapositivas, correo electrónico, entre otros.

-El 37,5% de las empresas encuestadas almacenan sus datos en servidores locales ubicados en sus propias instalaciones, el 18,8% en servidores en la nube pública, el 25% en las computadoras de las empresas y el 18,7% en dispositivos de almacenamiento como: disco duro portátil o memoria USB.

-Los continuos cortes y fluctuaciones eléctricas en el país afectan a las empresas y pueden generar: pérdida de datos, corrupción de sistemas operativos, daño físico a equipos.

-El 80% de las empresas utiliza servicios de correos electrónicos de proveedores gratuitos (gmail, outlook) tanto para la comunicación interna como para comunicarse con clientes o proveedores.

-Escalona y Morales (2022) expresan que el 60% de las PyMES del estado Carabobo no manejan un control de inventarios definido, solo realizan inventarios cuando es necesario saber la cantidad de materia prima o productos que deben reponer. Coto (2017) afirma que es muy común que empresas pequeñas no lleguen a tener un control de inventario porque no saben cómo controlarlo, por lo tanto, optan por no hacerlo.

-La pandemia generada por el Covid-19 ha acelerado la necesidad de que las empresas adopten soluciones tecnológicas como el trabajo colaborativo en línea o el acceso remoto a datos.

Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES

La adaptación es parte fundamental de los seres humanos, esto se ve extrapolado a las organizaciones por medio de cambios que a lo largo del tiempo posibilita que se puedan desarrollar las actividades de una manera más eficiente y productiva, aumentando la competitividad de una o de un conjunto de organizaciones. Actualmente, las soluciones tecnológicas favorecen la anteriormente mencionada adaptación, que tiene como objetivo fundamental agilizar los procesos y tener una mejor velocidad de respuesta orientada al cliente, ya sea interno o externo. A continuación, se presentan en la tabla 1 las aplicaciones típicas, beneficios potenciales y soluciones tecnológicas actuales de cada uno de los pilares de la industria 4.0.

Tabla 1

Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES

Tecnología	Aplicaciones típicas	Algunos Beneficios Potenciales	Soluciones tecnológicas
Computación en la nube	Autoservicio bajo demanda, Amplio acceso a la red, Recursos comunes, Elasticidad rápida, Servicio medible (You et al., 2012)	Permite a las empresas crecer rápidamente, escalar y adaptarse, acelerando la innovación, aumentando la agilidad de la empresa, optimizando las operaciones y reduciendo los costos (Chen y Storey, 2023)	Amazon Web Services, Google Cloud Platform, Microsoft Azure, VMware, OpenStack
IoT (Internet de las cosas)	Fábrica digital, Gestión de inventarios, Gestión de instalaciones de (Chowdhury & Raut, 2019)	Mayor productividad gracias a la optimización y la automatización, Reducción de costos, Seguimiento en tiempo real, Mejores condiciones de trabajo y sostenibilidad, Mayor agilidad (Chowdhury & Raut, 2019)	Etiqueta RFID, Sensores

... continuación **Tabla 1**

Tecnología	Aplicaciones típicas	Algunos Beneficios Potenciales	Soluciones tecnológicas
Big Data	Entorno de fabricación predictiva, Mantenimiento inteligente, Programación inteligente (Azeem et al., 2021)	Capacidad de evaluar rápidamente cantidades masivas de datos, Toma de decisiones mejor informadas, Ahorros por mayor eficiencia y optimización de los procesos empresariales, y, más información y conocimientos de marketing para la creación de productos (Smaya, 2022)	Hadoop, NoSQL, Spark
Sistemas de Integración	Facilita a las empresas la gestión de datos, el intercambio de información entre departamentos, la automatización de procesos y la mejora de la eficiencia general (Bahrynovska, 2023)	Mejora la eficiencia al conectar a la perfección sistemas y aplicaciones dispares, Mejor toma de decisiones basada en datos entre otros (Krysik, 2023).	API, Webhooks, ISC
Ciberseguridad	Seguridad de las aplicaciones, Seguridad de la nube, Seguridad de la información, Prevención de pérdida de datos (Perwej et al., 2021)	Protección contra amenazas externas, Protección contra las amenazas internas, Mejora de la productividad (Norton, 2022)	Intruso, Sparta, Lifelock, Mimecast
Realidad Aumentada	Formación, Colaboración a distancia, Industria de ensamblaje, Logística de almacenes (Cunnane & Prahladrao, 2020)	Mejora de la calidad de los procesos de producción, Reducción de los costes de producción y servicio, Mejorar las normas de seguridad industrial (Amedei, 2022)	Horizon Workrooms Virtual Desktop HoloBuilder RetailVR Sayduck
Manufactura Aditiva	Creación acelerada de prototipos, Producción completa, Impresión 3D de herramientas y utillaje (LuxCreo, 2021)	Intensificar el ritmo en la manufactura y disminuir los costos por objeto, Fabricación de piezas a medida o en tiradas de poco volumen. Promueve la digitalización, Creación de piezas más eficaces desde un punto de vista funcional (Tiffin University, 2023)	Blender FreeCad Fusion 360 SketchUp Free Vectary
Robots Colaborativos (Cobots)	Manipulación de materiales, Inspecciones (Taesi et al., 2023), Ensamblaje Dimitrokalli et al. (2020)	Compacto, Instalación y programación, Impacto positivo en los empleados, Reducción de los costes de producción.	
Simulación	Cadenas de suministro, Fabricación, Transporte Adams (2023)	Reducción del tiempo de inactividad, Reducción de costos operativos, Mejora de la productividad del capital y la mano de obra empleados Felkl (2023)	Arena, MATLAB, SimSolid, AnyLogic Creo, SIMUL8, Simio

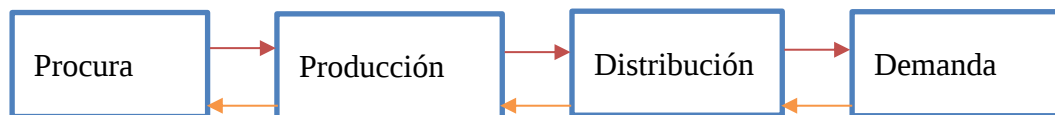
Modelo general del sistema productivo de las PyMES

Para construir un modelo es necesario identificar los elementos que lo componen.

En la figura 1 se muestran, los principales elementos que intervienen en la cadena de suministro de las PyMES, donde se puede observar tanto el flujo de información como el flujo de materiales.

Figura 1

Modelo general del sistema productivo de las PyMES



Leyenda:

Flujo de información

Flujo de materiales

Procura: es donde la empresa tiene contacto con los proveedores de insumos y materias primas. Dicho contacto viene dado por el departamento de compras el cual se encarga de gestionar y coordinar todas las actividades relacionadas con la adquisición de bienes y servicios necesarios para la operación de la empresa.

Producción: elemento esencial de la cadena de suministro donde se llevan a cabo los procesos productivos de la empresa. Este elemento debe estar en constante interacción con los demás elementos para poder operar de manera efectiva.

Distribución: se refiere al transporte y distribución de los productos desde la empresa hasta los clientes. Esto implica la gestión de los flujos de mercancías, la planificación de rutas, el almacenamiento y la gestión de almacenes, así como la coordinación de los servicios de transporte.

Es importante mencionar la demanda, ya que está estrechamente relacionada con la cadena de suministro y es un factor clave que la impulsa y determina sus actividades. La cadena de suministro se diseña y gestiona para satisfacer la demanda de productos o servicios por parte de los clientes.

Clasificación de las variables del sistema

Se identificaron las variables más importantes que intervienen en el sistema productivo de las empresas. Dichas variables se clasificaron en dos categorías, según su función en el modelo y según la clasificación de la dinámica de sistemas. A

continuación, se presentan dichas clasificaciones:

Variables según la clasificación de la dinámica de sistemas

-Variables de nivel o de estado: son las variables que representan la cantidad acumulada o acumulativa de algo en el sistema a lo largo del tiempo. Esta variable se utiliza para medir el estado o la cantidad total de una entidad en un momento dado de la simulación.

-Variables de flujo: son las variables que representan la tasa de cambio o el flujo de algo en el sistema a lo largo del tiempo. Estas variables se utilizan para modelar y

medir la cantidad de entrada o salida de una entidad o recurso en un momento dado de la simulación.

-Variables auxiliares: son las variables que se utilizan para representar factores o condiciones que no son directamente observables en el sistema, pero que tienen un impacto significativo en el comportamiento del mismo. Estas variables pueden ser utilizadas para ajustar o calibrar el modelo y mejorar su precisión en la predicción de resultados.

-Variables de entrada: son las variables que se utilizan para introducir información o influencia externa en el sistema. Estas variables representan los factores que

afectan al sistema pero que no son controlados directamente por él.

-Constantes: son valores fijos del sistema.

Variables según su función en el modelo

-Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0.

-Variables asociadas a la cadena de suministro implementando la Industria 4.0.

-Indicadores

Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0.

La tabla 2 describe las variables que se encuentran en ambos modelos tanto el convencional, como el que utiliza las soluciones tecnológicas.

Tabla 2. Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Ajuste	Mes	Convierte a los flujos en unidades por mes	Constante
Capacidad de producción	Unidades/Mes	Límite actual de flujo de producción	Constante
Capacidad de recepción de materia prima	Unidades/Mes	Cantidad actual de insumos o materiales que una empresa puede recibir	Constante
Capacidad del proveedor	Unidades/Mes	Límite de flujo de materia prima del proveedor	Constante
Demora	Meses	Tiempo de demora entre la recepción de la información del plan de producción y la actualización de los requerimientos netos	Constante
Demanda	Unidades/Mes	Demanda seleccionada	Constante
Factor de seguridad	Adimensional	Factor de garantía para la existencia de producto en el inventario	Constante
Inventario de materia prima final	Unidades	Unidades de materia prima disponibles luego de la producción	Auxiliar
Inventario de materia prima inicial	Unidades	Unidades de materia prima disponibles inicialmente	Nivel
Inventario de producto terminado final	Unidades	Unidades de producto terminado luego de las ventas	Auxiliar
Inventario de producto terminado inicial	Unidades	Unidades de producto terminado disponibles inicialmente	Nivel

... continuación **Tabla 2**

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Inventario de seguridad teórico	Unidades	Inventario de seguridad necesario para cubrir variaciones de la demanda	Auxiliar
Orden de compra	Unidades/Mes	Unidades pedidas al proveedor	Auxiliar
Orden de producción	Unidades/Mes	Cantidad de unidades que deben ser producidas	Auxiliar
Plan de producción	Unidades/Mes	Unidades planificadas a producir	Auxiliar
Precisión del pronóstico	Adimensional	Medida de qué tan exacto o cercano es el pronóstico en relación con los resultados reales	Constante
Producción	Unidades/Mes	Flujo de producción	Flujo
Pronóstico de la demanda	Unidades/Mes	Previsión de la demanda	Auxiliar
Recepción de materia prima	Unidades/Mes	Flujo de entrada de materia prima	Flujo
Requerimientos brutos	Unidades/Mes	Unidades brutas requeridas para cumplir con el plan de producción	Auxiliar
Requerimientos de materia prima	Unidades/Mes	Materia prima neta necesitada para cumplir los Requerimientos netos de producción	Auxiliar
Requerimientos netos	Unidades/Mes	Unidades netas requeridas para cumplir con el plan de producción	Auxiliar
Ventas	Unidades/Mes	Unidades vendidas a los clientes	Flujo

Variables asociadas a la cadena de suministro implementando la Industria 4.0 | La tabla 3 describe las variables inherentes a la utilización de soluciones tecnológicas.

Tabla 3. Variables asociadas a la cadena de suministro implementando la Industria 4.0

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Big data	Unidades/Mes	Grandes volúmenes de datos a ser analizados	Auxiliar
Ciberseguridad	Adimensional	Seguridad en los sistemas digitales	Constante
Conexión a internet	Adimensional	Velocidad de conexión entre los dispositivos	Constante
Computación en la nube	Adimensional	Servidor de respaldo	Constante
Internet de las cosas	Adimensional	Sensores en los objetos cotidianos	Constante
Manufactura aditiva	Adimensional	Proceso de unir materiales para hacer objetos desde un modelo de datos 3D	Constante
Realidad aumentada	Adimensional	Tecnología que mezcla la realidad (mundo real) con información virtual	Constante

... continuación **Tabla 3**

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Robots colaborativos	Adimensional	Robots diseñados para trabajar en colaboración directa con los seres humanos en un entorno de trabajo compartido	Constante
Servidor	Adimensional	Servidor informático en las empresas	Constante
Simulación	Adimensional	Proceso mediante el cual se imita o representa un sistema o fenómeno real	Constante
Sistemas de integración	Unidades/mes	Procesos que permiten conectar distintos sistemas de información.	Auxiliar
Ciberataques	Adimensional	Ataque informático al servidor	Constante
Capacidad base de producción	Unidades / Mes	Límite base de flujo de producción	Constante
Capacidad base de recepción de materia prima	Unidades / Mes	Cantidad base de insumos o materiales que una empresa puede recibir en un período determinado	Constante

Indicadores

En la tabla 4 se describen las variables que miden el desempeño del modelo.

Tabla 4. Indicadores

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Lead time de producción	Meses	Tiempo total necesario para completar el proceso de producción de un artículo o producto, desde el inicio hasta la finalización	Auxiliar
Demanda insatisfecha	Unidades/Mes	Capacidad de utilizar los recursos disponibles de manera óptima para obtener la máxima producción	Auxiliar

Diagramas causales de los sistemas

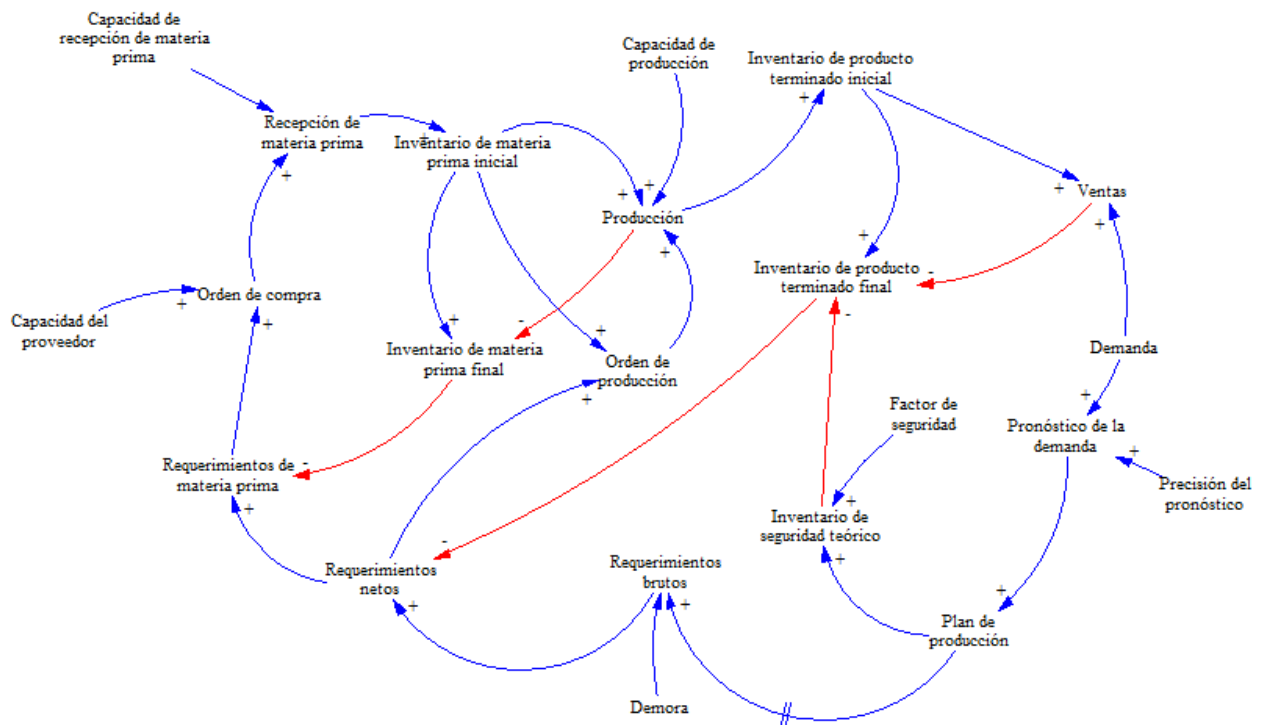
Un diagrama causal es una representación gráfica que muestra las relaciones de causa y efecto entre diferentes variables o factores en un sistema o proceso. En un diagrama causal, es posible identificar diferentes tipos de bucles de retroalimentación que representan las interacciones entre las

variables y cómo se influyen mutuamente. Los bucles de retroalimentación son ciclos de causa y efecto que pueden tener impacto en el sistema en su conjunto los cuales son: bucles de retroalimentación positiva (Flechas de color azul) y bucles de retroalimentación negativa (flecha de color rojo). En este caso se construyeron dos diagramas causales con el objetivo de

identificar y visualizar las relaciones y conexiones entre las diversas variables presentadas anteriormente. En la figura 2 se puede observar el diagrama causal del

modelo de la cadena de suministro de las PyMES sin la implementación de la Industria 4.0.

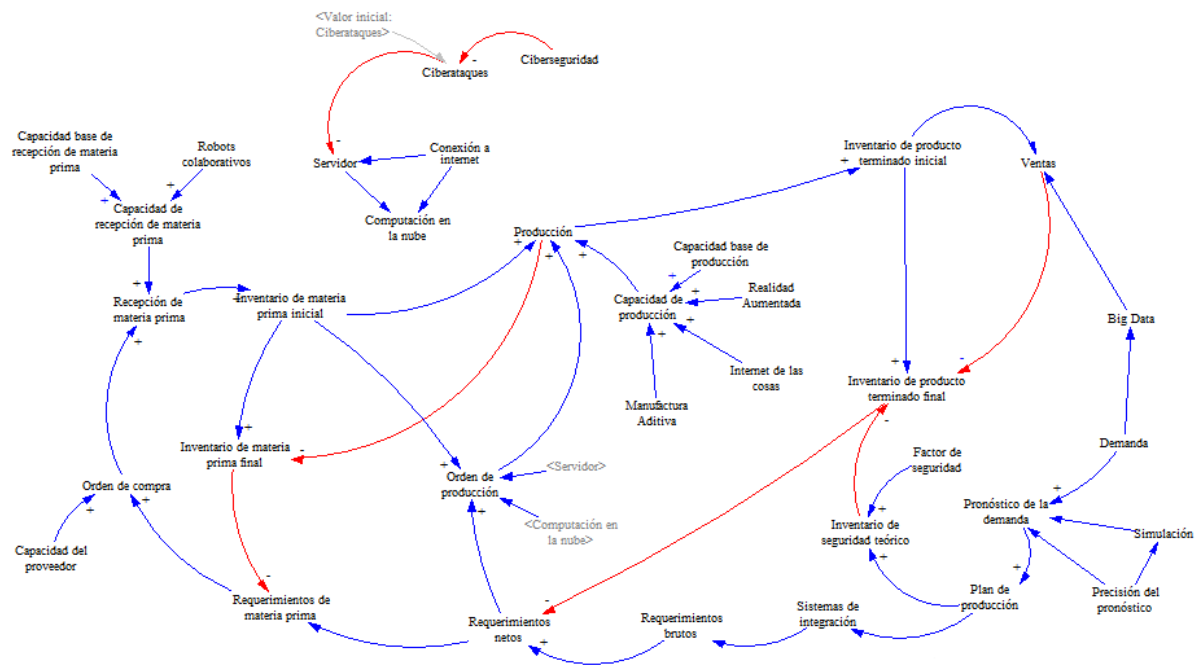
Figura 2. Diagrama causal del modelo de la cadena de suministro convencional de las PyMES



En la figura 3 se puede observar el diagrama causal del modelo de la cadena

de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0.

Figura 3. Diagrama causal del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0



Ecuaciones de los modelos dinámicos

Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro convencional de las PyMES

En la tabla 5 se presentan las ecuaciones para cada modelo. Estas ecuaciones se han desarrollado para capturar la interacción y el comportamiento de los diversos

componentes que conforman un sistema de producción, permitiendo analizar su desempeño a lo largo del tiempo. El modelo busca proporcionar una representación matemática que refleje las relaciones y flujos de materiales, información, recursos y actividades dentro del sistema.

Tabla 5. Ecuaciones de la cadena de suministro convencional

Variable	Ecuación
Demanda insatisfecha	Demanda – Ventas
Inventario de materia prima final	Inventario de materia prima inicial/Ajuste – Producción
Inventario de producto terminado final	Inventario de producto terminado inicial/Ajuste - Inventario de seguridad teórico/Ajuste – Ventas
Inventario de seguridad teórico	INTEGER (Plan de producción*Ajuste)*(1 + Factor de seguridad)
Lead time de producción	Lote de producción/Capacidad de producción
Orden de compra	MIN (Requerimientos de materia prima, Capacidad del proveedor)
Orden de producción	MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial / Ajuste)
Plan de producción	INTEGER(Pronóstico de la demanda)
Producción	MIN (Orden de producción, Capacidad de producción)
Pronóstico de la demanda	Demanda*Precisión del pronóstico
Recepción de materia prima	MIN(Orden de compra , Capacidad de recepción de materia prima)
Requerimientos de materia prima	MAX (Requerimientos netos - Inventario de materia prima final, 0)
Requerimientos netos	MAX (Requerimientos brutos - Inventario de producto terminado final, 0)
Ventas	MIN (Demanda, Inventario de producto terminado inicial / Ajuste)

Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

En la tabla 6 se presentan las ecuaciones para el modelo implementando las

tecnologías asociadas a la Industria 4.0. Es importante destacar que en esta tabla no se incluyen las ecuaciones de aquellas variables que son comunes en ambos modelos y no tuvieron modificaciones.

Tabla 6. Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

Variable	Ecuación
Big data	Demanda
Capacidad de producción	Capacidad base de producción*(1 + Realidad Aumentada + Internet de las cosas + Manufactura Aditiva)
Capacidad de recepción de materia prima	Capacidad base de recepción de materia prima*(1+Robots colaborativos)
Ciberataques	"Valor inicial : Ciberataques"*(1-Ciberseguridad)
Computación en la nube	IF THEN ELSE(Servidor = 0 :AND: Conexión a internet = 1, 1, 0)
Orden de producción	IF THEN ELSE(Servidor = 1, MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial/Ajuste), IF THEN ELSE(Computación en la nube = 1, MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial/Ajuste), 0))
Producción	IF THEN ELSE(:NOT: Orden de producción = 0, MIN (Orden de producción, Capacidad de producción), 0)
Pronóstico de la demanda	Demanda*(Precisión del pronóstico + Simulación)
Requerimientos brutos	DELAY FIXED(Sistemas de integración, Demora, 0)
Servidor	IF THEN ELSE(Ciberataques = 0 :AND: Conexión a internet = 1, 1, 0)
Simulación	1 - Precisión del pronóstico
Sistemas de integración	Plan de producción
Ventas	MIN (Big data, Inventario de producto terminado inicial/Ajuste)

Modelo de la cadena de suministro convencional de las PyMES

El modelo elaborado para la cadena de suministro convencional de las PyMES del estado Carabobo se presenta en la figura 4.

Modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

La figura 5 muestra el modelo de la cadena de suministro de la PyMES implementando la Industria 4.0

Figura 4. Modelo de cadena de suministro convencional de las PyMES

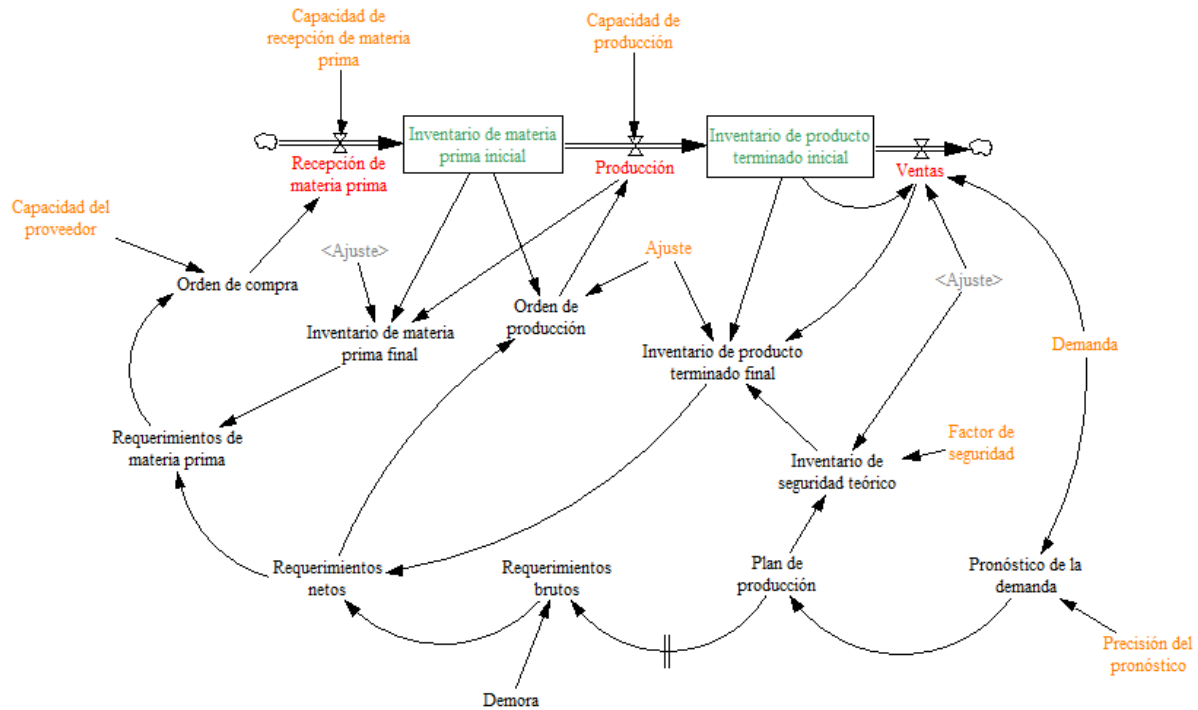
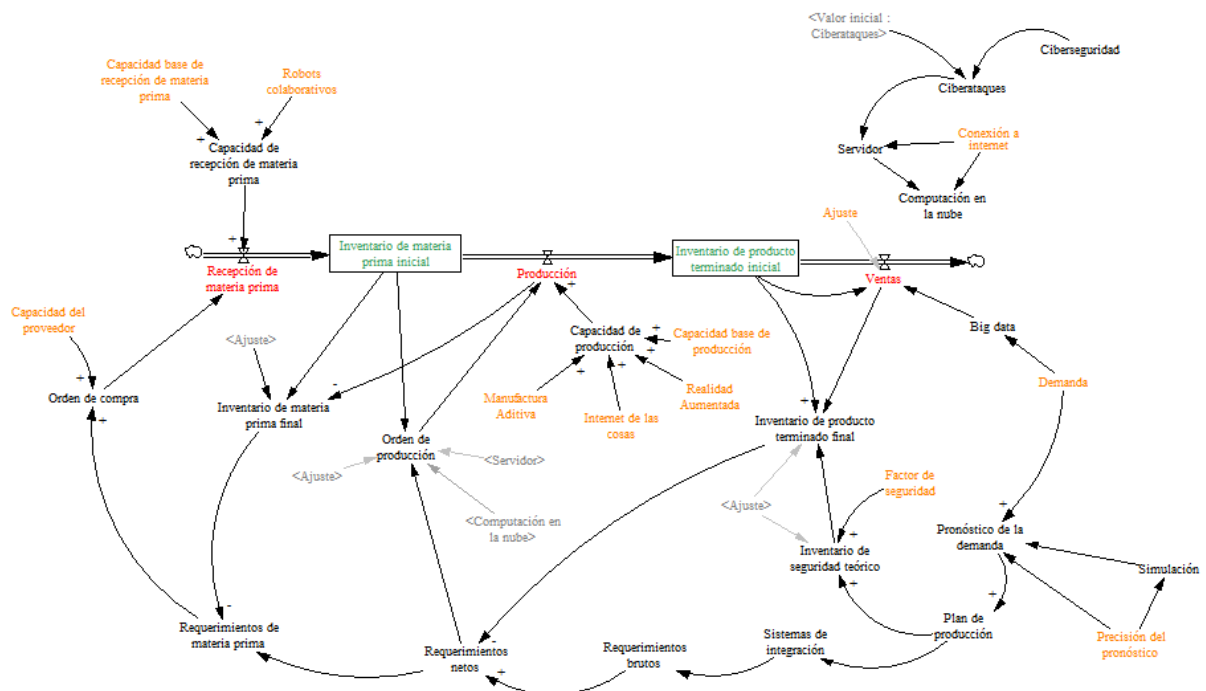


Figura 5. Modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0



Estructura de los modelos

En este apartado se identifican los subprocesos que intervienen en los modelos a efectos de una mejor comprensión de cada uno de ellos.

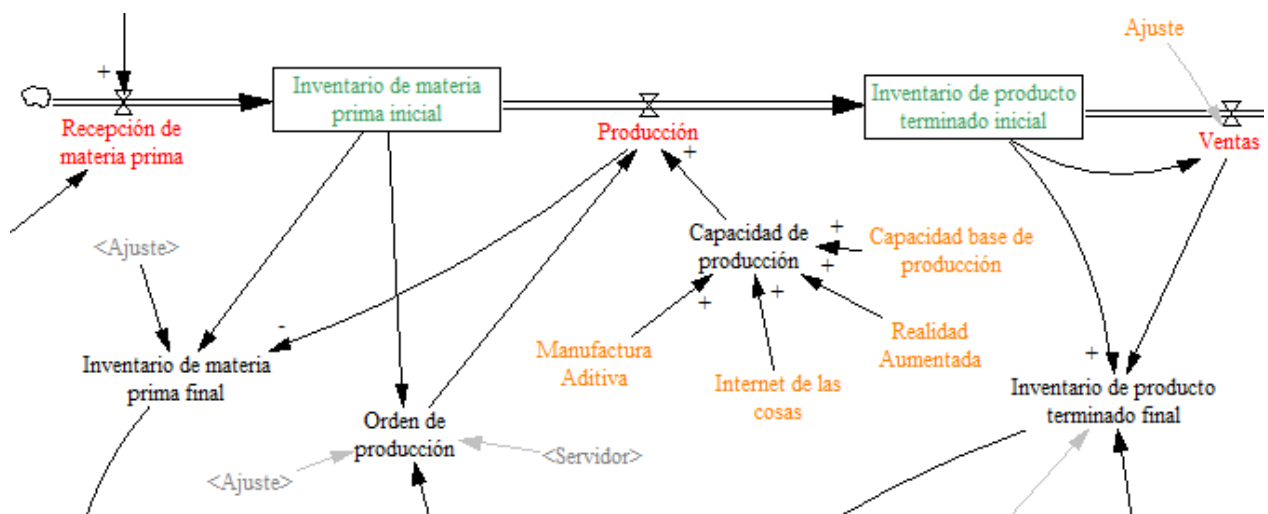
Subproceso de las PyMES convencional

Subproceso planificación de la producción y requerimientos de material de las PyMES
Subproceso gestión de inventario de seguridad

Subproceso producción

A manera de ejemplo, el subproceso de producción se puede observar en la figura 6.

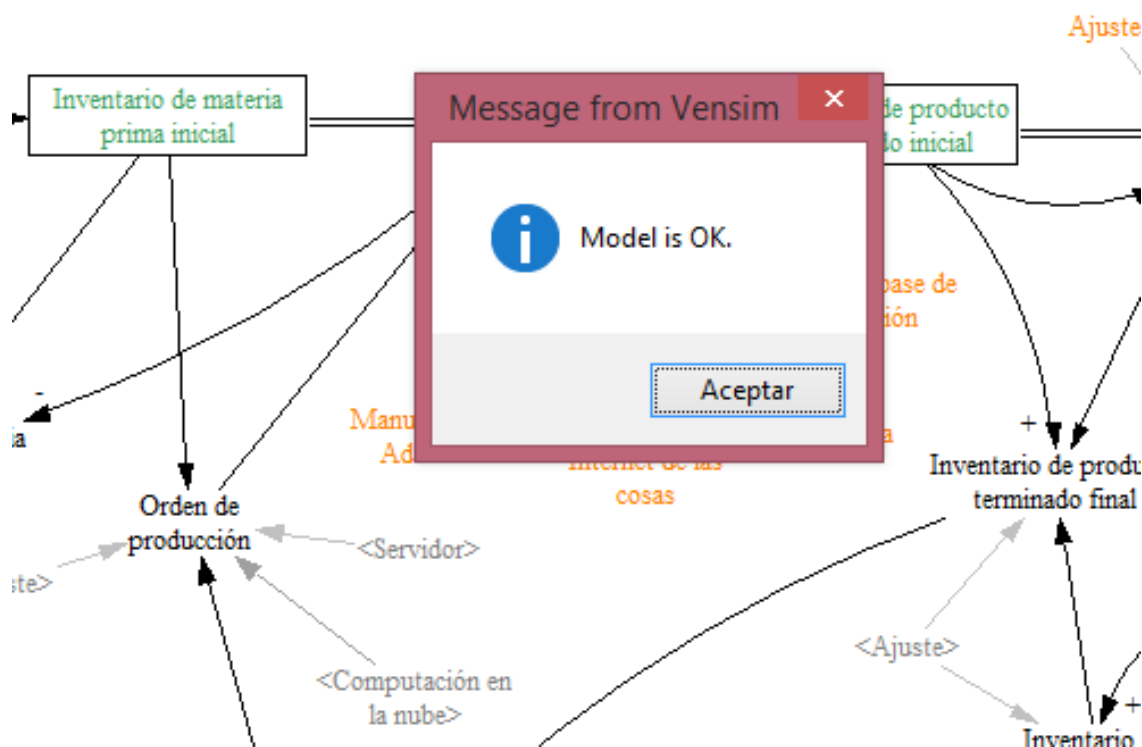
Figura 6. Subproceso producción implementando la Industria 4.0



Se puede observar el contraste presentado en las figuras 5 y 6 donde la diferencia la marca el subproceso servidor que es el diferente.

Validación de los modelos

Con la finalidad de validar los modelos se procedió a chequear en el programa Vensim que todas las ecuaciones (ver figura 7) y las unidades se definieron correctamente.

Figura 7. Validación de las ecuaciones del modelo

Una vez validado el modelo y las unidades se procedió a realizar una corrida preliminar con la finalidad de verificar la validez y el correcto funcionamiento del modelo dinámico. Al ejecutar el modelo con datos de entrada y evaluar los resultados obtenidos, se pudo garantizar que el modelo se desarrolló correctamente y que los resultados son lógicos de acuerdo con las definiciones de cada variable.

Discusión

Tomando en cuenta los estudios realizados y los modelos propuestos que están asociados a la situación actual y la deseada teórica de las PyMES, se establece que para llevar a cabo una implementación eficiente

de las soluciones tecnológicas de la industria 4.0, se deben seguir una serie de pasos, que permitan una migración de la industria convencional a la industria 4.0, dichos pasos se mencionan a continuación.

Anterior a la industria 4.0

Informarse: para lograr un mayor conocimiento acerca la industria 4.0 y los beneficios que trae consigo, se debe asistir a sesiones informativas sobre los detalles de la transformación digital, acudir a foros, exposiciones y eventos que estén relacionados con la industria 4.0. A parte de esto, investigar acerca de las opiniones de los expertos en la industria para aclarar

cualquier duda que pueda surgir en el proceso.

Apoyarse: adicional al punto anterior se requiere el apoyo de los expertos en el área. Esta tarea se puede lograr de dos maneras: Conformar un equipo multidisciplinario de personas que tengan experiencia con la industria 4.0 y escuchar sus opiniones de manera conjunta e individual.

Apoyo de partners o aliados estratégicos, proveedores en el área de control y conectividad digital. Esto con el fin de captar la mayor información necesaria para la implementación.

Infraestructura: Contar o adquirir una infraestructura robusta, refiriéndose a disponer de un control de líneas de producción. Esto es posible cuando se genera un flujo constante de información, que se trasmite de manera oportuna a través de la red, lo que permite tomar decisiones de una manera más rápida y efectiva.

Planificación: es necesario que antes de implementar cualquier cambio se establezcan una serie de estrategias a seguir que estén alineadas con los objetivos de la organización ya sea a corto, mediano o largo plazo. Sumado a esto, se deben tener en cuenta todos los factores internos y externos para que la planificación sea realista y efectiva a la par.

Elección: la elección adecuada de las tecnologías a aplicar es un paso importante ya que de este depende cuáles serán las tecnologías a implementar con el paso del tiempo en la organización. Para esto se hará un análisis exhaustivo tanto del mercado en el que se participa, como de la

competencia y de la organización como tal; conociendo así las tecnologías que serán más adecuadas y eficientes para la digitalización.

Transición a la industria 4.0

Capacitación: para la digitalización las personas adquieren un valor especial, puesto que son las que interpretan los diagnósticos arrojados por las soluciones tecnológicas que generan un gran flujo de información; con base en esto, se toman decisiones en pro de la organización. Mediante la aplicación de talleres, charlas o cursos se adiestrará al personal para guiarlos a cómo diagnosticar e interpretarlos. Contar con un personal capacitado posibilita el mejor aprovechamiento de las soluciones tecnológicas en vías de mejorar los procesos.

Conectar: mediante el internet, la conexión forma parte crucial de los procesos de digitalización, ya que permiten el flujo de la información en los distintos niveles de la organización. Se debe establecer la conexión entre maquinas, dispositivos y departamentos. Para ello, se contrata algún especialista en el área que sirva de guía y suministre los equipos necesarios. Adicionalmente, se contrata un proveedor de internet confiable para evitar o disminuir fallos en la conexión

Evaluar: la evaluación del proyecto al llevarlo a la práctica es un paso indispensable, si no se cumple con este paso la transformación no evolucionará con éxito. Para lograr una visión cuantitativa de los resultados obtenidos, saber si las

soluciones tecnológicas utilizadas fueron las adecuadas y si el proceso de digitalización es rentable, es necesario realizar la evaluación.

Posterior a la industria 4.0

Automatización: luego de haber evaluado el nuevo sistema de trabajo y su correcto funcionamiento, el siguiente paso es la automatización. Lo que consiste en conseguir que el equipo de trabajo sea capaz de mantenerse y optimizarse a sí mismo. Esto se obtiene mediante el monitoreo constante del sistema teniendo en cuenta un contexto determinado y una serie de parámetros definidos previamente. A partir de aquí, se busca la mejora continua del proceso, aportando nuevas estrategias o técnicas para optimizar el proceso.

Mejorar: como último paso en el proceso se tiene la mejora, posterior a la automatización del proceso, donde se hicieron las evaluaciones pertinentes del mismo. Se debe estar en constante investigación de un modelo más completo y adaptarlo a las necesidades de la pyme en cuestión, ya que cualquier proceso puede mejorarse continuamente.

Con los pasos mencionados anteriormente, la PyME que tome este modelo como base debe implementar la migración de la industria convencional a la industria 4.0. Esto con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la eficiencia y establecer un punto de partida para la transformación digital, que es el futuro de las organizaciones.

CONCLUSIONES

En las empresas seleccionadas como base para determinar la proyección del crecimiento tecnológico que tienen las PyMES hacia la industria 4.0 en Carabobo, se concluyó que 62.5% de la Pymes muestran desconocimiento en materia de la industria 4.0, tanto en su definición como en los beneficios que esta posee.

Las soluciones tecnológicas emergentes han traído como consecuencia el facilitar a las organizaciones optimizar los procesos. Por tanto, este estudio permitió identificar cómo se pueden adaptar estas soluciones tecnológicas a los pequeños y medianos

empresarios. Finalizando con el encuentro de los 9 pilares de la industria 4.0 provechosos para las PyMES. Entre los más destacados caben mencionar el Big data, internet de las cosas, simulación, computación en la nube, realidad aumentada, robots colaborativos, ciberseguridad, sistema de integración y manufactura aditiva.

Mediante la integración de dichos pilares en un modelo de dinámica de sistemas que maneja las variables convencionales y variables de las soluciones tecnológicas, se concluyó con un modelo de la industria 4.0

capaz de ofrecer eficiencia y mejores resultados que un modelo común de la Pyme. Para la planificación de la producción, los sistemas de integración aumentan la velocidad de respuesta de la cadena de suministros, haciendo que la información entre la planeación de la producción y los requerimientos surja de manera más fluida y en el momento indicado. Así mismo, la simulación ayuda a tener más precisión en los pronósticos de la demanda, con la aplicación de modelos que simulen las variaciones de la demanda y se anticipen a ella.

Las ordenes de producción sufren una transformación en su manera de emitirse; ya que, con la intervención de los servidores y la computación en la nube, la información no se perderá, puesto que siempre existirá un respaldo de información protegida por medio de programas de ciberseguridad, evitando cualquier fuga de información de la organización.

La producción como parte fundamental del proceso de las pymes logra tener una mayor eficiencia; ya que la capacidad de

producción misma puede verse afectada por las soluciones tecnológicas; mediante el uso del internet de las cosas se monitorea el proceso de producción en busca de fallas para tomar decisiones de la manera más rápida posible. La realidad aumentada permite realizar planes de mantenimiento precisos que limiten en menor medida la producción y la manufactura aditiva promueve la velocidad en la capacidad de producción con la inclusión de nuevas herramientas.

La Big data permite el procesamiento rápido de la información en lo que concierne al impacto que tiene el inventario de producto final sobre las ventas de la organización, proporcionando datos que ayuden a la maximización de las ventas. La robótica colaborativa permite una mayor rapidez en el momento de la recepción de materia prima, lo que tiene como consecuencia una mayor capacidad de recepción de material, facilitando el trabajo humano y al mismo tiempo recopila información acerca cuanto se puede recibir por una unidad de tiempo determinado.

REFERENCIAS

Acosta, I.; Pérez, M. & Hernández, J. (2009). Las PYMES en el desarrollo de la economía social. Factores de éxito subsector contratista del municipio Lagunillas del Estado Zulia. *Negotium*, 4(12), 100-120.

<https://revistanegotium.org.ve/>

Adams, J. (2023). *Typical applications of simulation software*.

<https://www.goodfirms.co/simulation->

[software/blog/typical-applications-simulation-software](https://www.goodfirms.co/simulation-software/blog/typical-applications-simulation-software)

Álvarez, C. H., y Díaz, L. M. (2023). *Chequeo digital en Venezuela: resultados y reflexiones sobre la madurez digital de las empresas en un entorno económico desafiante*. Banco Interamericano de Desarrollo.

<http://dx.doi.org/10.18235/0004827>

- Amedei, D. (2022). *Five Benefits of Augmented Reality*. <https://kiber.tech/five-benefits-augmented-reality/>
- Azeem, M.; Haleem, A.; Bahl, S.; Javaid, M.; Suman, R. & Sharma, D. (2021). Big data applications to take up major challenges across manufacturing industries: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, 49(2), 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.147>
- Bahrynovska, T. (2023). *System integration: Goals, methods, challenges*. Forbytes. <https://forbytes.com/blog/system-integration-methods-and-tips>
- Banco Mundial (2024). *Transformación Digital. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/digital/overview>
- Bauemhansl, T. (2014). Die Vierte Industrielle Revolution. En T. Bauemhansl, M. Hompel y B. Vogel-Heuser (Eds.), *Industrie 4.0 in produktion automatisierung und logistik* (pp. 27-28). <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Becker, W. & Schmid, O. (2020). The right digital strategy for your business: an empirical analysis of the design and implementation of digital strategies in SMEs and LSEs. *Business Research*, 13, 985-1005. <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00124-y>
- Bucy, M.; Finlayson A.; Kelly, G. & Moye, C. (2016). *The 'how' of transformation*. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-how-of-transformation#/>
- Chen, H.; Chiang, R. & Storey, V. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, 36(24), 1165-1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Chowdhury, A. & Raut, A. (2019). Benefits, Challenges, and Opportunities in Adoption of Industrial IoT. *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, 2(4), 822-828. <https://ssrn.com/abstract=3361586>
- Coto, I. (2017). *Mala gestión de inventarios causas quiebre de las pymes*. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/Mala-gestion-de-inventarios-causas-quiebre-de-las-pymes-20170816-0184.html>
- Cunnane, C. & Prahladrao, S. (2020). *Augmented Reality and its Industrial Applications*. ARC Advisory Group. <https://www.arcweb.com/blog/augmented-reality-its-industrial-applications>
- Dimitrokalli, A.; Vosniakos, G.; Nathanael, D. & Matsas, E. (2020). On the assessment of human-robot collaboration in mechanical product assembly by use of Virtual Reality. *Procedia Manufacturing*, 51, 627-634. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.088>
- Escalona, A. & Morales, V. (2022). *Modelo dinámico de evaluación del efecto de los distintos tipos de colaboración en las cadenas de suministro de las pequeñas y medianas empresas*. [Trabajo Especial de Grado NO Publicado, Universidad de Carabobo].
- Feliciano-Cestero, M. M.; Ameen, N.; Kotabe, M.; Paul, J. & Signoret, M. (2023). Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization. *Journal of Business Research*, 157, 113546. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113546>
- Felkl, L. (2023). *5 popular industrial simulation applications*. SCDA. <https://www.supplychaindataanalytics.com/5-popular-industrial-simulation-applications/>
- Forth, P.; Reichert, T.; De Laubier, R. & Chakraborty, S. (2020). *Flipping the odds of digital transformation success*. BCG Global. <https://www.bcg.com/publications/2020/increasing-odds-of-success-in-digital-transformation>
- Harvard Business Review (2022). *Driving adoption of emerging technologies in Latin America*.

<https://hbr.org/sponsored/2022/11/driving-adoption-of-emerging-technologies-in-latin-america>

Ibáñez, N., Castillo, R., & Mujica, M. (2021). Reactivación de las pequeñas y medianas industrias en la nueva normalidad. *Negotium: revista de ciencias gerenciales*, 17(50), 20-34. <https://www.revistanegotium.com/>

Koontz, H. & O'Donnell, C. (2013). *Curso de Administración Moderna- Un análisis de sistemas y contingencias de las funciones administrativas*. Litográfica Ingramex S.A.

Krysik, A. (2023). *System integration: uniting technology for seamless business operation*. Stratoflow. <https://stratoflow.com/system-integration/#benefits>

Lorusso, A. (2022). *Capemiac: Industrias en Carabobo se encuentran trabajando entre un 25% a 30% de su capacidad instalada*. Finanzas Digital. <https://finanzasdigital.com/2022/04/capemiac-industrias-carabobo-capacidad-instalada/>

LuxCreo. (2021). *Top seven industries for additive manufacturing applications*. <https://luxcreo.com/top-seven-industries-for-additive-manufacturing-applications/>

Manufactura LATAM (2024). *¿Qué es manufactura aditiva? Beneficios y aplicaciones*. <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/manufactura-aditiva-top-5-de-beneficios-y-aplicaciones>

Medeiros, V., Gonçalves, G. L. & Camargos, E. (2019). La Competitividad y sus Factores Determinantes: un Análisis Sistémico para Países en Desarrollo. *Revista de la CEPAL*, 129, 7-27. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bistreams/820532b5-0b65-4f87-9990-fe54b4a6e507/content>

Musella, L. (2023). *The impact of Covid-19 on the supply chain: Review of the effects of a pandemic crisis on the global supply system and analysis of its fragilities* [Tesis de Maestría, KTH Royal

Institute of Technology]. DiVA Digitala Vetenskapliga Arkivet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1751221/FULLTEXT01.pdf>

León, D. (2022). *Industria del plástico en Venezuela está al 15 % de su capacidad*. El Diario. <https://eldiario.com/2022/11/17/industria-del-plastico-en-venezuela-capacidad/>

Norton, D. (2022). *6 Benefits of Cyber Security – Defending Against Cyber Attacks*. <https://deandorton.com/cyber-security-benefits/>

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2016). *Informe sobre el comercio mundial 2016. Igualdad de condiciones para el comercio de las pymes*. OMC.

Perwej, Y.; Qamar, S.; Pratap, J.; Akhtar, Y. & Kumar, A. (2021). A Systematic Literature Review on the Cyber Security. *International Journal of Scientific Research and Management*, 9 (12), 669-710. <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v9i12.ec04>

Romero, D., Sánchez, S. & Ávila, M. (2018). Inestabilidad, riesgo e incertidumbre Escenario para emprender en Venezuela. *Revista Emprendimiento e Innovación Empresarial*, 1 (1), 35-40.

Santamaría, R. (2017). Las PYMES y factores para obtener el éxito, inicio para el marco referencial. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(21), 131-144. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/vol6-n21/art08.pdf>

Servicio Autónomo de Registros y Notarías (Saren) (2022). *Saren registra más de 19 mil Pymes durante el 2021*. <https://www.saren.gob.ve/saren-registra-mas-de-19-mil-pymes-durante-el-2021/>

Smaya, H. (2022). The Influence of Big Data Analytics in the Industry. *Open Access Library Journal*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.4236/oalib.1108383>

- Taesi, C.; Aggogeri, F. & Pellegrini, N. (2023). COBOT Applications—Recent Advances and Challenges. *Robotics*, 12(3), 79. <https://doi.org/10.3390/robotics12030079>
- Tiffin University (2023). *¿Qué es la fabricación aditiva? 8 beneficios de su aplicación.* <https://global.tiffin.edu/noticias/que-es-la-fabricacion-aditiva-beneficios-de-su-aplicacion>
- UNIR (2022). *¿Qué es Industria 4.0? Definición y objetivos.* <https://mexico.unir.net/ingenieria/noticias/que-es-industria-4-0/>
- UPEL (2016). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. 5ª Edición.* Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- You, P.; Peng, Y.; Liu, W. & Xue, S. (2012). Security Issues and Solutions in Cloud Computing. En *2012 32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*. Macau, China, pp. 573-577. <https://doi.org/10.1109/icdcs.2012.20>

Autores

Francisco Figueredo Lugo. Ingeniero Industrial. Profesor-Investigador, Departamento de Investigación de operaciones, Escuela de Ingeniería Industrial, facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7857-4971>

Email: ffigueredo@uc.edu.ve

Miguel Sánchez Bolívar. Ingeniero Industrial, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3420-0450>

Email: miguelsanchezb17@gmail.com

Manuel Ulloa Rojas. Ingeniero Industrial, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4136-7468>

Email: manuelulloa10@gmail.com

Recibido: 24-03-2024

Aceptado: 25-07-2024

Impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado

Impact of Implementing Lean Six Sigma approach in a Manufacturing Company to Achieve Market Survival

José Otero Bracamonte, Andrea Castañeda Sanabria

Palabras clave: Cuello de botella, Lean Seis Sigma, Manufactura, Mejora Continua, Productividad

Key words: Bottleneck, Lean Six Sigma, Manufacturing, Continuous Improvement, Productivity

RESUMEN

En este caso de estudio, se evalúa la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera de acero galvanizado cuando se enfrenta a problemas de productividad. La metodología empleada se basa en un estudio con enfoque cuantitativo-cualitativo de los datos recopilados de un proyecto de incremento de productividad con dirección en la mejora continua en una empresa manufacturera de acero galvanizado, que contempla un rango de tiempo de 16 meses desde su inicio. El caso de estudio incluyó la realización de un Mapa del Flujo de Valor, ayudando a identificar el flujo de valor y todos los puntos críticos del proceso. Se utilizaron herramientas como el diagrama de Pareto y el análisis de causa raíz para entender y definir la prioridad de los problemas. Además, se diseñó un tablero de indicadores para monitorear el desempeño y realizar seguimiento. Los hallazgos permiten señalar que el método Lean Seis Sigma genera un impacto positivo en cuanto a la productividad de la empresa, disminuyendo los desperdicios en distintas áreas y tiempos improductivos, enfocándose en el área de cuello de botella, que en este caso fue la línea de galvanizado.

ABSTRACT

This case study evaluates the implementation of the Lean Six Sigma approach in a galvanized steel manufacturing company facing productivity challenges. The methodology employed is based on a study with a quantitative-qualitative approach to data collected from a productivity increase project with a focus on continuous improvement in a galvanized steel manufacturing company, which covers a time range of 16 months from its inception. The case study included conducting a Value Stream Mapping, which helped identify the value stream and all critical points of the process. Tools such as the Pareto diagram and root cause analysis were used to understand and prioritize problems. Additionally, an indicator dashboard was designed to monitor performance and track progress. The findings indicate that the Lean Six Sigma method generates a positive impact on the company's productivity, reducing waste in different areas and unproductive times, focusing on the bottleneck area, which in this case was the galvanizing line.

INTRODUCCIÓN

En la era de la globalización y la creciente competencia en el mercado, la mejora del desempeño de los procesos y la calidad de los productos se prioriza constantemente para alcanzar los objetivos finales de la organización en términos de rentabilidad, sostenibilidad, participación de mercado y competitividad (Karwande et al., 2023). La competitividad es la principal preocupación de las organizaciones, que buscan continuamente formas de reducir la complejidad y el desperdicio; además de, aumentar el valor y los ingresos (Skalli et al., 2023). En el mundo actual, llegar a ser competitivo cada día es más complicado y requiere un mayor esfuerzo porque los clientes o consumidores demandan un menor precio y tiempo de respuesta, pero manteniendo un alto nivel de calidad (Cantú, 2018), debido a esto, la gerencia de las organizaciones siempre está en búsqueda de la implementación de diferentes herramientas o técnicas, para así lograr un incremento de la productividad, los principales tópicos que se habla en la administración de operaciones y cadena de suministros son la sustentabilidad, manufacturas esbeltas y el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de los procesos de la cadena de suministro.

Las empresas requieren hoy administrar con éxito todo el flujo de suministros, desde las fuentes de materia prima hasta la venta, a través de un proceso donde se disminuya la mayor cantidad de actividades y procesos que no agregan valor tanto a la compañía como a los clientes, por ello este

tópico es de gran interés para aquellos que están directamente relacionados con la fabricación de productos o prestación de servicios.

Lean Seis Sigma es un enfoque sistemático para reducir o eliminar actividades que no agregan valor al proceso (Bhaskar, 2020). Es una metodología robusta que combina los principios de Lean Manufacturing (manufactura esbelta) y las técnicas de Seis Sigma para mejorar la eficacia y reducir el desperdicio en los procesos (Vanzant, 2024), mejorando significativamente la calidad de los productos y servicios, reduciendo los costos y aumentando la satisfacción del cliente al tiempo que ofrece un enfoque sistemático basado en datos.

Lean Seis Sigma combina los principios de fabricación Lean y la gestión de calidad Six Sigma para reducir el desperdicio y los defectos en los procesos de negocio (Huang et al., 2023). La combinación de Lean Manufacturing y Six Sigma, produce las mejores y más efectivas herramientas que una empresa puede poseer para aumentar su productividad general (Ikumapayi et al., 2020).

Para Skalli et al. (2023), Lean, es una filosofía organizacional y un enfoque hacia la eficiencia empresarial desarrollado por la empresa japonesa Toyota, diseñado para reducir el desperdicio y las actividades sin valor añadido en la fabricación; mientras que, Seis Sigma es un concepto eficaz que se utiliza para lograr la mejora continua e identificar y eliminar las causas de error en los procesos, abordando la variabilidad y

las desviaciones del proceso, se pueden lograr una mayor satisfacción del cliente y, al mismo tiempo, maximizar las ganancias económicas.

La técnica del Lean Manufacturing es un concepto adoptado para eliminar desperdicios y procesos que no agregan ningún valor a la satisfacción del cliente (Tampubolon et al., 2021); mientras que por medio del pensamiento de Six Sigma los gerentes describen con facilidad el desempeño de un proceso en términos de variabilidad y comparan varios procesos usando una medida común (Chase et al., 2022) de esta forma mejoran los procesos con base en las estadísticas, disminuyendo los reprocesos y aumentando la productividad, al mejorar la calidad aumenta la productividad (Deming, 1989). Six Sigma se ha utilizado ampliamente como técnica de gestión para mejorar la calidad en los sistemas de fabricación y servicios (Okwu, 2021). Desde las últimas décadas, Six Sigma ha jugado un papel vital en las empresas globales como una agenda prioritaria para optimizar costos y mejorar la productividad, para generar el máximo beneficio comercial y ventaja competitiva al reducir continuamente los defectos en la organización (Karwande et al., 2023). El enfoque Seis Sigma ha sido adoptado por la industria como una herramienta de gestión empresarial para mejorar las capacidades operativas y reducir los defectos en cualquier proceso (Mittal et al., 2023).

El primer paso para que la empresa se encamine hacia la manufactura esbelta, es conocer cuál es la situación inicial del proceso. La manera de autoevaluarse

consiste en realizar un value stream mapping (VSM) o "mapa de la cadena de valor" de un producto o familia de productos que permite llegar a conclusiones que constituirán la base para la futura mejora organizativa (Lopez, 2020). Luego, al integrar varias herramientas de calidad en cada etapa del proceso DMAIC, las organizaciones pueden establecer un método sistemático enfocado en mejorar continuamente la calidad del producto y servicio mientras se minimizan los defectos (Moreira et al., 2024).

Es importante recordar que Lean es una forma de ver las cosas. Por ende, si se quiere cambiar la manera de hacer las cosas se debe cambiar la forma de pensar. Lean tiene mucho que ver con incorporar una nueva forma de pensar, es una nueva forma de ver el mundo (Rebozov, 2022), por ende la implementación del método Lean conlleva un cambio de pensamiento, donde todas las personas de la organización deben estar involucrados en el proceso, así, el reto más importante que tiene un gerente o líder de la organización no es la implementación de una serie de herramientas Lean, el mayor desafío es lograr la integración total del equipo, romper esa resistencia al cambio que se puede presentar durante la ejecución de los métodos Lean, ya sea por diversas causas como la costumbre de una gestión antigua, que no haya necesidad, entre otras excusas que puedan existir para no formar parte del proceso. Para lograr la supervivencia en el mercado se necesita ser una empresa flexible.

Cabe resaltar que la implementación de la manufactura esbelta en una empresa es lenta, no todas las empresas presentan resultados exitosos mediante la aplicación de este enfoque, pero en el caso de una empresa manufacturera que se encuentra en un estado crítico donde la permanencia de la misma en el mercado esté en juego, donde no se tiene el capital para invertir, no se tiene la disposición de recursos o ánimo por parte de los inversores de inyectar más dinero, ya que ésta solo proyecta números rojos para la cartera, ahí es cuando el enfoque Lean cobra una mayor necesidad de ser implementada en la organización, ésta no busca esa inversión extra, esa nueva maquinaria; Lean se enfoca en la eliminación continua de desperdicios de los procesos para así entregar mayor valor al cliente.

En la investigación se consideró iniciar con un VSM que dará la base para poder

indagar cual es el área de mayor relevancia, o área cuello de botella, para posteriormente comenzar con la herramienta DMAIC, la cual ayudará a explorar cuales pueden ser los mejores métodos para eliminar los tiempos improductivos y los desperdicios. La metodología a emplear se destaca en utilizar la información obtenida de los indicadores de la planta, base de datos anteriores al período de estudio de 16 meses y recolección de todos los métodos y herramientas que se emplearon dentro de este proceso. Al finalizar, este artículo es importante responder ¿Los métodos Lean Seis Sigma generan un impacto positivo en la productividad de una empresa manufactura de acero que lucha por sobrevivir dentro del mercado venezolano?.

METODOLOGÍA

Se inicio con un plan de trabajo para ejecutar la implementación de la metodología Lean Seis Sigma para aumentar la productividad de la planta, el cuál fue:

1. *Asignación de equipo de ingenieros de mejora continua en la planta.*
2. *Identificar el producto crítico, el cual es el que represente el mayor porcentaje de la producción.*
3. *Realizar levantamiento de mapeo de cadena de valor (VSM) del proceso.*

4. *Levantamiento de información del estado actual de la línea productiva y todos los tiempos improductivos que ocurren en ella.*
5. *Toma de tiempo de todas actividades críticas en el proceso cuello de botella.*
6. *Medir el impacto de los tiempos improductivos en la producción de la línea de acero galvanizado.*
7. *Análisis profundo de los problemas encontrados para así identificar la causa raíz.*
8. *Identificación de posibles mejoras enfocadas al incremento de productividad de la línea.*
9. *Aplicación de métodos de la manufactura esbelta (Lean manufacturing)*

para reducir los desperdicios existentes en el proceso.

10. *Estandarización de todas las actividades críticas y parámetros inherentes del proceso.*

11. *Seguimiento y control para poder mantener las mejoras a largo plazo.*

La metodología Lean está comprendida por una serie de muchas herramientas que han dado resultados en diversas plantas de manufactura, donde siempre su enfoque es reducir todo desperdicio que pueda existir en los procesos, pero en sí, carece de una secuencia, de un paso a paso que nos permita saber dónde iniciar el proceso de implementación.

Por otra parte, se tiene que Seis Sigma, si tiene un paso a paso, se sabe que se debe iniciar en definir el caso de estudio y cuál es el problema que se busca mejorar, pero luego cuando se va al paso número 4,

puede carecer de ideas de cuales mejoras se deben hacer o que metodología seguir, por ello, en las últimas décadas se juntaron ambas herramientas creando el Lean Seis Sigma y por ello fue el elegido para el proyecto de incremento de productividad en la empresa manufacturera de acero.

Un proyecto es como tomar un viaje, se conoce el destino al que se dirige, pero no como llegar hasta él, y por ello la implementación se inicia con el mapa de flujo de valor, el cuál es una herramienta Lean que permite saber dónde se encuentra la empresa y abre el campo de visión de todo el proceso para así definir el futuro del mismo cumpliendo la meta de mejora continua de los procesos, buscando la estandarización para que perdure a largo plazo.

RESULTADOS

Como se indica en la figura 1, en la empresa de manufactura de acero se inició con el levantamiento de tiempos e información del proceso productivo de la planta, en este caso, de tratarse de una empresa con una gran cartera de productos, se eligió el que representa el mayor porcentaje del volumen mensual que se despacha a los clientes, que resultó ser el alambre galvanizado de calibre 17 para amarre que representa un 70% de la demanda del mercado.

Se toman tiempos de todas las actividades críticas que forman parte del proceso desde la necesidad del cliente hasta el despacho

del producto, presentando todas las actividades que agregan valor y todos los tiempos improductivos que ocurren durante el mismo que ciertamente, como lo dice la cultura Lean, el cliente no paga por ello.

El Mapeo de Flujo de Valor es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva, ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios del mismo y comunica ideas de mejora enfocando al uso de un plan priorizando los esfuerzos de mejoramiento.

Figura 1. Inicio y proceso de la implementación del Lean Seis Sigma

Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa y compra; es la técnica de dibujar un “mapa” o diagrama de flujo mostrando como los materiales e información fluyen “puerta a puerta” desde el proveedor hasta el cliente y busca reducir y eliminar desperdicios, pudiendo ser útil para la planeación estratégica y la gestión del cambio. (Cabrera, 2021).

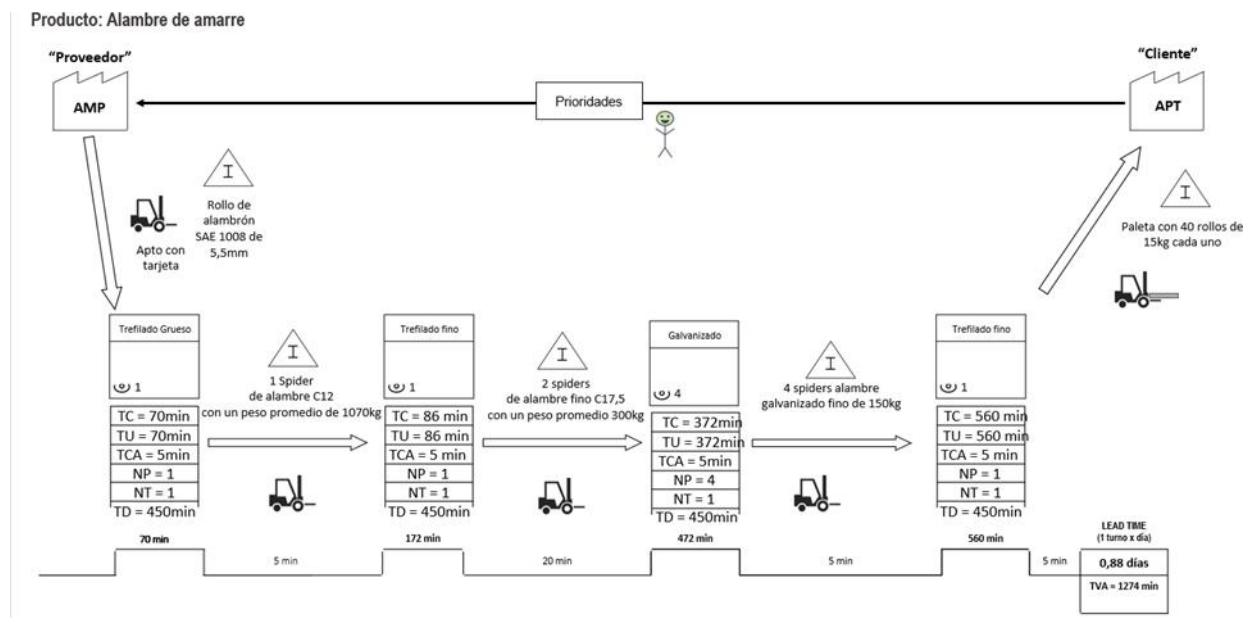
Con el enfoque de visualizar el proceso desde el inicio hasta el final, se puede lograr evidenciar todas aquellas actividades que no agregan valor en la cadena de operaciones, por lo cual es una buena manera de iniciar la implementación del Lean Seis Sigma, ya que esta herramienta permite establecer un mapa de la situación actual donde se detallaría todos esos desperdicios en la cadena de operaciones dando así un buen punto de partida como a su vez una meta ya que en conjunto del mapeo de flujo de valor actual, se realiza un VSM futuro donde se puede

estimar los tiempos de cada actividad crítica una vez ejecutada las mejoras de nuestra implementación de herramientas Lean. Mediante la toma de tiempo se realiza VSM actual de la empresa manufacturera que se puede observar en la figura 2.

Analizando el mapa de flujo de valor, se observa que la actividad o proceso crítico es la de Galvanizado, el cuál está compuesta por una línea de 80 metros de longitud donde pasan 18 alambres por diversas etapas las cuáles son: enhebrado en el bosque, recocado con HCl, lavado, secado, inmersión en tina de Zinc con su respectivo brushing para moldear las capas de zinc en el alambre de acero.

Al definir la actividad crítica o cuello botella, ya entramos en el primer paso del Six Sigma, el cual es definir, aquí se estableció cual es la necesidad del cliente la cual es aumentar la producción de alambre galvanizado fino de 70 Ton a 140 Ton y se define el área crítica que nos representa el mayor obstáculo para lograr esta meta.

Figura 2. VSM del producto más vendido



Seguidamente se procede a medir (DMAIC), donde se toman los tiempos de los distintos turnos que trabajan en la línea, se realizan grabaciones y una toma de data de todo tiempo improductivo que ocurre a lo largo del turno para así establecer una frecuencia y la causa para cada vez que se detiene una línea de alambre galvanizado. Para medir en casos donde no se tiene data de meses anteriores y tampoco un registro actual del día a día, se requiere iniciar el levantamiento de dicha data, el cuál en el caso de esta planta, se inició con grabaciones, entrevistas a los operarios y la implementación de diversas carteleras a lo largo de la línea para que dichos operarios comenzaran a registrar cada vez que ocurriera una falla que interrumpiera el proceso. En la figura 3, se puede observar el formato para registro de tiempos improductivos.

Figura 3. Formato para recolección de tiempos improductivos en línea de galvanizado

Falla	#	#	#	#	#	Turno
Rotura por enredos						1
						2
						3
Rotura por empates ocultos						1
						2
						3
Rotura por soldadura						1
						2
						3
Falta de alimentación						1
						2
						3
Falla de máquina						1
						2
						3
Falta de montacargas						1
						2
						3
Falla eléctrica						1
						2
						3

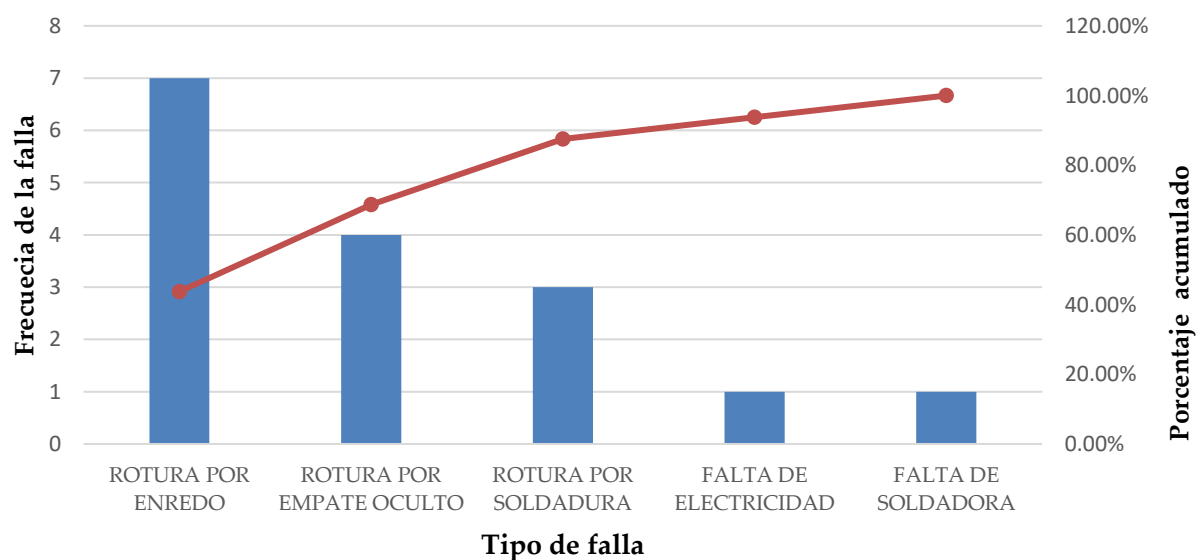
Con la información recopilada mediante el registro de las frecuencias de las fallas o tiempos improductivos, la observación por parte del equipo de ingenieros de mejora continua, se puede proceder a la siguiente etapa del DMAIC que es analizar. Una herramienta muy útil al momento de evaluar el impacto de las fallas en el proceso, es el diagrama de Pareto.

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual puede ser utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua. Dentro de las dificultades que se pueden presentar al tratar de interpretar el diagrama de Pareto es que algunas veces los datos no indican una clara distinción entre las categorías. Esto puede verse en el gráfico cuando todas

las barras son más o menos de la misma altura. Otra dificultad es que se necesita más de la mitad de las categorías para sumar más del 60% del efecto de calidad, por lo que un buen análisis e interpretación depende en su gran mayoría de un buen análisis previo de las causas y posterior recogida de datos. (Prades et al., 2006).

Como lo indica el autor en su definición, previamente de realizar el diagrama se evaluó y estudió las causas que salen reflejadas en el diagrama, por ello se requiere primeramente antes de analizar, entender todo el proceso del caso de estudio. El diagrama de Pareto de la línea de Galvanizado de la empresa manufacturera de acero se puede observar en la figura No.4.

Figura 4. Diagrama Pareto Inicial de las fallas de la línea de Galvanizado



También se levantó información para llevar el seguimiento del proceso productivo de la línea galvanizado donde se debe establecer indicadores que si agreguen valor, como lo es la producción diaria, merma generada, las fallas anteriormente mencionadas, entre otras. Una herramienta útil para llevar todo mapeado de manera visual es un dashboard o cuadro de mando la cual es muy útil a la hora de visualizar los KPIs o métricas importantes para la consecución de objetivos de cualquier empresa. Es un sistema de visualización que muestra los

datos más relevantes de una manera visual e intuitiva.

El tablero de indicadores de la figura 5, realizado para la línea de galvanizado contempla el Pareto de fallas, la producción diaria en toneladas y en meses, el porcentaje de merma o chatarra generada por cada línea o máquina presente como también el porcentaje de cumplimiento de producción y los calibres dominantes, y por último una bitácora donde se puede observar todas las anomalías o desviaciones como también anotaciones que agreguen valor.

Figura 5. Tablero de indicadores de la línea de galvanizado



Es común ver indicadores que no aportan información significativa al proceso, ya sea por obsolescencia del mismo o sencillamente no fue seleccionado de manera correcta, por lo cual siempre se debe prestar atención a la hora de definir bien los objetivos para luego identificar los

idóneos; los indicadores de gestión son la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia estipulado, pueden señalar una desviación sobre la cual se

toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

El diagrama de Pareto se puede visualizar como un análisis inicial para compilar toda la información recolectada y así presentar cuáles son las causas más críticas dentro del proceso; una vez identificadas como se pudo evidenciar en la figura No 4, se procede a realizar análisis más exhaustivos a cada una de ellas para así llegar a la causa raíz.

Entre los análisis se pueden encontrar el diagrama de Ishikawa y también el análisis de los 5 por qué (análisis de causa raíz), éste último es una técnica de resolución de problemas que se utiliza para explorar la relación causa-efecto que conduce a un determinado problema. Su nombre se deriva de la frecuencia en que se usa la pregunta «¿Por qué?». Dicha pregunta

repetitiva es utilizada para dar con la causa raíz del problema y se repite en la mayoría de los casos 5 veces, la repuesta que se da, es la base de la siguiente pregunta. Pero es importante recalcar que en ocasiones llegar a los 5 «¿Por qué?» puede ser perjudicial para el análisis, ya que podría derivar en la respuesta de «No hay suficientes recursos para costearlo» y esto puede ser un callejón sin salida dentro del análisis.

Estas dos técnicas se pueden agrupar y crear una herramienta completa donde permita dividir las posibles causas en categorías como por ejemplo las 5M's y también aprovechar el cuestionamiento exhaustivo que brinda los "5 ¿por qué?" al momento de buscar la solución de un problema, en la figura 6 se puede observar una plantilla empleada en el proyecto de mejora de esta empresa.

Figura 6. Formato para el análisis causa-efecto y los "5 ¿por qué?"

ANÁLISIS DE CAUSA-EFECTO / 5 ¿POR QUÉ?					
Fecha:	Falla:			Equipo:	
5M	1. ¿Por Qué?	2. ¿Por Qué?	3. ¿Por Qué?	4. ¿Por Qué?	5. ¿Por Qué?
MANO DE OBRA					
MATERIALES					
MÉTODO					
MÁQUINA					
MEDICIÓN					
CAUSA FUNDAMENTAL:			¿Por qué no se detectó?		

Las roturas por enredo, en el caso de la línea de galvanizado, son las que presentan la mayor cantidad de tiempo improductivo en la línea, por lo que se procede a realizar el análisis de causa raíz que se plantea en la figura 6, evidenciando que hay muchos factores que influyen en la generación de este problema, desde fallas en máquina, mano de obra, materiales, entre otros.

Luego del análisis, se avanza a la siguiente etapa del DMAIC, la cual es Improve (Mejorar), y es aquí donde entra en juego todo ese compendio de herramientas Lean que se mencionaron a inicios del artículo,

ya que éstas son, dependiendo de la falla a solucionar, un buen arsenal de instrumentos útiles que se pueden aplicar para solventarlos.

Para la gestión de las mejoras que se van a implementar en la solución de todos aquellos problemas detectados en la etapa de análisis, generalmente se emplea un plan de acción donde se pueda llevar el estatus de las contramedidas que puedan dar con la causa raíz; se puede observar en la figura 7 un formato de ejemplo de un plan de acción básico.

Figura 7. Ejemplo de Formato para Plan de acción/contramedidas

PLAN DE ACCIÓN / CONTRAMEDIDAS

ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA DE CIERRE	STATUS

Cada último “por qué” que se generó en el análisis de las posibles causas raíces deben estar sujeta a una o más contramedidas que logre solventar la misma, por ende, todo plan de acción se genera seguidamente al emplear la herramienta descrita en la figura 6.

Una de las principales causas de las roturas por enredo, como su nombre lo indica, son los enredos provenientes de la materia prima que alimenta a esta línea, las cuáles son cestas de alambre trefilado en el proceso anterior que vienen con enredos y se trancan durante el proceso siguiente. Se procede a realizar análisis del proceso de Trefilado, que es el anterior y se logró

evidenciar desviaciones existentes entre las cestas que provienen de los trefiladores de los distintos turnos que tiene la planta, y es ahí donde entra en juego uno de los pilares del templo de la manufactura esbelta, que es la estandarización de procesos, es decir, la toma de la mejor práctica para su posterior estandarización, enseñando a todos los turnos a trabajar dentro del mismo esquema de proceso.

Como Malpartida (2020) dice: El Trabajo Estandarizado (TE), es una herramienta, que permite estandarizar las operaciones. Para esto, se establece la línea base de evaluación y se administran los procesos con la finalidad de evaluar su desempeño.

Al tener la documentación estandarizada se asegura que la secuencia de las acciones del operador sea repetible en el tiempo, sin dificultades, apoyada por el control visual, esta es una herramienta para iniciar acciones de mejora, cerciorándose de que las operaciones sean más seguras y efectivas.

La estandarización, además de ser aplicada en los procedimientos, es aplicada en la puesta a punto de la línea, para minimizar los tiempos de parada entre los cambios de herramientas y la puesta a punto de la máquina.

Para finalizar, se procede a evaluar todos los valores que arrojan los procesos, aquellos que no eran documentados, junto con la gestión visual y los parámetros de calidad de cada uno de los productos, con la finalidad de tener todos estos elementos bien documentados para su posterior

control de proceso en el tiempo, cumpliendo con la última sigla del DMAIC y aún más importante, para lograr verificar que el proceso se encuentre dentro de los parámetros de control con los KPI's que fueron explicados anteriormente.

En el caso de la línea de galvanizado, a medida que van pasando los meses se observa un incremento en el tonelaje producido mensual conforme se van ejecutando las contramedidas del plan de acción, donde se emplean diversas herramientas Lean con un análisis y monitoreo constante para evaluar la efectividad de dichas herramientas como también los análisis causa-raíz. Cabe destacar que el cambio de cultura del equipo de trabajo hacia la mejora, uno de los papeles más importante para la implementación del Lean Seis Sigma en la cadena de operaciones.

CONCLUSIONES

La secuencia de implementación del Lean Seis Sigma va a depender del proceso de manufactura y la empresa. En la implementación del Lean en una empresa, la cultura y el pensamiento de los trabajadores juegan un rol importante para que los cambios generados perduren con el tiempo. La resistencia al cambio puede representar una gran traba al momento de implementar el Lean Seis Sigma.

En la etapa de análisis del DMAIC deben asistir todos los trabajadores involucrados

del proceso, no solamente la junta directiva. La cantidad de contramedidas es proporcional al número de últimos “por qué” que se generan en el análisis causa-efecto.

El enfoque Lean es muy útil en empresas venezolanas ya que éstas no requieren de grandes inversiones sino de reducir los desperdicios que generamos en nuestros procesos. En un proyecto de incremento de productividad deben estar involucrados todos los trabajadores de distintos niveles de la empresa.

REFERENCIAS

- Bhaskar, H. L. (2020). Lean Six Sigma in Manufacturing: A Comprehensive Review. En F. García, I. Segovia, T. Bányai y P. Tamás (Eds.) *Lean Manufacturing and Six Sigma - Behind the Mask* (cap. 10, pp. 1-29). IntechOpen.
<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89859>
- Cabrera C. (2021). *VSM Value Stream Mapping, Análisis del Mapeo de la Cadena de Valor*. (1ra ed). Cantú, H. (2011). *Desarrollo de una cultura de Calidad* (4ta ed.). McGraw-Hill.
- Deming, W.E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos.
- Huang, J.; Irfan, M.; Saman, S. y Shahid, R. (2023). The role of lean six sigma in driving sustainable manufacturing practices: an analysis of the relationship between lean six sigma principles, data-driven decision making, and environmental performance. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1-12.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1184488>
- Ikumapayi, O.M.; Akinlabi, E.T.; Mwema, F.M. y Ogbonna, O.S. (2020). Six sigma versus lean manufacturing – An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26 (2), 3275-3281.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.986>
- Jacobs, R., & Chase, R. (2022). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (16.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Karwande, R.; Bhosle, S. y Ambad, P. (2023). A Review of Six Sigma Approach to Enhance Performance in Manufacturing Industries. En *Proceedings of the International Conference on Applications of Machine Intelligence and Data Analytics (ICAMIDA 2022)*. Atlantis Press.
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-136-4_56
- López, X. N. (2020). *VS M: herramienta clave de la mejora continua metodología y aplicación* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Córdoba].
- UCC Sistema de Bibliotecas.
<http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/id/eprint/2805>
- Malpartida Gutiérrez, J. N. (2020). Importancia del uso de las herramientas Lean Manufacturing en las operaciones de la industria del plástico en Lima. *Llamkasun*, 1(2), 77-89.
<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v1i2.16>
- Mittal, A.; Gupta, P.; Kumar, V.; Al Owad, A.; Mahlawat, S. y Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9 (3), e14625.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Moreira, T., Nascimento, D., Smirnova, Y., & Santos, A. (2024). Lean six sigma 4.0 methodology for optimizing occupational exams in operations management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(8), 93-119.
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2023-0123>
- Okwu, M. (2021). Review of the Impact of Six Sigma as a process improvement in manufacturing systems in the era of Industry 4.0. En *2nd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
<https://doi.org/10.46254/SA02.20210523>
- Prades, R., Mahiques, J., Verdoy, P., & Pellicer, S. (2006). *Manual de Control Estadístico de Calidad. Teoría y aplicaciones* (3.a ed.). Universidad Jaume I. Servicio de Comunicación y Pu.
- Rebozov, N. (2022). *Creando una cultura kaizen: Cómo dejar de apagar incendios y desarrollar equipos ganadores*. Libella.
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Shokri, A. (2023). Industry 4.0 and Lean Six Sigma integration in manufacturing: A literature review, an

integrated framework and proposed research perspectives. *Quality Management Journal*, 30(1), 16–40.

<https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144784>

Tampubolon, S., & Purba, H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. *International Journal of Production*

Management and Engineering, 9(2), 125–139.

<https://doi.org/10.4995/ijpme.2021.14561>

Vanzant, T. (2024). *Lean Six Sigma International Standards and Global Guidelines* (3rd ed.). Routledge.

Autores

José Gregorio Otero Bracamonte. Ingeniero Mecánico, Universidad de Carabobo, Venezuela. Cursando Programa de Maestría en Administración de Empresas, Mención: Gerencia, Facultad de Ciencias Económica y Sociales, Universidad de Carabobo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0497-3892>

Email: josegregoriootero31@gmail.com

Andrea Carolina Castañeda Sanabria. Ingeniero Mecánico, Universidad de Carabobo, Venezuela. Cursando Programa de Maestría en Administración de Empresas, Mención: Gerencia, Facultad de Ciencias Económica y Sociales, Universidad de Carabobo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8137-9205>

Email: andreacastaneda960111@gmail.com

Recibido: 22-09-2024

Aceptado: 27-12-2024

Artículos de Divulgación

TEMAS DE INTERÉS GENERAL

Simuladores como herramienta educativa en la Mecánica de Fluidos. Una estrategia para la adquisición del saber

Simulators as an educational tool in Fluid Mechanics. A strategy for the acquisition of knowledge

Lisette Hornebo Avendaño, Arístides Méndez-Arias

Palabras clave: simuladores, innovación tecnológica, adquisición de saber, mecánica de fluidos

Key words: simulators, technological innovation, acquisition of knowledge, fluid mechanics

RESUMEN

Este estudio describe el proceso de formación del ingeniero usando simuladores como estrategia para adquirir saberes; sustentado en el paradigma interpretativo, bajo el método etnográfico, circunscrito en un escenario y en informantes claves, conformado por 25 estudiantes y un docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo que cursan la asignatura Mecánica de Fluidos. Se aplicaron las técnicas de observación y libro anecdótico, para recolectar la información sobre el uso de simuladores FluLab, Phet y Cienytec. La estructura del artículo presenta cuatro contextos: la innovación pedagógica, avances de estudios a través de simulación, transferencia de conocimiento y los simuladores en la democratización de la educación; a fin de comprender que los estudiantes, al fomentar la experimentación y la solución de problemas en un entorno simulado, estimulan el aprendizaje y la creatividad, aplicando conocimientos, tomando decisiones, observando resultados y actuando en tiempo real en la construcción de conocimientos nuevos.

ABSTRACT

This study describes the engineering training process using simulators as a strategy to acquire knowledge; supported by the interpretive paradigm, under the ethnographic method, circumscribed in a scenario and in key informants, made up of 25 students and a teacher from the Faculty of Mechanical Engineering of the University of Carabobo who study the subject Fluid Mechanics. Observation and anecdotal book techniques were applied to collect information on the use of FluLab, Phet and Cienytec simulators. The structure of the article presents four contexts: pedagogical innovation, advances in studies through simulation, knowledge transfer and simulators in the democratization of education; in order to understand that students, by encouraging experimentation and problem solving in a simulated environment, stimulate learning and creativity, applying knowledge, making decisions, observing results and acting in real time in the construction of new knowledge.

INTRODUCCIÓN

Incorporar una visión donde la cultura sea concebida con un significado profundo es una tarea que demandará años de esfuerzo. La sociedad cambiante lo ha estipulado por generaciones, es decir, la transformación de pensamiento es generacional. El nacimiento de una nueva generación, desarrollada en un entorno profundamente tecnológico, vive y crece en medio de constantes cambios e interacciones permeados de tecnología.

La cultura educacional posee sus sesgos y directrices por parte de quienes tienen la tarea y la licencia de administrar, acompañar y guiar el acto educativo; labor realizada por los docentes. Si bien es cierto, hay profesores formados en otra generación, sin embargo, hacen lo posible por adaptarse y actualizarse en la manera de enseñar y acompañar el proceso educativo.

Las herramientas didácticas utilizadas años atrás se siguen usando en clases y se discute su efectividad. Este tema sigue dando de qué hablar, en la actualidad la educación se sustenta en enseñanza tradicional. Así como lo expresa Castelo et al. (2024), "Los centros educativos deben modificar su enfoque, pasando del método tradicional de enseñanza hacia el conectivismo." El aprendizaje puede ser descrito como un proceso de creación de una red de conocimiento, apoyada en las TIC para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje..

En el presente artículo se plantea el hecho fenoménico educativo de la inserción de los

simuladores en la formación, vista como recurso tecnológico coadyuvante en la construcción de conocimiento en acto educativo actualizado y de avanzada.

En el ámbito universitario, la enseñanza a través de simuladores se utiliza para facilitar la comprensión de fenómenos reales, replicando de forma precisa el comportamiento de los fluidos, permitiendo así el estudio de los principios que lo rigen en un entorno controlado y simulan la realidad. Tal es el caso de la unidad curricular Mecánica de Fluidos, adscrita al pensum de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo en Venezuela. Según Espín et al. (2022), el uso de simuladores en la educación permite al estudiante enfrentarse a situaciones desafiantes en un ambiente seguro donde el error está permitido, sin repercusiones reales, además proporciona la oportunidad de mejorar las competencias del hacer..

En este escenario los investigadores se formulan la siguiente interrogante: ¿cuáles son los aspectos clave del proceso de formación de ingenieros que se benefician por la implementación y uso de simuladores?, de tal manera que, el objetivo de esta investigación es describir los aspectos relevantes del proceso de formación del ingeniero con simuladores como herramienta educativa en la construcción de nuevos conocimientos necesarios y útiles en el área ingenieril, visto desde un enfoque cualitativo.

La investigación se presenta previa contextualización en cuatro (4) contextos de estudio; la innovación pedagógica; avances de estudios a través de simulación, transferencia de conocimiento y los simuladores en la democratización de la educación.

Contextualización

La educación es considerada el proceso fundamental en la formación y el desarrollo integral del ser humano en sociedad; la UNESCO (2008) define la educación como el "elemento clave del desarrollo en la medida en que permite a las personas alcanzar su pleno potencial". Adicional, en un proceso educativo están presentes dos piezas importantes para el desarrollo de este; el docente o facilitador, quien es el encargado de promover el desarrollo cognitivo, emocional y social mediante el uso de estrategias y recursos didácticos posibilitando impartir conocimiento y favorecer el aprendizaje; y el estudiante quien se involucra de manera activa en las actividades de aprendizaje, desarrollando habilidades de pensamiento crítico en la construcción del propio conocimiento.

Así mismo, la revolución educativa trajo consigo la aparición de herramientas tecnológicas, proporcionando diferentes plataformas, estas influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversos ámbitos, no solo de las vivencias diarias sino en la educación. La creciente globalización, propone saciar la necesidad de mejorar la experiencia educativa, no sólo desde el docente y el gran reto generado por el avance de la tecnología, también a

través de la interacción de los estudiantes con las nuevas herramientas digitales brindando diferentes escenarios que contribuyen en el aprendizaje. "Resulta algo complicado compartir una información, proporcionar una instrucción, integrar fundamentos teóricos en la implicancia de construir el aprendizaje que genere sentido y significancia en los participantes a través del entorno de la virtualidad" (Méndez Arias, p. 859)

Es necesario que los estudiantes se integren activamente con sus conocimientos, comenzar a dar sentido a los saberes adquiridos durante la etapa académica. En este contexto, emerge la teoría del aprendizaje significativo desarrollado por Ausubel (1968), quien asegura que el estudiante tiene la capacidad de comprender y retener información en un entorno en particular, para relacionarla con la información previa, generando una conexión personal con los materiales y experiencias nuevas.

Concerniente al aprendizaje surge el basado en simulaciones, donde la práctica y la experimentación, dentro de un sistema controlado seguro, fomenta la adquisición de saberes relacionados con los conocimientos teóricos y los obtenidos en el entorno social, que conjugados enriquecen a los participantes, propiciando el desarrollo de habilidades prácticas, toma de decisiones y el fomento de habilidades blandas.

En función a ello, la educación actual y sus exigencias ha generado el replanteo de las estrategias y la adopción de nuevas herramientas. Y surge para los

investigadores la inquietud de la simbiosis que debe existir entre los simuladores y la adquisición del saber, formulándose la siguiente interrogante: ¿cuáles son los aspectos clave del proceso de formación de ingenieros que se benefician por la implementación y uso de simuladores?

El gran crecimiento tecnológico ha contribuido en la adquisición de conocimientos en las diversas áreas, siendo los simuladores una herramienta digital para el mejoramiento y fortalecimiento del proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes. Con base en este contexto, se establece el objetivo de esta investigación: describir los aspectos relevantes del proceso de formación del ingeniero con simuladores como herramienta educativa en la construcción de nuevos conocimientos necesarios y útiles en el área ingenieril, visto desde un enfoque cualitativo.

“Se debe destacar la importancia del aprendizaje a través de la experimentación, cuando el ensayo y error permiten a los estudiantes crear y aprender, en un proceso de depuración que valora los errores como oportunidades de aprendizaje” (Papert, 1987, como se citó en Trujillo, 2023. 266). Los simuladores como instrumento educativo posibilita la transferencia de conocimiento utilizando entornos virtuales replicadores de fenómenos naturales y, específicamente, experiencias prácticas.

En el proceso de formación del nuevo profesional de ingeniería, la Mecánica de Fluidos es una de las ciencias básicas, esta se fundamenta en la comprensión de los fenómenos y el comportamiento de los

fluidos en reposo o en movimiento. Durante el aprendizaje se explora y comprende estos fenómenos desde una perspectiva práctica y experiencial, el cual proporciona a los estudiantes experiencias interactivas y realistas, convirtiendo al simulador en una herramienta enriquecedora de la enseñanza y el aprendizaje en el campo educativo.

Dentro de este contexto, en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo, se enmarca en un entorno educativo caracterizado por el esfuerzo constante por adaptar sus estrategias pedagógicas a las necesidades de los estudiantes y las exigencias del entorno industrial contemporáneo. Su principio de fundamenta en la valoración profunda, en la formación técnica y la resolución de problemas prácticos, asimismo, se ha identificado la necesidad de integrar herramientas tecnológicas avanzadas para enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Uno de los principales desafíos en este entorno es la brecha entre los recursos disponibles y la velocidad de evolución tecnológica que experimenta la ingeniería moderna. A pesar de las limitaciones presupuestarias y logísticas comunes en muchas instituciones públicas, la Facultad de Ingeniería Mecánica ha fomentado un enfoque innovador al incorporar tecnologías educativas, como simuladores, que permiten a los estudiantes experimentar con escenarios complejos y dinámicos de manera interactiva. Esta herramienta ha sido adoptada por los docentes por la necesidad de cumplir con

las competencias establecidas para la asignatura, recreando situaciones reales que complementan el proceso de enseñanza y aprendizaje de la materia, así como, una alternativa en los laboratorios prácticos, donde por los problemas presupuestarios, los mantenimientos de equipos son cada día más difícil, y la adquisición de nuevos bancos de ensayos paso a ser una necesidad no lograda.

Implementar esta herramienta educativa promueve un ambiente de aprendizaje activo, en el que el estudiante no solo absorbe información, sino que también interactúa con el modelo, analiza resultados y evalúa el impacto de diferentes variables en tiempo real. Este enfoque ha transformado la dinámica educativa hacia un modelo más centrado en el estudiante, donde el docente actúa como guía y facilitador.

La incorporación de simuladores fomenta un entorno que busca adoptar tecnologías para mejorar el aprendizaje, respondiendo a una necesidad social y económica, formando profesionales más competentes y competitivos. En este contexto, González,

et al (2021) afirman: "La integración de simuladores en el proceso de enseñanza y aprendizaje ofrece una plataforma dinámica que promueve la participación activa de los estudiantes, facilitando un aprendizaje profundo y la aplicación práctica de conceptos teóricos".

Por otra parte, Shahrezaei et al. (2024), expresan que:

"Los simuladores proporcionan entornos inmersivos y sin riesgos donde se puede adquirir, practicar y perfeccionar las habilidades, conectando eficazmente el conocimiento teórico y la aplicaciones prácticas. Numerosas investigaciones han validado la eficacia de la formación basada en simulación para mejorar los resultados educativos, como la adquisición de conocimientos, la competencia técnica y la competencia procedimental."

Con respecto a la unidad curricular Mecánica de Fluidos, su entorno educativo está basado en la teoría que la sustenta y, la mayoría de sus clases se administran a través de actividades prácticas en el laboratorio físico y a través de la resolución de problemas.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta utiliza un diseño emergente, asumiendo una investigación descriptiva etnográfica con base fenoménica desde una perspectiva interpretativa y un enfoque cualitativo, que busca explorar de manera profunda y detallada las experiencias y percepciones de los estudiantes y docentes. El paradigma fenomenológico centra su interés en las

experiencias subjetivas de los individuos y en el significado que otorgan a esas experiencias. En el contexto de esta investigación, se plantea como objetivo principal captar las vivencias de los actores educativos (estudiantes y docente) en relación con el uso de simuladores como herramientas educativas.

Este enfoque permite revelar cómo las interacciones con los simuladores

transforman la percepción y comprensión de conceptos fundamentales en Mecánica de Fluidos. Propiciar una reflexión profunda sobre las implicaciones pedagógicas de esta tecnología: ¿Cómo cambia la dinámica en el aula al incluir simuladores? ¿Qué tipo de conocimientos prácticos y habilidades se desarrollan? ¿Qué significados atribuyen los estudiantes a estas experiencias en su formación como futuros ingenieros?

Además, se busca analizar las interacciones y dinámicas culturales dentro del aula, documentando mediante la observación y el libro anecdótico como los simuladores son integrados en la práctica docente y su impacto en los procesos formativos de los ingenieros.

En cuanto al escenario de la investigación, la recopilación de información se realizó en la Facultad de Ingeniería Mecánica, en un periodo lectivo y con tiempo determinado, la población estudiada fue de 25 estudiantes de Mecánica de Fluidos y el docente quien administra la asignatura.

A fin de describir el comportamiento del fenómeno estudiado relacionado con la construcción de nuevos conocimientos se formuló la siguiente interrogante ¿cómo los simuladores utilizados en Mecánica de Fluidos pueden ser una herramienta educativa útil y necesaria en procesos especializados, cuando no se cuenta con el

campo real de ejecución y práctica?, se planteó de manera intencional, en vista de que los investigadores tenían la inquietud de ¿cómo aprenden los estudiantes y los docente con el uso de simuladores en la clase de Mecánica de Fluidos?. Respecto a los simuladores se les pregunto si ¿conocían y habían utilizado los simuladores FluLab, Phet y Cienytec, y su apreciación sobre el aporte a su proceso de aprendizaje al utilizar estas herramientas digitales. El fin de la intencionalidad no es demostrar algo, sino de develar y comprender el hecho fenoménico tal cual se vive.

Seguidamente, se consideraron para la interpretación de fuentes documentales, obras de carácter científico, con miras a cumplir con la tarea de contrastar las concepciones establecidas en torno al uso de los simuladores para la adquisición del saber.

Cabe destacar, en esta investigación se preserva el derecho a la vida, no se hizo experimento alguno capaz de atentar contra la integridad física, psicológica o moral de los estudiantes ni del profesor, estableciendo el consentimiento de cada uno de los participantes; dicho estudio tiene únicamente intereses científicos el cual en ningún momento se llegó a interferir en las acciones propias del momento formativo universitario.

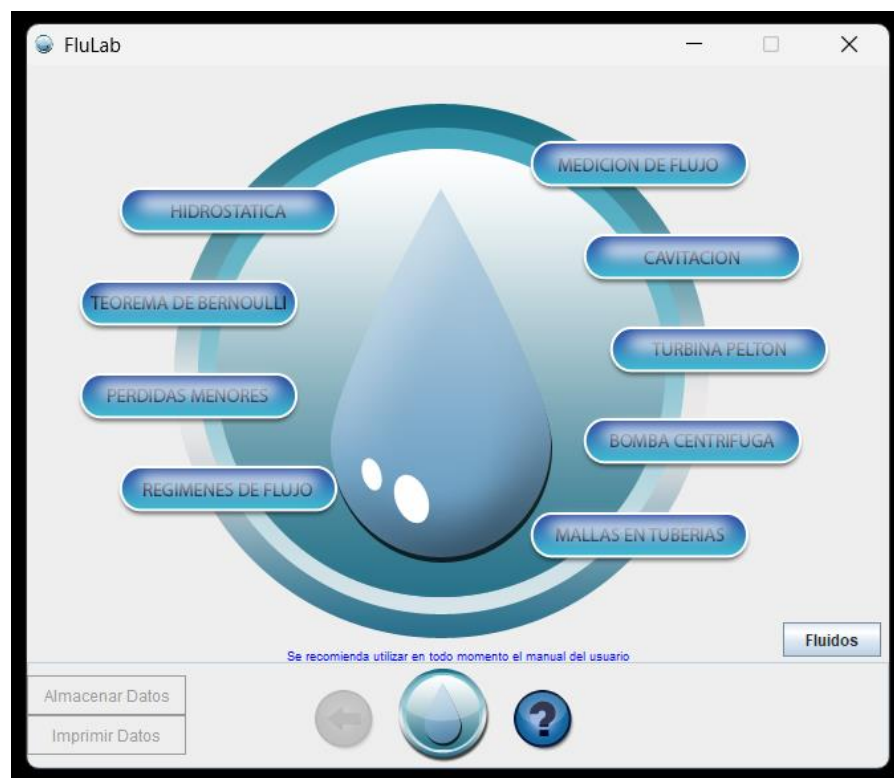
RESULTADOS

Para el desarrollo de la investigación se abordan los siguientes contextos: Innovación pedagógica, transferencia de conocimiento y, simuladores y la democratización de la educación; en función de la percepción de los estudiantes frente al uso de los simuladores Flulab en la unidad curricular Mecánica de Fluidos, y estudios previos al utilizar las herramientas digitales Phet y las elaboradas por Cienyttec S.A.

Dentro del campo de la Mecánica de los Fluidos, diversos estudios han destacado el uso de simulaciones como herramienta en los procesos de enseñanza y aprendizaje. De ahí que, Barreto & Leo (2009) desarrollaron una herramienta

computacional llamada FluLab, diseñada para llevar a cabo de manera virtual los ensayos experimentales correspondientes a las prácticas de laboratorio de la unidad curricular Mecánica de los Fluidos. En la figura 1 se presenta la pantalla de inicio del simulador, donde están definidas las prácticas de laboratorio que conforman la asignatura y que invita al estudiante a estudiar los diferentes fenómenos y cambiar variables en un entorno seguro, observar los resultados, analizar los datos y llegar a conclusiones de los fenómenos estudiados, construyendo nuevos conocimientos a partir del saber adquirido, útiles en el área ingenieril.

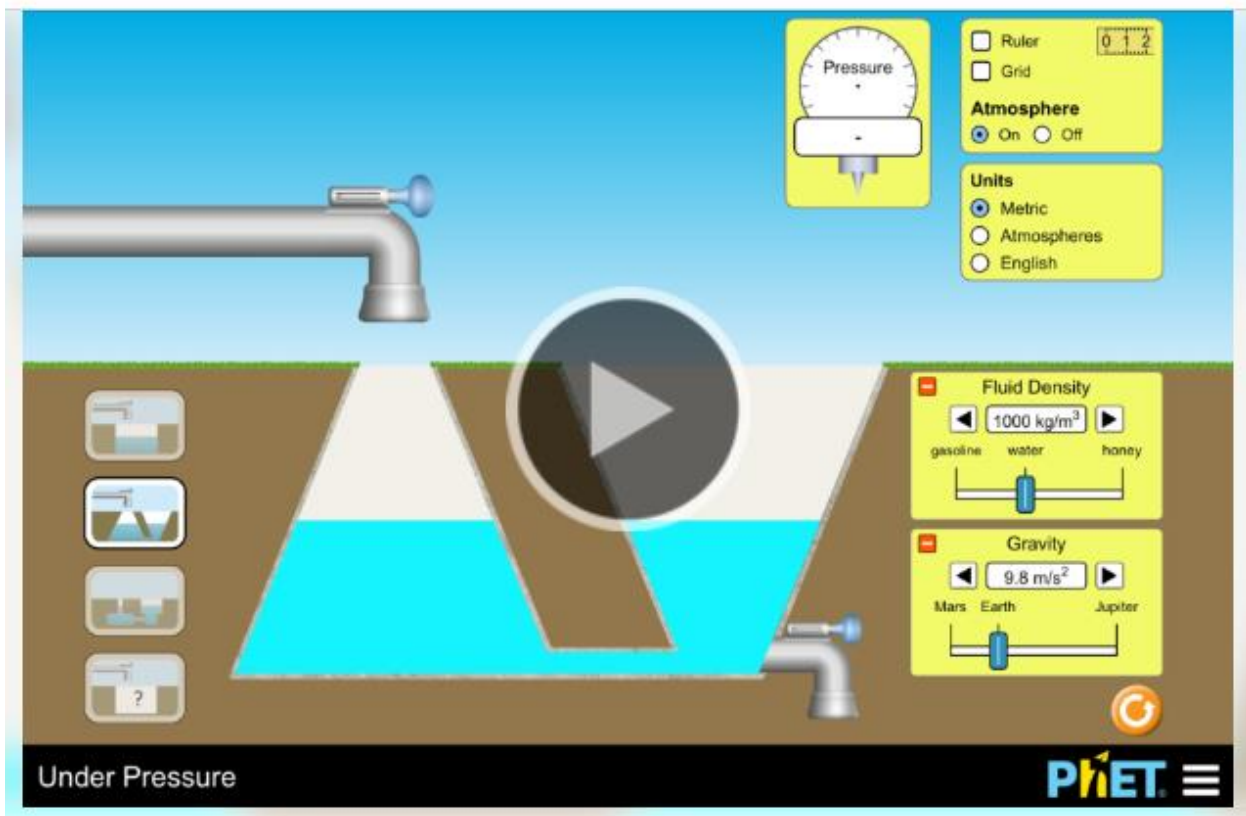
Figura 1. *Simulador FluLab. Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Fluidos*



En este marco, el simulador PhET es un recurso educativo que integra tecnología y el proceso de aprendizaje, facilitando la demostración de principios físicos y el estudio de fenómenos complejos, difíciles de observar directamente, promoviendo la exploración y el aprendizaje práctico. La

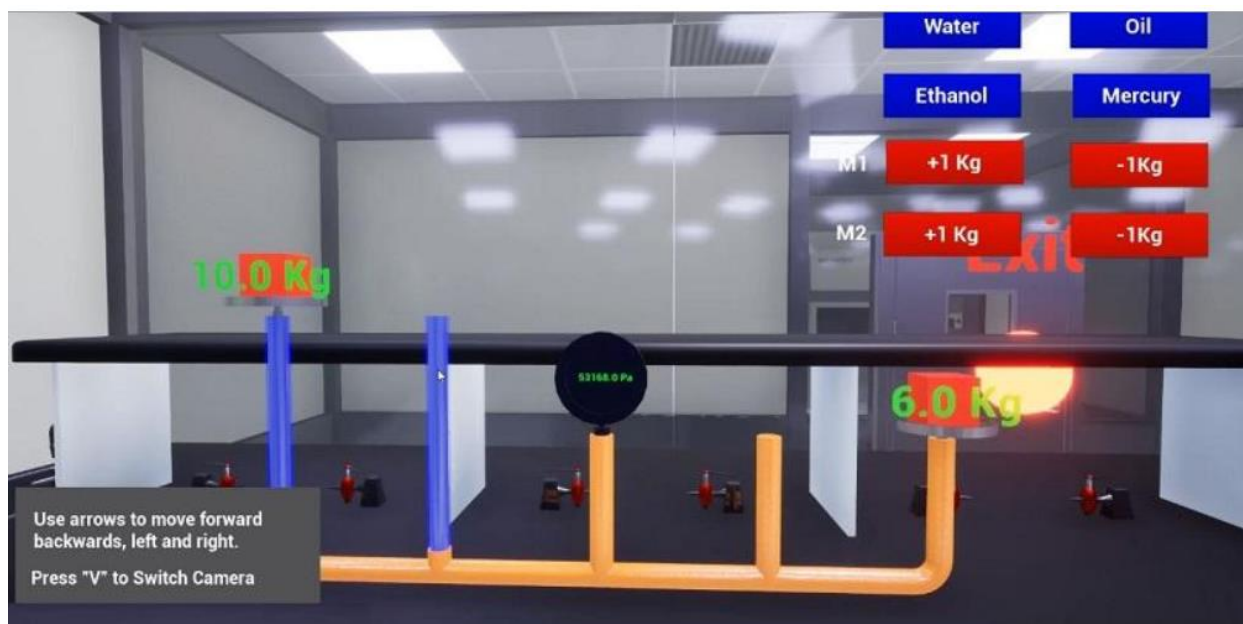
Mecánica de Fluidos es parte de la mecánica (rama de la física) que estudia las leyes del comportamiento de los fluidos. En la figura 2, se observa uno de los simuladores PhET, para el estudio de la propiedad termodinámica: presión.

Figura 2. Simulador PhET. Práctica estudio de la Presión



Por otra parte, la empresa Cienytec S.A., ha desarrollado software, simuladores y laboratorios virtuales que permiten recrear experiencias prácticas con el uso de la realidad virtual, la cual es una tecnología que permite a los estudiantes experimentar e interactuar con un entorno simulado generado por computadora. Con el uso de

cascos, gafas, guantes y otros sensores, se puede sentir que están inmersos en un mundo tridimensional que puede ser completamente ficticio una recreación fiel del mundo real. En la siguiente figura se observa la pantalla de inicio de un laboratorio virtual.

Figura 3. Laboratorio virtual desarrollado por la empresa Cienytec S.A.

Innovación pedagógica

El cómo enseñar y cuáles herramientas utilizar ha sido, a través de la historia, el aspecto elemental de la educación. Se podría decir que es la directriz de todo proceso de formación. El avance y progreso de una sociedad induce nuevas maneras de enseñar, por lo cual aún se mantiene el interrogante ¿cómo enseñar actualmente?

La innovación pedagógica es un motor esencial para mejorar la calidad en la educación y adaptarse a las necesidades cambiantes de los estudiantes en un mundo más globalizado. Desde el enfoque constructivista de Piaget (1995), donde el aprendizaje es visto como un proceso activo de construcción de conocimiento del alumno a través de la interacción con su entorno; hasta lo expresado por Fullan y Langworthy (2014) sobre el papel que tiene en la innovación educativa la integración de nuevas tecnologías y el rediseño de los

métodos de enseñanza para fomentar un aprendizaje más activo y significativo.

Incorporar estrategias potenciadoras de la innovación pedagógica es el reto constante en la educación. La aparición del computador ha cambiado la visión actual, con un procesador de información el individuo busca de manera expedita, obteniendo una gran cantidad de información fácil de procesar y manipular. La creación de nuevas herramientas tecnológicas ayudan a la interacción, transmisión y comprensión de conceptos.

Es importante destacar que la educación es un proceso y una necesidad del ser humano, quien es un ente social y cultural necesario para dejar legados de identidad en la preservación de la huella patrimonial de una nación. Desde décadas pasadas se manifiesta el carácter social y cultural de la educación; según lo señala Freire (1970), la educación es un acto de libertad, el

individuo toma conciencia de su realidad y la transforma. Asimismo, Durkheim (1973) destaca el papel esencial desempeñado para preservar los valores, las tradiciones y creencias. En un mundo más tecnológico y en constante avances se abre el espacio para la innovación, donde nuevas ideas y prácticas son incorporados, adaptándose la sociedad a los desafíos del tiempo sin perder la esencia.

En cada cambio epocal el proceso educativo deja vestigios de una regulación estamentaria y gubernamental cuando rige una nación. Es decir, es un proceso dinámico intencional desarrollado en un clima de creatividad y original (Dewey, 1916) cuyo objetivo obedece a la formación del ciudadano que la nación necesita a fin de preservar la democracia.

Según lo expuesto anteriormente, un elemento tecnológico incorporado al acto educativo se ha convertido en la herramienta útil y necesaria para planificar, desarrollar y evaluar. El uso del multimedia revolucionó el acto educativo, ya se habla de autopistas electrónicas donde el docente transita entre escenarios educativos fuera de las aulas tradicionales, facilitando la enseñanza y el aprendizaje. De esta forma, Selwyn (2019) explora en su investigación cómo la digitalización y el uso de tecnologías avanzadas, están transformando el acto educativo, considera importante reflexionar sobre la integración de lo tecnológico en los contextos educativos para una educación activa, personalizada y accesible.

Se habla del docente moderno, con énfasis en la comunicación a través de ambientes

virtuales y otros escenarios interactivos con una pantalla. Igualmente, estudiantes tecnológicos educativos en constante cambio. Por ende, toda transformación asumida por el docente en su forma de planificar, desarrollar y evaluar conlleva a innovar, enriquecer y completar el proceso educativo.

Por su parte, Canals-Botienes, et al (2021) comenta sobre los cambios vertiginosos que atraviesa la sociedad, se hace indispensable la actualización del profesorado, innovando al utilizar tecnologías digitales. Asimismo, Mitra (2021) se refiere al aprendizaje auto-organizado con “grandes preguntas”, de manera personalizada en relación con sus intereses en la formación por competencias. Según Christensen, et al (2018) se enfocan en el rol de líderes tecnológicos desarrollados por los docentes siendo un paso importante en la mejora de los sistemas educativos. De acuerdo con Cobo (2016) indaga sobre la innovación educativa tecnológica especializada con un aprendizaje invisible en una sociedad interconectada; y Wagner (2012) explora sobre la innovación de habilidades del siglo XXI.

En este contexto, la Facultad de Ingeniería fomentan la innovación con el uso de simuladores, esta herramienta didáctica trae consigo un sin fin de situaciones y concepciones al crear situaciones irreales ante algo que se presume suele suceder en la realidad. Algunas de ellas se basan sobre la estrategia docente en el abordaje teórico antes de la práctica, otras sobre los cambios de lo irreal a lo real cuando egresen. En sí,

los cambios en el proceso educativo son visto como una buena práctica, si no se practica no se aprende bien; noción respaldada con el aprendizaje experiencial estudiado por Kolb (1984), su argumento se basó en la participación de los estudiantes en todas las fases del aprendizaje, especialmente en la práctica, en el cual su conocimiento se consolida de forma efectiva. En ello se desprende un espíritu de aprendizaje formador del nuevo estudiante, fortaleciendo la construcción de conocimientos necesarios para el futuro ingeniero.

Avances de estudios a través de simulación

El carácter multidisciplinario de la simulación favorece las experiencias prácticas de los conocimientos teóricos adquiridos en cualquier escenario, facilitando la comprensión de los desafíos afrontados en cualquier área. A su vez, la simulación es la creación de modelos virtuales que representan sistemas o procesos reales, favorece la experimentación, el analizar y predecir comportamientos sin el apoyo de una experimentación real, generando avances en diversos entornos a través de la simulación.

Su aporte es actualmente valioso, destacándose en situaciones donde los sistemas pueden ser complejos, en campos de la biología, economía e ingeniería, en los cuales se simulan modelos de sistemas con múltiples variables, promoviendo la comprensión de los fenómenos. Asimismo, los costos asociados a experimentos

pueden ser elevados, por ejemplo, en la industria aeroespacial o nuclear, simular un sistema para su estudio permite evaluar diseños y procedimientos sin arriesgar la vida y sin grandes inversiones económicas. De igual forma, propicia la toma de decisiones beneficiosas, al estudiar reiteradamente el entorno modificando las variables para evaluar su desempeño.

Actualmente, la simulación se ha convertido en una herramienta indispensable en la investigación y el desarrollo de diversas disciplinas. En la educación médica, se ha presentado un desarrollo a nivel mundial, favoreciendo la adquisición de habilidades clínicas previo al contacto con los entornos médicos. En este contexto, los investigadores McGaghien, et al (2011) demostraron que la educación médica basada en simulación supera la enseñanza clínica tradicional en el aprendizaje de diferentes aptitudes y destrezas; asimismo, manifiestan una capacitación a través de la simulación la cual se asocia con un mejor y mayor aprendizaje, habilidades y comportamientos. Por otro lado, la simulación proporciona una evaluación estandarizada y objetiva del desempeño de las habilidades técnicas de los futuros profesionales de la salud, como de toma de decisiones en un escenario real complejo.

Adicionalmente, en el estudio y aplicación de la nanotecnología, se ha apertura un nuevo mercado y nuevas áreas de investigación y desarrollo, por ejemplo, en el modelado teórico o computacional de la química y la física, áreas de estudio necesarias en la determinación de la

mecánica cuántica atómica del movimiento de un electrón; los científicos simulan el comportamiento espacial de una molécula o un átomo, examinando y prediciendo las fuerzas entre y alrededor de ellos; donde debido principalmente a la incapacidad de observar procesos y estructuras a nanoescala, se utiliza la simulación de las diferentes nanoestructuras, nanomateriales o incluso nanodispositivos.

Cabe señalar la importancia que ha adquirido la ingeniería en sus diferentes disciplinas, en el progreso de un país, es necesario entender el papel de los profesionales formados en esta carrera para el desarrollo socioeconómico y la reducción de la pobreza. Por lo cual, el avance tecnológico debe ir en paralelo a los procesos de enseñanza y aprendizaje, siendo los simuladores un recurso digital de gran potencial en este contexto.

En efecto, las prácticas docentes en ingeniería se ejecutan de forma teórica y práctica, lo que permite desarrollar una metodología interactiva, el docente fomenta una formación autónoma del alumno, integrando a toda la clase. De esta forma, el uso de simuladores favorece la transmisión de conocimiento, transforma la actitud pasiva de las clases tradicionales, denominadas clases magistrales, en un proceso integrador del estudiante de forma activa. Precisamente en este escenario, la ingeniería enfrenta los nuevos requerimientos de formación, producción y organización de la información necesarios para egresar profesionales a la vanguardia de un mundo cada vez más globalizado y tecnológicamente demandante.

Según Rangel y Ladrón (2001), expresan: Vivimos en el tiempo donde el uso de la tecnología computacional y las telecomunicaciones en ambientes educativos viene demandando, cada vez más, la transformación significativa de la práctica docente. Esta afirmación se realiza a más de veinte años y sigue aún vigente, el docente debe hacer uso de los avances tecnológicos para generar un aprendizaje integrador de la información aprendida con los contenidos previos, produciendo una interacción entre estos. En este contexto, los simuladores transforman la práctica docente de forma significativa al enfrentar a los alumnos a escenarios que simulan la realidad y su comprensión requiere del uso de la información previa, la cual asocian con los contenidos nuevos adquiridos al enfrentarse a un entorno simulado.

La implementación de simuladores en el contexto educativo de la Mecánica de Fluidos se ha convertido en una herramienta poderosa para que el estudiante tenga la oportunidad de observar hechos reales a través de la simulación. El tener la oportunidad de usar estos instrumentos en cualquier lugar, a través de computadores, celulares, tablet, entre otros, se ha convertido en un gran aporte a su proceso de aprendizaje, al poder reforzar lo aprendido en el aula y los laboratorios.

Transferencia de conocimiento

La educación apoyada con tecnología comprende audios, videos, JavaScript, inteligencia artificial y simuladores, entre

otros. Cuando el estudiante tiene la posibilidad de visualizar y repetir la información, elabora esquemas o resúmenes, se facilita el proceso de aprendizaje. Esto coincide con lo planteado por Gibbons, et. al (2000) quienes destacan la importancia de reutilizar y adaptar un entorno tecnológico, en especial cuando el tema a aprender se encuentra en un medio multimedia.

La inclusión de los simuladores en la programación académica de una unidad curricular facilita significativamente la transferencia de conocimiento, al proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas y realistas complementados los principios teóricos aprendidos. El surgimiento de este enfoque innovador en el proceso de enseñanza y aprendizaje permite a los alumnos aplicar los conocimientos previos adquiridos, en entornos simulados; mejorando la comprensión de los fenómenos que lo fundamentan y desarrollando las habilidades prácticas para consolidar el entendimiento. La integración de estas herramientas tecnológicas enriquece el aprendizaje, prepara a los estudiantes para enfrentar situaciones del mundo real con mayor eficacia y confianza.

En este contexto, Klopfer, et al (2008) destacan en su investigación el aprendizaje activo, considerando fundamentalmente que la información teórica por sí sola no es eficiente, es necesario la aplicación de los conceptos y teorías de manera práctica, su trabajo resalta el uso de juegos y simulaciones como herramientas didácticas usadas por los estudiantes para

interactuar con escenarios realistas en entornos controlados, y así obtener una experiencia de aprendizaje más profunda y significativa.

Por otro lado, los entornos virtuales no sustituyen los hechos reales en los cuales se basan los fenómenos, propiciando el estudio y desarrollo de equipos al servicio del hombre; por lo tanto, se hace necesario las experiencias tangibles para asegurar una formación completa y equilibrada. El contexto en que se forma un ingeniero favorece la transferencia de conocimiento, siendo primordial evaluar los procesos formativos para ofrecer a la sociedad profesionales confiables (Serna & Serna, 2021). La práctica repetitiva y la retroalimentación inmediata que ofrecen los simuladores son esenciales en la adquisición y perfeccionamiento de las habilidades críticas, el entrenamiento en un entorno seguro reduce el riesgo de situaciones no deseadas en la realidad (Salas et al., 2012).

En específico, la aplicación de los principios en una unidad curricular inicia en el conocimiento de los conceptos teóricos, y continua con la formación constructivista en los laboratorios experimentales y simulados. En el contexto de la enseñanza de la Mecánica de Fluidos, es fundamental integrar conceptos teóricos con experiencias prácticas generadas en laboratorios experimentales y/o laboratorios virtuales. Los postulados que rigen estos fundamentos proporcionan una base sólida para entender el comportamiento y las propiedades de los fluidos, específicamente en la unidad

curricular Mecánica de Fluidos; además, para consolidar este conocimiento, los alumnos requieren participar en laboratorios experimentales, donde pueden observar y medir las variables en un entorno controlado. Asimismo, los laboratorios virtuales ofrecen una plataforma segura y flexible para simular una amplia gama de escenarios y variaciones de parámetros, al experimentar con circunstancias complejas de una situación real.

En el proceso de aprendizaje, Mason y Rennie (2006) expresan que:

“la simulación puede generar un número de diferentes escenarios en respuesta a los cambios de parámetros que el usuario usa para categorizar la simulación, y poder producir una animación para ilustrar los resultados de este modelo. Pueden usarse para extender un estudio de caso, y podría incluir clips de audio y vídeo y juegos de rol, así como gráficos basados en web y la construcción de escenarios”

El empleo de simuladores es eficaz en la evaluación y demostración de los conocimientos previos adquiridos, permite al docente identificar las áreas a reforzar, facilitando una enseñanza más personalizada. En su trabajo de investigación Makransky, et al (2020) demostraron que los entornos de simulación inmersivos generaban dominio del material previo el cual es aplicado por los alumnos en los contextos prácticos. Estudios realizados por Sitzmann (2020) respaldan la convicción del poder de los simuladores como herramientas en la transferencia de conocimiento, al promover

el aprendizaje por descubrimiento, la adquisición de conceptos y teorías previas, permiten la práctica independiente con control de variables y fomentan la creatividad.

De igual forma, es importante visualizar los desafíos al cual se encuentra el docente al usar simuladores en el proceso de enseñanza y aprendizaje, aun cuando al simular se recrea escenarios reales, estas no pueden sustituir por completo las experiencias prácticas, en la cuales el estudiante se enfrenta a un equipo y situaciones verdaderas, que involucran el desarrollo de habilidades prácticas y sensoriales, asimismo, su uso puede disminuir la exploración de posibles soluciones a un problema y el pensamiento crítico.

Simuladores y democratización de la Educación

El mundo cada vez más globalizado es impulsado en gran medida por los avances tecnológicos. La interconexión de sociedades de diversos países mediante medios de comunicación es cada vez mayor. Las nuevas tecnologías se han convertido en un pilar fundamental para el aprendizaje, y hablar de ésta en forma globalizada lleva a la democratización de la educación, evidenciándose la creciente necesidad de formar estudiantes con competencias tecnológicas de fácil acceso desde cualquier lugar.

Los procesos educativos en Ingeniería, en las Ciencias Médicas, entre otras, buscan fomentar en la población estudiantil aprendizajes significativos y crear nuevas

experiencias personalizadas y eficientes a través del ensayo y el error, para enfrentar la realidad social, es así que las transformaciones en la educación desde lo digital, se reflejan en el entorno de la interconexión y convergencia de varias tecnologías y, es en estos entornos donde se generan cambios metodológicos en el proceso de la educación, el cual invita al uso de nuevas herramientas y métodos educativos. (Wagner, 2020).

El uso de los simuladores juega un papel importante en la accesibilidad de información para la construcción de conocimiento, favoreciendo el aprendizaje activo y la personalización de la educación. No obstante, en algunas sociedades su uso es limitado, o en situaciones como ubicaciones remotas es completamente nulo, afectando negativamente la democratización del aprendizaje. De acuerdo con la accesibilidad de la educación Bailenson (2021) destaca cómo los simuladores y la realidad virtual favorecen la democratización de la educación al posibilitar a los estudiantes desde diferente ubicaciones geográficas y contextos socioeconómicos diversos, acceder a experiencia de aprendizaje.

Asimismo, se puede afirmar que los simuladores pueden contribuir a la democratización de la educación mediante el acceso a experiencias prácticas en entornos seguros y controlados, facilita analizar los fenómenos sin los riesgos y costos asociados a un entorno real (Espinoza, et al 2024). Por ejemplo, un

simulador es capaz de reproducir los efectos originados sobre la pared de una represa al someterla a la presión ejercida por un fluido (agua dulce) sobre ella, posibilita el análisis de los valores de presión donde la pared falla, es decir, se fractura. Este recurso tecnológico promueve un acceso más equitativo, cualquier estudiante puede realizar el estudio a valores de presiones, temperaturas y características del agua, así como la fabricación de la pared tomando en cuenta las condiciones del país.

De esta forma, los simuladores facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje de forma individual, adaptándose a los ritmos y estilos de aprendizaje. Esta personalización proporciona a los estudiantes la oportunidad de reforzar áreas donde tienen dificultad y avanzar en las que dominan los conceptos. Este enfoque personalizado es esencial para abordar las diversas necesidades reales e idear posibles soluciones educativas de poblaciones estudiantiles diversas, para luego volver a iterar y seguir ajustando las ideas de solución en las simulaciones (Amesti, 2023).

En el estudio realizado por Pacheco (2022) reflexiona sobre el uso de los entornos virtuales y las múltiples ventajas al proceso de enseñanza y aprendizaje, resalta la importancia de buscar o seleccionar entornos virtuales implementados para la construcción del conocimiento acompañado de un aprendizaje cooperativo.

REFLEXIONES FINALES

De acuerdo con lo expuesto se puede afirmar que los estudiantes, fomentan la experimentación y la solución de problemas en un entorno interactivo, a través de simuladores, estimulan el aprendizaje activo y la creatividad, no solo absorben información de manera pasiva, sino adicional conocen y aplican conocimientos, toman decisiones, observan resultados y actúan en tiempo real, es decir, construyen su propio conocimiento.

Al integrar estrategias, los docentes crean ambientes de aprendizaje para responder a las necesidades cambiantes de los estudiantes, su implementación requiere una continua formación profesional, una reflexión crítica y adaptarse a las nuevas tecnologías, adoptándolas como parte de su estrategia docente.

Este tipo de aprendizaje práctico beneficia el desarrollo de habilidades críticas y analíticas que implica transformar el sistema educativo haciéndolo más equitativo y mejorando el ámbito educativo en favor del desarrollo de una sociedad del conocimiento.

En la formación del Ingeniero los simuladores promueven el aprendizaje por

descubrimiento, facilitan la evaluación de los conocimientos previos adquiridos, su integración a los procesos educativos enriquece significativamente el aprendizaje, y preparan a los próximos profesionales para desarrollar sus habilidades de manera efectiva y creativa en el mundo real.

En la construcción de conocimientos necesarios y útiles en el área ingenieril, integrar la simulación es un paso fundamental en la democratización de la educación en el proceso de formación del futuro profesional, esta permite propiciar la participación activa, así como evaluar el progreso de cada estudiante de manera individualizada según características específicas, respetando el avance cognitivo-afectivo-motriz.

En un entorno de aprendizaje eficaz, aspectos como la innovación pedagógica, transferencia de conocimiento y el uso de simuladores de manera significativa, apoyada de la democratización de la educación prepara a los estudiantes para los desafíos del futuro.

REFERENCIAS

- Amesti, J. (2023). *Nunca dejes de aprender. Liderar el desarrollo de habilidades del siglo XXI en la EMTP*. Centro de Innovación en Liderazgo Educativo (CILED). https://ciled.udd.cl/wp-content/uploads/2024/04/NDA_CILED_HSXXI-VF.pdf
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bailenson, J. (2021). *Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do*. Penguin Press.
- Barreto, G. & Leo, P. (2009). *Desarrollo de un laboratorio virtual para la cátedra de mecánica de los fluidos*. [Trabajo Especial de Grado no Publicado. Universidad de Carabobo].
- Canals-Botines, M., Medina-Casanovas, N., Raluy-Alonso, A. & Pujol-Tubau, M. (2021). Using storytelling in distance learning: some teachers' beliefs, online tool and experiences within the context of school lockdown. *Revista Educación y Humanismo*, 23(41), 295-312. <https://doi.org/10.17081/eduhum.23.41.4963>
- Cengel Y., Cimbala J. (2006). *Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones*. McGraw-Hill.
- Christensen, R., Eichhorn, K., Prestridge, S., Petko D., Sligte, H., Panadero, R., Alayyar, G. y Knezek, G. (2018). Support Learning Leaders for the Effective Integration of Technology into Schools. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(3), 457-472. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9385-9>
- Cienytec. (n.d.). Cienytec: Centro de información y tecnología. <https://www.cienytec.org>
- Cobo, C. (2016). *La Innovación Pendiente. Reflexiones (y Provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Colección Fundación Ceibal.
- Pacheco, L. (2022). Entornos virtuales en el aprendizaje cooperativo: una estrategia innovadora contemporánea. *Revista Innova Educación*, 4(1), 65-77. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2022.01.005.es>
- Serna, E. y Serna, A. (2021). *Educación Siglo XXI*. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education: An introduction to the philosophy of education*. Macmillan Company.
- Durkheim, E. (1973). *Educación y sociología*. Península.
- Espinoza, A.; Apolo, D.; Sánchez, R. & Bravo, B. (2024). Laboratorios digitales y plataformas de acceso abierto: retos y propuestas para la democratización del aprendizaje. *Eduotec, Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (87), 90-100. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.87.3069>
- Shahrezaei, A, Sohani, M., Taherkhani, S. & Yahya, S. (2024). The impact of surgical simulation and training technologies on general surgery education. *BMC Medical Education*, 24(1297), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06299-w>
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. Tierra Nueva.
- Fullan, M. y Langworthy, M. (2014). *Una rica veta. Cómo las nuevas pedagogías logran el aprendizaje en profundidad*. Pearson.
- Gibbons, a., Nelson, J., & Richards, R., (2000). The nature and origin of instructional objects. En *The Instructional Technology*. Association for Instructional Technology. <http://reusability.org/read/chapters/gibbons.doc> <http://www.cibereduca.com/cas-cive2001>
- Espin, A., Puchaicela, M., Martínez, C. Toapanta, S. y Cañar, M. (2022). Percepción de la simulación clínica como estrategia pedagógica para la carrera de medicina en la Universidad del Ecuador. *Revista Académica*, 6(2), 39-56. <https://www.revistaacademica-istcre.edu.ec/articulo/109>
- Klopfer, E., Rosenberg, J., & Squire, K. (2008). *The role of games in learning: A research agenda*. MIT Press.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning experiences as the source of learning development*. Prentice Hall.
- Makransky, G., Petersen, G. B. & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2079-2097. <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>
- Mason, J., & Rennie, F. (2006). *e-Learning and social networking handbook: Resources for higher education*. Routledge.

- McGaghie, W., Issenberg, S., Cohen, E., Barsuk, J. y Wayne, D. (2011). Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. *Academic Medicine*, 86(6), 706-711. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e318217e119>
- Méndez-Arias, A. (2020) Praxis de la pedagogía y el cambio social en covid-19. *Arjé*, 14(27), 854- 870. <http://www.arje.bc.uc.edu.ve/arj27e/art17.pdf>
- Mitra, S. (2021). *La Escuela en las nubes*. Paidós
- PhET Interactive Simulations. (n.d.). *PhET interactive simulations*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu>
- Piaget, J. (1995). *La construcción de lo real en el niño*. Grijalbo.
- Rangel, A. & Ladrón, G. (2001). Computadoras como asistentes del desarrollo. *La evolución de una propuesta. Ponencia presentada en el X Congreso Internacional Virtual de Educación CIVE*. Bogotá.
- Casteto, L., Aguilar J. y Gualé Y., (2024). La Tecnología educativa y su influencia en la experiencia de aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista de Investigación científica Aula Virtual*, 15(12), 688-701. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12791475>
- Salas, E. Tannenbaum, S.I., Kraiger, K. & Smith-Jentsch, K.A. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. *Psychological science in the public interest*, 13(2), 74-101. <https://doi.org/10.1177/1529100612436>
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the Future of Education*. (1st. ed). Polity Press.
- Sitzmann, T. (2020). The impact of simulation-based learning on knowledge transfer: A meta-analytic review. *Journal of Business and Psychology*, 35(2), 353-377. <https://doi.org/10.1007/s10869-019-09624-4>
- Trujillo, W., Curo, L., Paredes, L., & Carbajal, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Telos*, 25(2), 459-476. <https://doi.org/10.36390/telos252>
- UNESCO (2008). El derecho a la educación. <https://www.unesco.org/es/>
- Wagner, A. (2020). The future of education: Integrating technology to foster meaningful learning experiences. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 16(2), 3-18. <https://www.learntechlib.org/p/217293/>
- Wagner, T. (2012). *Crear innovador*. Kolima.

Autores

Lisette Adelina Hornebo Avendaño. Ingeniero Mecánico; Especialista en Docencia para la Educación Superior, Universidad de Carabobo. Docente-Investigador Dpto. de Térmica y Energética, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1434-8388>

Email: lhornebo@uc.edu.ve

Aristides Ezequiel Méndez-Arias. Licenciado en Educación Física, Magister en Investigación Educativa, Universidad de Carabobo, Venezuela. Doctor en Ciencias de la Educación, Programa interinstitucional Doctorado en Educación (PIDE) (UPEL/UCLA/UNEXPO).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2280-7369>

Email: amendez2@uc.edu.ve

Recibido: 26-08-2024

Aceptado: 04-12-2024

Planificación estratégica, creatividad e innovación fundamentos del modelo de negocios de una empresa del sector calzados

Strategic planning, creativity and innovation, fundamentals of the business model of a company in the footwear sector in the footwear sector

Maira Sánchez

Palabras clave: creatividad e innovación; planificación estratégica; modelo de negocio

Key words: creativity and innovation; strategic planning; business model

RESUMEN

La planificación estratégica representa para las empresas una piedra angular para dar forma a sus procesos e interrelaciones; de allí que el propósito de este artículo es describir las estrategias innovadoras que, integradas en la planificación estratégica, coadyuven al fortalecimiento del modelo de negocio de una empresa venezolana fabricante y comercializadora de calzados. La metódica, responde a una investigación cualitativa de carácter descriptivo. Realizando un abordaje metodológico a través del diseño etnográfico con apoyo en las técnicas de la observación y la entrevista. Desde el dicho de los actores se describieron las estrategias innovadoras aplicadas o por ser aplicadas en la empresa en estudio. Se realizó una revisión teórica desde la perspectiva de diferentes autores. Entre las reflexiones destacan que la empresa en estudio aplica o vislumbra la aplicación de seis tipos de estrategias de innovación como son: estrategias defensoras; tradicionales; oportunistas; analizadoras; ofensivas y dependientes. Estas estrategias, implica la ejecución de una serie de acciones o actividades, asociadas a la innovación y que fueron incorporadas a la planificación estratégica de la empresa contribuyendo al modelo de negocios de la entidad estudiada.

ABSTRACT

Strategic planning for companies represents a cornerstone to shape their processes and interrelations: the purpose of this article is to describe the innovative strategies that, integrated in strategic planning, contribute to the strengthening of the business model of a Venezuelan company that manufactures and markets footwear. The methodological approach is a descriptive qualitative research. The methodological approach is based on an ethnographic design supported by observation and interview techniques. From the actors' point of view, the innovative strategies applied or to be applied in the company under study were described. A theoretical review was carried out from the perspective of different authors. Among the reflections, they highlight that the company under study applies or envisions the application of six types of innovation strategies such as: defensive; traditional; opportunistic; analyzing; offensive and dependent strategies. These strategies imply the execution of a series of actions or activities associated with innovation, which were incorporated into the company's strategic planning, contributing to the business model of the entity studied.

INTRODUCCIÓN

En economías avanzadas, la innovación en los modelos de negocio se ha centrado principalmente en la integración de tecnología en la manufactura y la prestación de servicios, así como en la reconfiguración del negocio mismo. Sin embargo, en economías en crisis como la venezolana, la situación es distinta. A pesar de que el sector empresarial busca reactivar el sistema económico productivo del país (Rangel, 2018), y aunque se han observado avances a partir del año 2022 pese al impacto de la pandemia COVID-19 (Observatorio Venezolano de Finanzas (OVF), 2022), la realidad sigue siendo desafiante, y para el año 2024 algunas empresas del sector privado calculan salarios por encima de los ciento cincuenta dólares (150\$) mientras que otros trabajadores no alcanzan los 30 dólares (30\$) semanales (Rosés, 2024).

Ante este escenario, la disrupción de los modelos de negocio es un llamado constante a cuestionar el status quo, ya que no hay razón para que las cosas permanezcan inalteradas cuando nuevas ideas pueden desafiar las verdades establecidas. Las empresas que insisten en mantener sus fórmulas tradicionales sin innovar pueden entrar en un declive que comprometa su capacidad para reinventarse y sobrevivir en un entorno competitivo implacable. En este entorno

dinámico y en constante evolución, uno de los factores clave para el éxito de las organizaciones, la mejora del rendimiento organizacional y la supervivencia frente a la competencia, incluye la concentración en la innovación y la planificación estratégica. (Alosani et al., 2020).

En este contexto, la presente investigación se centra en describir las estrategias innovadoras que, integradas en la planificación estratégica, pueden fortalecer el modelo de negocio de una empresa venezolana fabricante y comercializadora de calzados.

El artículo está estructurado en secciones que incluyen: Constructos Teóricos, donde se revisan los aportes bibliográficos y documentales relacionados con la teoría y conceptos pertinentes sobre creatividad, innovación y planificación estratégica. Andamiaje Metodológico, que define el tipo y diseño de la investigación, el campo de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados, así como el análisis de los datos. Síntesis Interpretativa, donde se presentan los hallazgos derivados del análisis e interpretación de las entrevistas. Finalmente, se ofrecen las reflexiones del estudio, proporcionando significado a los datos e información para transformarlos en resultados concretos que respondan al propósito del estudio. La última sección incluye las referencias consultadas.

CONSTRUCTOS TEÓRICOS

Creatividad e Innovación Empresarial

La creatividad ha sido un proceso que ha despertado el interés del hombre, desde tiempos antiguos, pese a ello aun existente diferencias en cuanto a varios factores como son: una definición única, cómo se desarrolla, porque varía de un individuo a otro, su relación con la inteligencia humana e incluso como medirla. Esto reafirma el carácter elevado y complejo de la potencialidad que posee el hombre para desarrollar el proceso creativo.

Al respecto, Ponti y Ferrás (2008) definen la creatividad como “la capacidad humana para generar ideas o conexiones imaginativas en un determinado campo, con cierto nivel de originalidad y aportación de valor”. (p. 288). Por su parte Ordoñez (2010) le define como “la capacidad de pensar soluciones nuevas a un problema existente, o de descubrir problemas diferentes” (p. 12); Valera (2008) hace hincapié en que “...no es algo que sólo unos pocos tienen y, por lo tanto, todos podemos aprovechar esa capacidad; claro que con diferentes estilos, niveles y formas según la orientación, el esfuerzo, el interés y la preparación que cada uno le dé”. (p. 251). Entonces, la creatividad es vista como un poder especial propio de los seres humanos que permite la resolución de problemas, mediante la generación de ideas y productos, que vence las fronteras intelectuales a fin de cumplir un proceso transformador, aplicable a cualquier organización. Dándole un buen uso al

proceso creativo, es posible disminuir el desempleo y generar productividad y rentabilidad en las empresas.

Pero para que el proceso creativo o la creatividad se materialice debe pasar a la siguiente fase, es decir, al proceso innovador, en otras palabras, la idea creativa debe convertirse en un producto, proceso o servicio, bien sea nuevo o mejorado a partir de uno existente y el mismo debe ser reconocido y valorado por los clientes o usuarios, se trata entonces de la capacidad de hacer cosas nuevas (Ordoñez, 2010); para Valera (2008) “La innovación consiste en lograr que el producto o servicio desarrollado llegue realmente al mercado y sea adquirido por el cliente.” (p. 268). En otras palabras, es pasar de la idea a la acción, se trata entonces, de producir, asimilar y explotar con éxito una novedad, de manera que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita responder a las necesidades de las personas, de las empresas y la sociedad en general.

A tales efectos, la innovación se verá reflejada únicamente cuando ya existe un producto o servicio en el mercado y se requiere de un cambio en éste, la misma se manifiesta en el diseño o la cara del producto nuevo y renovado pudiendo utilizar un nuevo enfoque de marketing o bien un proceso productivo diferente. Sin embargo, el proceso innovador en la organización afronta un dilema, por un lado se quiere y en muchos casos se está consciente de la necesidad de innovar y por otro produce resistencia en los miembros de la entidad, esto dado porque el proceso

innovador implica el cambio (Ordoñez, 2010:19), continua señalando el autor citado que: “Los cambios son inexorables aun donde la tradición parece tener mayor arraigo. Por lo tanto, sólo resta medir el efecto de las transformaciones y responder a ellas”. Pareciera entonces, que las empresas enfrentan un gran reto, como lo es utilizar la innovación como un recurso para el éxito de los negocios y la supervivencia de la organización. Ello implica, asumir la innovación desde una perspectiva estratégica pero también desde un ámbito operativo. En este contexto Robledo (2017) señala:

La perspectiva estratégica implica abordar dimensiones de la actividad empresarial en las que la organización compromete sus posibilidades de existencia y éxito futuro a través de orientaciones y decisiones irreversibles o que pueden representar altos costos para la organización en términos de recursos, oportunidad y tiempo. En cambio, la perspectiva operativa orienta sus objetivos hacia el desarrollo exitoso de aquellas actividades que, en el corto plazo y de manera sinérgica, contribuyen a la implantación de las orientaciones y decisiones estratégicas al nivel de las instancias organizacionales de nivel jerárquico intermedio y de los procesos productivos. (p. 106)

En función de los conceptos y comentarios previos, se puede inferir que tanto la creatividad como la innovación están inherentemente presentes en todas las organizaciones, aunque es posible que estos procesos no sean identificados explícitamente por los miembros de la empresa. En el marco del presente artículo,

se diseñaron y desarrollaron fases investigativas que integraron la planificación estratégica, la creatividad y la innovación como componentes esenciales del modelo de negocio de la empresa objeto de estudio. Esto permitió configurar un enfoque holístico que reconoce la interconexión de estos elementos clave para el éxito organizacional.

La Planificación Estratégica

La planificación estratégica constituye un sistema gerencial que desplaza el énfasis en el "qué lograr" (objetivos) al "qué hacer" (estrategias), en palabras de Francés (2006) la planificación es “un proceso en el cual se definen de manera sistemática los lineamientos estratégicos, o líneas maestras, de la empresa u organización, y se desarrollan en guías detalladas para la acción, se asignan recursos y se plasman en documentos llamados planes”. (p. 23). Es importante señalar, que la planificación estratégica toma en cuenta la incertidumbre mediante la identificación de las oportunidades y amenazas en el entorno y trata de anticipar lo que otros actores pueden hacer, no obstante, las oportunidades y amenazas se identifican teniendo en mente los objetivos de la empresa. Con la planificación estratégica se busca concentrarse en sólo, aquellos objetivos factibles de lograr y en qué negocio o área competir, en correspondencia con las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno.

No obstante, si existe incertidumbre en el ambiente, es necesario enmarcar el entorno a través de las oportunidades y amenazas

que se ofrecen, sin dejar de lado los objetivos organizacionales y con base en ellos establecer estrategias novedosas para mitigar esos riesgos reforzando los puntos positivos. Así mismo, el entorno ofrece el reto, derivando debilidades y fortalezas internas que sugieren nuevas estrategias o adaptar las existentes para superar los obstáculos. La planificación estratégica, permite comprender aspectos importantes de la organización como los objetivos, misión, visión, filosofía de la empresa, productos y servicios, competidores, fortalezas y debilidades, así como, las proyecciones y oportunidades del medio ambiente en el que se encuentran. De allí que el conocer estos y otros aspectos resulta importante para la correcta toma de decisiones por parte del equipo gerencial, siendo indispensable el uso de la planificación estratégica.

En la actualidad, la mayor parte de las organizaciones reconocen la importancia de la planeación estratégica para su crecimiento y bienestar a largo plazo. Se ha demostrado, que si los gerentes definen eficientemente la misión de su organización estarán en mejores condiciones de dar dirección y orientación a sus actividades. Sobre este particular Hellriegel et al. (2008) señalan que “la misión es el propósito o razón de ser de una empresa” (p. 194). Entonces, la misión puede describir la organización en términos de las necesidades de los clientes que desea satisfacer. No obstante, el planteamiento de misión solo tiene sentido si actúa como una fuerza unificadora que oriente las decisiones estratégicas y permita

lograr los objetivos a largo plazo de la organización, y comentan estos autores que “...dicho planteamiento debe alentar a los integrantes de una empresa a pensar y actuar estratégicamente no solo una vez al año, sino cada día”. (Hellriegel et al., 2008:194).

En lo que respecta a la visión, enuncia las aspiraciones y el propósito fundamental de una organización y apela por lo común al corazón y la razón de sus integrantes. Sin embargo, formular una visión infunde alma al planteamiento de la misión si éste no la tiene. De allí que, las organizaciones funcionan mejor gracias a ello y se tornan más sensibles ante un ambiente de constante cambio. Los comentarios anteriores permiten señalar, que la planificación estratégica fija el rumbo de la empresa, no obstante, la empresa debe conocer cuáles son sus fines u objetivos.

Adicionalmente, establece un sistema racional para la toma de decisiones, evitando las corazonadas o empirismo, reduce al mínimo los riesgos y aprovecha al máximo las oportunidades, las decisiones se basan en hechos y no en emociones, promueve la eficiencia al eliminar la improvisación, proporciona los elementos para llevar a cabo el control, al establecer un esquema o modelo de trabajo (plan), suministra las bases a través de las cuales operará la empresa. Además, aporta una metodología al proceso de diseño estratégico, que sirve de guía a la dirección en la tarea de diseñar la estrategia.

Ahora bien, estos planes deben ser desarrollados tomando en consideración una serie de estrategias, no obstante, al

hablar de estrategias, se está en presencia de un proceso de adaptación, que se modifica para alcanzar el objetivo, la estrategia se enmarca en definir los objetivos, planes de acción y los recursos necesarios para lograr las metas de la organización, en pro de su evolución. Al respecto, Francés (2006) comenta “la estrategia se refiere a la combinación de medios a emplear para alcanzar los objetivos, en presencia de incertidumbre”, de allí que, este autor también señala “la estrategia tiene que ser flexible dado que está sujeta a modificaciones a medida que la situación se transforma y se dispone de nuevos datos” (p. 22-23).

La estrategia es un elemento estructurado por la combinación de cuatro elementos, que son: una meta o fines a alcanzar; un conjunto de acciones para la obtención de resultados; los caminos (rutas) y modos en los que serán utilizados los recursos; las tácticas, las formas en que los recursos que han sido empleados son realmente usados; y los recursos como tales que están a nuestra disposición. Entonces, una estrategia es un patrón o plan que integra las metas mayores de una organización, las políticas y acciones secuenciales hacia un todo cohesionado. Una estrategia bien formulada ayuda a coordinar los recursos de la organización hacia una posición única y viable.

Atendiendo a las ideas antes señaladas, la estrategia es usada como herramienta de dirección para facilitar procedimientos y técnicas, que empleadas de manera interactiva y funcional, contribuyen a lograr una interacción proactiva de la

organización con su entorno, coadyuvando a lograr efectividad en la satisfacción de las necesidades del público objetivo a quien está dirigida la actividad de la misma, de allí que, se deben combinar siempre factores internos con factores externos. Por otro lado, a partir de la importancia que tiene la innovación para los agentes económicos y por ende para el desarrollo socioeconómico de las sociedades, esto representa un compromiso que deben asumir las empresas a fin de alcanzar el éxito y la supervivencia de sus negocios, para ello se deben apoyar en un proceso estratégico innovador, donde las estrategias innovadoras permitan abordar con éxito tales desafíos.

No obstante, a partir de las premisas señaladas, las empresas deben reinventarse y reformular lo que hasta ahora venían siendo estrategias empresariales tradicionales, trascendiendo hacia estrategias de innovación. Esto porque la evidencia empírica reciente señala, que las entidades que adoptan estrategias de innovación apropiadas alcanzan posiciones competitivas ventajosas. (Robledo, 2017:107). Es posible pensar entonces, que toda empresa que se mantenga por algún tiempo competitiva ha sido producto de la innovación, en virtud que los procesos económicos y el mercado la impulsa a ello. Tomando en consideración la óptica anterior, es posible señalar que las empresas al adoptar estrategias de innovación pueden lograr posiciones competitivas ventajosas.

Sin embargo, las empresas deben realizar una estructura estratégica básica entre el

producto-proceso-mercado a esto se le denomina “estrategia de innovación” (Robledo, 2017:110), todo ello integrado en el proceso de innovación empresarial. De allí que, a partir de la premisa que la planeación estratégica empresarial se fundamenta en sus productos o servicios como columna vertebral del negocio, así como el proceso productivo y los mercados donde se desenvuelve, es entonces en esta combinación (producto-proceso-mercado) donde la empresa debe fijar sus estrategias. De allí que, las acciones estratégicas o estrategias de innovación utilizables por las empresas serán tan variadas como tipos de empresas existan, pero siempre giran en torno a la combinación de producto-proceso y mercado.

A tales efectos, señala Robledo (2017) que muchos son los autores que han realizado la clasificación estratégica de las empresas respecto a la innovación, siendo los más reconocidos: Freeman (1974) quien las clasifica en: a) ofensiva, b) defensiva, c) imitativa, d) dependiente, e) tradicional y f) oportunista. Otra clasificación de amplia difusión es la realizada por Miles et al. (1978) estos autores hacen mención a las estrategias: a) defensoras, b) exploradoras, c) analizadoras y d) reactivas.

Ahora bien, el objetivo final de una estrategia es contribuir a la consolidación de las ventajas competitivas de la entidad ante sus competidores, ello implica desarrollar estas acciones con apego a la misión de la empresa; lógicamente esto no es fácil de lograr, pero sin duda alguna está en juego el éxito o supervivencia del

negocio. Generalmente, la posición estratégica de la empresa es lograr en un mediano o largo plazo lo que implica el esfuerzo e inversión, pero también flexibilidad para adaptarse a cambios propios del entorno empresarial.

De allí, que al identificar la posición estratégica a alcanzar, es necesario fijar la estrategia que guiará la dirección a seguir y en la cual se concentrará tanto el esfuerzo como los recursos requeridos para lograr el objetivo, adicionalmente, esto debe ir acompañado de una toma de decisiones consistente tanto con las metas perseguidas (definida mediante la visión de la empresa) como con las estrategias implementadas para tal fin. De allí que, el diseño e implementación de la estrategia, implica un equilibrio entre alcanzar el objetivo perseguido y la habilidad para redimensionar la misma, de ser requerido. Ahora bien, al ser la estrategia alimentada por el conocimiento que del entorno se tenga, la misma puede y debe variar en el tiempo, dado que el mundo empresarial no es estático, y la empresa en estudio no escapa de esta realidad. Las principales actividades de la formulación de la estrategia son: a) Identificar oportunidades y amenazas en el medio ambiente en el que se desarrolla la compañía; b) Estimación de los riesgos; c) Valoración de los puntos fuertes y débiles de la organización y de los recursos disponibles; y d) Evaluación de la capacidad real y potencial para tomar ventaja en relación con las necesidades de mercado.

ANDAMIAJE METODOLÓGICO

El objetivo principal del estudio fue describir las estrategias innovadoras integradas en la planificación estratégica que contribuyen al fortalecimiento del modelo de negocios de una empresa fabricante de calzados. Para lograrlo, se realizó un análisis de contenido y una revisión teórica exhaustiva, complementada con técnicas de observación participativa y entrevistas en profundidad. Este enfoque metodológico permitió identificar las estrategias utilizadas por la empresa en el marco de la innovación del modelo de negocios.

El estudio se enmarcó en una investigación cualitativa de carácter descriptivo, utilizando un diseño etnográfico que se apoyó en la observación y la entrevista en profundidad. Para la recolección de datos, se diseñó un guión de entrevista con tres preguntas generadoras aplicadas a informantes clave, quienes fueron los gerentes y encargados de la empresa. Estos participantes compartieron sus experiencias con foco en la planificación estratégica, la creatividad y la innovación como fundamentos del modelo de negocio. La empresa en estudio, especializada en la fabricación de botas tipo vaquera para coleo, opera principalmente en la zona sur-

occidental de Venezuela. Inició sus operaciones como empresa familiar hace aproximadamente veinticinco años y ha consolidado una posición favorable en el mercado, expandiendo su radio de acción con la comercialización al mayor y detal de su producto estrella. La empresa cuenta con una capacidad instalada de producción anual de 16.800 pares, con una producción mensual de aproximadamente 1400 pares. Estos se distribuyen en un 60% a contado en puntos de venta y un 40% en ventas al mayor, donde las ventas al mayor representan ventas a crédito. Los gastos fijos equivalen al 13% de las ventas al contado, dejando un 87% para cubrir pagos de financiamientos bancarios y compras al contado, ya que las compras a crédito se compensan con las ventas a crédito.

Sin embargo, la empresa experimentó un decrecimiento a partir de 2018, evidenciado en la disminución del volumen de unidades vendidas al mayor, por internet y en tiendas ubicadas en los estados Barinas y Portuguesa. Este declive está en línea con las cifras reportadas por la Cámara Venezolana del Calzado (CAVECAL), que reflejan un panorama desafiante para el sector.

SÍNTESIS INTERPRETATIVA

Es importante resaltar que se aplicaron la entrevista a profundidad para la recogida

de información. En primer lugar estas entrevistas permitieron desarrollar el mapa estratégico como parte de la planificación

estratégica de la empresa en estudio; a partir de los dichos y sentir compartido de los entrevistados, a tales efectos se elaboró

el Cuadro de Mando Integral (CMI), el cual quedó conformado como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. *Cuadro de Mando Integral*

PERSPECTIVAS DE LA EMPRESA	
Financiera	Clientes
- Incremento de la rentabilidad. - Conseguir una rentabilidad elevada de nuestras inversiones. - Disminución de los costos operativos. - Incrementar la productividad.	- Incrementar sostenibilidad de las ventas. - Mejorar la calidad percibida en el servicio. - Hacer marca. - Inclusión de más diseño en el portafolio de productos. - Iniciar el plan de internacionalización del mercado. - Abrir nuevos mercados. - Incrementar el número de franquicias.
Procesos Internos	Aprendizaje y Conocimiento
- Disminuir los tiempos de respuesta ante cambios en el plan de producción. - Integrar en los procesos a nuestros proveedores. - Incrementar los procedimientos de control. - Realizar estudios de nuevos mercados. - Implementar el procedimiento y control de tesorería. - Acortar el tiempo del desarrollo de nuevos diseños. - Trabajar para el desarrollo de los procedimientos sociales.	- Mantener actualizados a los operarios en el proceso de elaboración de botas vaqueras. - Aprovechar el Know-How existente, así como, el conocimiento del personal antiguo para la capacitación del personal de relevo. - Mantener a la vanguardia los procesos de fabricación. - Mantener capacitado al personal para la solidificación de la cultura organizacional.

Nota: Información a partir de las entrevistas realizadas a los socios y personal directivo de la entidad en estudio.

Otro elemento que permitió analizar los procesos de planificación estratégica, creatividad e innovación como fundamento del modelo de negocio de la empresa en estudio, fue la aplicación de la matriz DOFA (Tabla 2), esta herramienta

permitió identificar los factores críticos positivos como negativos. La misma, forma parte del análisis del entorno externo involucrando las variables asociadas a las oportunidades y amenazas de la entidad.

Tabla 2. Matriz DOFA

FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Políticos	Alianzas del gobierno con empresas privadas	Cambios en las políticas financieras y de apoyo al sector empresarial Cambios en las políticas fiscales
Económicos	Incremento del tipo de canales de distribución	Altos niveles inflacionarios (Hiperinflación) Cambio en el ciclo económico: crisis Tipo de cambio Escases de materia prima en el mercado
Sociales	Hábito de consumo en la región	Movimiento migratorio de la población Cambio hábitos de consumo Nivel de ingresos
Tecnológicos	Auge en el uso de las TIC'S	Costos de implementación de nuevas tecnologías Sumas importantes para las inversiones en investigación y desarrollo
Legales	Ley del Trabajo y seguridad laboral	Salario mínimo Regulación de precios

Al hacer el análisis de estos factores entre las oportunidades que tiene la empresa resaltan:

- Alianzas del gobierno con empresas privadas: en la actualidad el gobierno está estableciendo alianzas con la empresa privada para incrementar la producción de bienes y servicios, esta alianza permite el uso del dinero del estado como capital del trabajo y la empresa le cede una cantidad de producto para ser distribuido por el estado venezolano entre la población.
- Incremento del tipo de canales de distribución: en la actualidad se poseen diferentes formas de distribución del producto, tal como es el caso de las ventas por internet.

- Hábito de consumo en la región: en la zona es muy popular por razones regionales el uso de las botas vaqueras, debido a que es parte de la vestimenta de las personas para la asistencia a una fiesta como lo son los toros coleados, pero su uso ha trascendido y se porta en toda ocasión.
- Auge en el uso de las TIC'S: el auge del uso de la TIC'S, ha masificado el mercadeo y las ventas de los productos. El uso de redes sociales tales como Facebook, Instagram, entre otras, ha incrementado los canales de comercialización y las ventas on line.
- Ley del Trabajo y seguridad laboral: el cumplimiento de leyes regulatorias en cuanto a salud y seguridad laboral, la cual garantiza a sus trabajadores o trabajadoras

condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados.

En este mismo tenor, es importante mostrar las amenazas visualizadas por la autora:

- Cambios gubernamentales en contra de las empresas: el gobierno realiza constantemente cambios en las políticas que perjudican el desarrollo de las empresas privadas tales como expropiación de empresas, con la finalidad de producir bienes que comercializa el estado. Adicionalmente, los constantes aumentos salariales inconsultos con los sectores empresariales, mantienen en incertidumbre a las empresas.
- Cambios en las políticas fiscales: Frecuentemente el gobierno realiza cambios en la manera como se realiza la recaudación de los impuestos, tales como IVA, entre otros.
- Niveles inflacionarios, el país en la actualidad enfrenta un proceso de hiperinflación, con un aumento progresivo de los precios de los bienes y servicios, esto disminuye el consumo y limita la posibilidad de inversión por parte del empresariado.
- Cambio en el ciclo económico, se presenta una contracción en la economía general como resultado una crisis económica que afecta en forma negativa la economía de millones de personas.
- Tipo de cambio, pese a los esfuerzos del Ejecutivo Nacional a través de las políticas económicas y financieras emanadas desde el Banco Central de Venezuela, el mismo se mantiene en un aumento sostenido; sobre este particular, también resulta oportuno hacer mención al

proceso de dolarización de la economía, el cual poco a poco ha venido incorporándose en los diferentes niveles del aparato productivo del país.

- Escases de materia prima en el mercado, se presenta un desabastecimiento de las diferentes materias primas e insumos usados en los diferentes procesos productivos de las botas fabricadas por la empresa en estudio, que en algunos casos deben ser adquiridos a precios dolarizados, y algunos traídos desde Colombia en pequeñas cantidades pero con precios superiores a los del mercado.
- Movimiento migratorio, la situación económica que presenta el país ha originado la migración de una gran cantidad de personas al exterior, ello implica la escasez de mano de obra calificada para algunas empresas, situación de la que no escapa la empresa en estudio.
- Cambio hábitos de consumo: se está produciendo un cambio brusco en el comportamiento del consumidor, que limita sus compras solo para abastecer necesidades básicas relacionadas con la alimentación.
- Nivel de ingresos, de acuerdo con los estudios empíricos que permiten señalar que el aumento de ingresos, así como la disponibilidad de bienes para el consumo, no implica un mayor nivel de consumo (Informe de Coyuntura Venezuela, Febrero 2022; Equipo Anova, Mayo 2022; Rosés, 2024).
- Costos de implementación de las nuevas tecnologías, se requiere el desembolso de altas sumas de dinero para la adquisición de nuevas tecnologías para

el proceso productivo en virtud que éstas se ubican en el exterior.

- Alta inversiones en Investigación y desarrollo: se requiere de altas inversiones para el proceso de investigación y desarrollo, por cuanto la empresa se conformó como una empresa familiar, donde el know-how ha pasado de generación en generación.
- Salario mínimo de los trabajadores se ha mantenido estable en el último año, lo que permite a la empresa realizar algunas proyecciones.
- Regulación de precios: el gobierno nacional regula el precio de los productos a vender de acuerdo con los costos de producción, sin tomar en consideración las variables macro y micro financieras aplicadas por el sector empresarial para sus cálculos.

En este contexto, resulta oportuno describir las estrategias innovadoras que integradas

en la planificación estratégica pudieran o contribuyen al fortalecimiento del modelo de negocios de la empresa en estudio, es así como, para dar cuenta de las estrategias de innovación aplicadas por la empresa, es oportuno resaltar, que las estrategias de innovación guardan relación con la estructura conformada por el producto-proceso-mercado (Robledo, 2017). En este contexto, se procedió a leer la transcripción realizada de las entrevistas a los fines de categorizar de acuerdo con la teoría presentada en el apartado correspondiente, las estrategias de innovación aplicadas o por aplicar por parte de la empresa en estudio, siendo éstas el resultado de la interpretación de los códigos en vivo de las descripciones protocolares o entrevistas. Por razones de espacio, solo se muestran algunos de estos resultados en la tabla 3.

Tabla 3. Categorización a partir de las descripciones protocolares

Descripción Protocolar	Categoría	Subcategoría
	Estrategias /	Acción Implícita
Es1-065-078...la primera relacionada con una disminución de los costos operativo, como por ejemplo, alquileres. Actualmente, tenemos varios locales alquilados, y se ha estado pensando en adquirir algunos de estos locales, por supuesto, esto está en evaluación, dado los altos costos de mantenimiento que implica un local, pero a la final creo que sería una buena opción....	Defensora	Reducción de costos
Es3-069-073 ...nos encontramos trabajando en el procedimiento de gestión y control de tesorería con el objetivo de gestionar eficientemente los recursos financieros de la empresa con el fin de garantizar el flujo de los recursos económicos...	Defensora	Mejora en las operaciones
Es1-065-078 ...sería incrementar la productividad de la empresa, en este sentido se han hecho algunas diligencias, te cuento en primera que el próximo año estaremos estrenando dos maquinarias en la línea de producción, con menos consumo pero mayor eficiencia e incluso menor cantidad de operarios...	Tradicional	Incremento de la Productividad

... continuación Tabla 3

Descripción Protocolar	Categoría	Subcategoría
	Estrategias /	Acción Implícita
Es1-113-116...pero, también es importante captar nuevos clientes o clientes potenciales interesados en la marca y los diferentes productos que se comercializan...	Tradicional	Captar nuevos clientes o clientes potenciales
Es2-127-131...la creatividad no solo es crear desde cero, también implica adaptarse y tenemos 25 años en el mercado, que se dicen fácil pero ha sido producto de un largo trabajo de adaptación y cambios...	Tradicional	Creatividad e Innovación a través de los procesos adaptativos
Es1-116-122...Para ellos es importante, incluir nuevos diseños esto implica también incrementar las edades de a quienes van dirigidos nuestros productos, quizás hacerlo más atractivos a grupos etarios más jóvenes, de hecho en los próximos meses si el sistema nos lo permite estaremos lanzando una línea infantil de prueba...	Oportunista	Atención a otros grupos etarios y nuevos diseños
Es3-107-112...es importante rediseñarse, ver cuáles son nuestras debilidades y fortalezas y trabajar en ellas. Considero hay oportunidades en las condiciones actuales que presenta el país pero también es importante conocerlas y explotarlas para así poder permanecer en el tiempo como una empresa rentable...	Oportunista	Reinventar el negocio a partir de las oportunidades
Es3-061-065...en la actualidad se encuentra en la búsqueda de nuevos clientes, no solo en el país sino a nivel internacional, aunque ya se cuenta con dos clientes que nos compran desde el exterior se requieren de otro más...	Analizadora	Adopción de ideas prometedoras (Exportación)
Es1-164-179 ...deben crecer algunos aspectos lo interno como por ejemplo, los equipos de alto desempeño, el trabajo cooperativo, la cultura organizacional, la capacitación por competencias, ...planteamos la posibilidad de hacer un diplomado relacionado con la fabricación de zapatos donde se abarquen temas como la fabricación artesanal y la industrial, aprovechando el hecho que tenemos operadores con mucha experiencia, que debemos aprovechar para propiciar el KnowHow de los mismos y preparar la generación de relevo, u cualquier otro para el crecimiento interno de los trabajadores y que al ser utilizado en la empresa por supuesto contribuya en su crecimiento, o quizás talleres de como por ejemplo liderazgo...	Ofensiva	Nuevos conocimientos procesos internos Aprovechamiento de Know- How
Es1-187-192 ...he tratado de mantener una gestión lo más apegada a la administración y gerencia, estructurándome en el conocimiento, por qué en el conocimiento, porque creo y estoy totalmente convencido que el conocimiento es un pilar fundamental de la organización...	Ofensiva	Conocimiento convertido en innovación

... continuación Tabla 3

Descripción Protocolar	Categoría	Subcategoría
	Estrategias /	Acción Implícita
Es2-166-177...Te puedo indicar que esta empresa tiene desde su génesis un taller de reparación de zapato que aun forma parte del grupo de tiendas que posee la empresa y que ha ido creciendo. Se ha desarrollado un modelo de negocio que ha ido evolucionando, al principio solo se tenía la fábrica y la tienda que te comente que es donde se realizan reparaciones, a medida que se ha evolucionado se han montado las tiendas con características de franquicias. Es importante destacar que para la Directiva es importante que los trabajadores evolucionen con la empresa, por lo que lo considera como socios de la organización...	Ofensiva	Uso de la investigación aplicada para innovar
Es2-113-122 ...se debe establecer alianza con los proveedores, es importante mencionar que un par de botas no solo lleva suela y cuero, sino que incluye diferentes tipos de hilos y pegas, goma espuma, abrillantadores, entre otros, por lo cual la cantidad de proveedores se incrementa. Por otro lado, en las condiciones actuales que presenta el país es necesario contar con diferentes proveedores para una sola materia prima y de esta manera evitar parar el proceso productivo por falta de la misma....	Dependiente	Relaciones clientes - proveedores

Nota: Datos extraídos de las entrevistas aplicadas a los informantes.

La empresa en estudio, aplica o vislumbra la aplicación de seis tipos de estrategias de acuerdo con la clasificación de Freeman y Soete (1997); Miles et al. (1978) y Freeman (1974), todos citados por Robledo (2017), ello implica la ejecución de una serie de actividades o acciones como son:

a) Defensoras: Reducción de costos, mejoras en las operaciones; b) Tradicionales: Incremento de la productividad, particularidad o exclusividad de los productos, captar nuevos clientes o clientes potenciales, uso eficiente y eficaz de los recursos (maquinarias y materia prima), adaptación

a los clientes (tendencia de moda), creatividad e innovación a través de los procesos adaptativos; c) Oportunista: atención a otros grupos etarios y nuevos diseños, reinventar el negocio a partir de las oportunidades, identificación de un nicho; d) Analizadora: adopción de ideas prometedoras (franquicias/exportación); e) Ofensiva: nuevos conocimientos procesos internos, aprovechamiento de know-how, conocimiento convertido en innovación, uso de la investigación aplicada para innovar; f) Dependiente: relaciones clientes – proveedores.

REFLEXIONES FINALES

La planificación estratégica emerge como una herramienta diagnóstica y reflexiva

crucial en la toma de decisiones colectivas, permitiendo establecer prioridades y

enfocarse en los puntos fuertes de la organización. Esto facilita el reconocimiento de problemas y la implementación de acciones de cambio para responder a los desafíos del entorno externo. En el caso de la empresa estudiada, se identificó la aplicación o intención de aplicar seis tipos de estrategias innovadoras, clasificadas según Freeman (1974) y Miles et al. (1978) como defensoras, tradicionales, oportunistas, analizadoras, ofensivas y dependientes.

La planificación estratégica no solo ayuda a fijar prioridades y concentrarse en las fortalezas organizacionales, sino que también permite identificar problemas ambientales y establecer cursos de acción. Se configura como una herramienta poderosa para el diagnóstico, análisis, reflexión y toma de decisiones colectivas, permitiendo a las empresas adaptarse a los cambios y demandas del entorno con el objetivo de maximizar la eficiencia y calidad de sus procesos.

Los informantes clave, socios y directivos de la empresa, mencionaron en sus

entrevistas una serie de estrategias aplicadas y otras en proceso de implementación. La empresa aplica o planea aplicar seis tipos de estrategias, que implican la ejecución de acciones asociadas a la innovación y que, al integrarse en la planificación estratégica, contribuyen al fortalecimiento del modelo de negocio. Los entrevistados destacaron el conocimiento, el know-how y el tiempo de operación en el mercado como factores clave para la innovación.

Finalmente, resulta pertinente aplicar en un plazo breve la metodología de Design Thinking, centrada en el usuario y enfocada en resolver problemas de manera innovadora y creativa a través de procesos colaborativos. Esto permitiría desarrollar la innovación centrada en las personas, anticipar los retos futuros de la empresa y presentar soluciones que satisfagan las necesidades de los clientes internos y externos de manera tecnológicamente factible y comercialmente viable.

REFERENCIAS

Alosani, M.S.; Yusoff, R. y Al-Dhaafri, H. (2020). El efecto de la innovación y la planificación estratégica en la mejora del rendimiento organizacional de la Policía de Dubái. *Innovation & Management Review*, 17(1), 2-24. <https://doi.org/10.1108/INMR-06-2018-0039>

Equipo ANOVA Policy Research (Mayo, 2022). ¿Venezuela se arreglo?. Tendencias recientes en la distribución del ingreso. *ANOVA Policy Research*. <https://acortar.link/UxAz98>

Goetz, J. y LeCompte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Ediciones Morata.

Francés, A. (2006). *Estrategia y planes para la empresa con el cuadro de mando integral*. Pearson Prentice Hall.

Freeman, C. (1974). *The Economics of Industrial Innovation*. Pinguin.

Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. MIT Press.

- Hellriegel, D., Jackson, S. y Slocum, J. A. (2008). *Estrategia y planes para la empresa con el cuadro de mando integral*. (11a. ed.). Pearson Prentice Hall.
- Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales de la Universidad Católica Andrés Bello (2022). *Informe de Coyuntura Venezuela*. <https://acortar.link/MjzIsG>
- Martínez, M. (1998). *La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual Teórico Práctico*. (3a. ed.). Editorial Trillas.
- Miles, R. E., Snow, C. C., Meyer, A. D. & Coleman, H. J. (1978). Organizational Strategy, Structure, and Process. *The Academy of Management Review*, 3(3), 546-562. <https://doi.org/10.2307/257544>
- Núñez, A. (2022). *Reactivar préstamos y recuperar salarios, las cuentas pendientes de la economía venezolana*. <https://acortar.link/Bmjf79>
- Observatorio Venezolano de Finanzas (OVF, 2022). *Índice de actividad económica*. <https://acortar.link/KFOEYp>
- Ordoñez, R. J. (2010). *Cambio, creatividad e innovación: desafíos y respuestas*. Gránica.
- Ponti, F., y Ferrás, X. (2008). *Pasión por innovar. Un modelo novedoso que incentiva la creatividad empresarial*. Grupo Editorial Norma.
- Rangel, J. (2018). Empresarios proponen una ley para recuperar la productividad en el país. *El Universal*. <https://acortar.link/ZWXRl1>
- Robledo, J. (2017). *Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rosés, A. (2024). Venezuela: Apuntes sobre su recuperación económica: Notes on Venezuela's economic recovery. *Cuadernos de Nuestra América*, (11), 75-81. <http://www.cna.cipi.cu/cna/article/view/209/566>
- Taylor, S. y Bogdan, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. (3a. Reimpresión). Ediciones Paidós Ibérica.
- Valera, R. (2008). *Innovación empresarial. Arte y ciencia en la creación de empresas*. (3a. Ed.). Pearson Educación de Colombia.
- Valles, M. (2002). *Entrevistas cualitativas. Colección "Cuadernos Metodológicos"*, 32. Centro de Investigaciones Sociológicas.

Autora

Maira Sánchez. Licenciada en Administración, Mención: Recursos Materiales y Financieros; Especialista en Docencia para la Educación Superior; Magíster en Investigación Educativa; Doctora en Gestión para la Creación Intelectual (Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez «UNESR»). Doctorante en Ciencias Administrativas y Gerenciales (Universidad de Carabobo «UC»). Docente-Investigadora en universidades públicas nacionales. Coordinadora del Programa de Maestría en Administración, Mención Gerencia, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales «FaCES-UC», Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9408-3609>

Email: maira.sanchez1023@gmail.com

Recibido: 31-07-2024

Aceptado: 17-10-2024

Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias

Normas para Publicación

La Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” tiene como objetivo divulgar resultados de investigaciones en las áreas de ingeniería de métodos, ergonomía, productividad y calidad, investigación de operaciones, sistemas de producción e inventarios, logística, cadenas de suministro, simulación, estadística aplicada, y en general aquellos temas en los cuales la Ingeniería Industrial converge con otras ciencias.

La Revista acepta trabajos que puedan ser incluidos en las siguientes secciones: Artículos de Investigación, Artículos de Divulgación (de interés general), Información y/o Resumen de Eventos Académicos relacionados con la Ingeniería Industrial y Reseñas Bibliográficas, Notas Técnicas o Estados del Arte, relacionados con Ingeniería Industrial.

Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español, inglés o portugués, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Si el trabajo se presentó en algún evento científico o similar, se deben suministrar los detalles correspondientes (nombre completo, fecha, lugar, institución organizadora).

Aspectos Formales

-**Título:** breve y claro

-**Datos del Autor o Autores:** presentar los nombres completos de los autores y su afiliación institucional, agregando al artículo una página *aparte* que contenga: títulos, autor(es), correo(s) electrónico(s), institución de procedencia, ciudad, una breve reseña curricular de cada uno de los autores que no exceda las 50 palabras e incluir el resumen del trabajo, indicando la sección en la que propone su publicación. Los autores deben presentar su ORCID (“Open Researcher and Contributor ID”, <https://orcid.org/>).

-**Redacción adecuada.** Escrito en Mayúsculas y minúsculas, según reglas gramaticales y en tercera persona.

-**Ortografía.** No presentar faltas de ortografía. Cuidar la acentuación y puntuación.

Especificaciones del Formato

-Tamaño del papel y márgenes: carta, márgenes superior e inferior 2,5 cm., izquierdo y derecho 3 cm.

-Tipo de letra **Times New Roman**, tamaño 12, justificado, un espaciado (6 puntos) entre párrafos, sin sangría e interlineado doble.

-**Extensión:** no menor de diez ni mayor de 30 páginas.

-**Ilustraciones:** el artículo puede contener cualquier tipo de ilustración (fotografía, dibujo, gráfico, cuadro o tabla, y deberá llevar su debida identificación y referencia previa. Las fotos deben contener pie de foto explicativo, y cualquier tipo de imagen debe ser de alta calidad en formatos TIFF o JPG. Los dibujos o esquemas deben ser en original, y ser incrustados como imágenes no editables dentro del texto (evitar imágenes producidas por la agregación de múltiples objetos).

Estructura del Contenido**Artículos de Investigación**

Resumen en español (o portugués) e inglés (Abstract): debe contener los aspectos básicos del artículo: planteamiento del problema, metodología usada y breve reseña de los resultados. El número de palabras no debe exceder de 250.

a. **Introducción:** señalar en qué consiste el trabajo completo, su objetivo, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis del estudio.

b. **Metodología:** describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

c. **Resultados:** expresar el producto del trabajo con claridad; se pueden presentar también datos de medición o cuantificación.

d. **Discusión:** interpretar los resultados de acuerdo con estudios similares, enunciar ventajas del estudio, sus aportaciones, evitando adjetivos que elogien los resultados.

e. **Conclusiones:** precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis, plantear perspectivas del estudio, la aplicación de los resultados.

f. **Referencias bibliográficas:** enlistar en orden alfabético las principales fuentes bibliográficas consultadas y citadas, siguiendo las normas de la APA vigentes. Cuanto sea aplicable, debe incluir el DOI (*Digital Object Identifier*).

Artículos de Divulgación

Corresponde a artículos de temas relevantes de ciencia, tecnología, entre otros, que van dirigidos al público profesional y académico, por lo que deben ser escritos en lenguaje claro y accesible. La presentación del contenido dependerá de la naturaleza del tema, sin embargo, se recomienda la estructura general del artículo de investigación. Se establece hasta un máximo de tres autores para artículos de revisión documental, en general para aquellos que no contemplen investigación experimental o análisis de datos cuantitativos.

En general, las normas de redacción, presentación de tablas y gráficos, uso de citas de cualquier tipo, señalamientos de autores, referencias bibliográficas y electrónicas y otros aspectos editoriales deben ajustarse a las Normas de la “*American Psychological Association*” (APA). Como orientación para los autores en la presentación de las referencias bibliográficas, a continuación, se presentan los casos más usados:

Libro:

Gutiérrez, H. (2020). *Calidad Total y Productividad*, quinta edición. McGraw-Hill Interamericana de España.

Revista (Publicaciones periódicas):

Lima, L. & Tinoco, M. (2022). Avaliação da percepção de valor do cliente de jornais digitais: estudo de caso de uma empresa jornalística na região sul do Brasil. *Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, 8(28), 27–52. <https://doi.org/10.54139/riiant.v8i28.377>

Instrucciones de Envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. **No se aceptarán trabajos que no cumplan con las normas establecidas en este documento.** Deben enviarse tres (3) ejemplares del trabajo a la siguiente dirección: Comité Editorial de la Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*”, Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Avenida Universidad, Naguanagua, Estado Carabobo, Venezuela; Código Postal 2005. Teléfono: (58)-424-4194096

De los tres (3) ejemplares, dos (2) deben venir sin identificación para ser asignados al Comité de Arbitraje de la Revista. El trabajo debe enviarse grabado en un (1) CD. También, se aceptarán trabajos a través de la siguiente dirección electrónica: revistaiaynt@gmail.com, con copia a revistaiaynt@uc.edu.ve.

Sistema de arbitraje

Todos los trabajos a publicarse se someterán a un proceso de evaluación anónima (revisión ciega) por parte de especialistas (revisión por pares), donde participan evaluadores externos. Antes de enviar el trabajo (sin identificación) al Comité Científico para el proceso de arbitraje, el Comité Editorial revisa el cumplimiento de los requisitos de forma y el ajuste a los objetivos de la Revista, por lo que podrá realizar correcciones gramaticales y modificaciones literarias, que no alteren el sentido sin consultar con el autor.

De acuerdo con el formato establecido, el Comité Científico podrá dictaminar si el trabajo es: Publicado sin correcciones, Publicado después de correcciones, Publicado después de corregir extensivamente y No publicar. Una vez realizado el arbitraje por parte del Comité Científico, el Comité Editorial recopila los resultados y los envía a los autores. Cualquier controversia en el dictamen será resuelta por el Comité Editorial.

Generalidades

Los contenidos de los trabajos que aparecen en la Revista “*Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*” son de la entera responsabilidad de sus autores. De ser aceptado el trabajo, el autor principal recibirá la versión digital vía correo electrónico.

Los artículos publicados en la Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” son de su propiedad, por lo que se reserva los derechos de distribución de los contenidos. Podrán ser reproducidos con autorización escrita del Editor.

La Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” es de distribución gratuita. Para su canje contactar al Comité Editorial revistaiaynt@gmail.com, <revistaiaynt@uc.edu.ve>.

Comité Editorial
Diciembre, 2024

Editorial

Artículos de investigación

- Selección de plataformas educativas tecnológicas empleando un modelo de toma de decisiones multicriterio basado en la integración de ANP, DEMATEL y TOPSIS

7-22

Selection of learning management systems using a multi-criteria decision-making model based on the integration of ANP, DEMATEL and TOPSIS

Pedro Teppa-Garran, Massimo Tassinari A., Alejandro Villarino F.

- Modelo Dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas

23-48

Dynamic Model to promote Industry 4.0 technologies implementation in small and medium-sized companies

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar, Manuel Ulloa Rojas

- Impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado

49-62

Impact of Implementing Lean Six Sigma approach in a Manufacturing Company to Achieve Market Survival

José Otero Bracamonte, Andrea Castañeda Sanabria

Artículos de divulgación

- Simuladores como herramienta educativa en la mecánica de fluidos. Una estrategia para la adquisición del saber

65-82

Simulators as an educational tool in Fluid Mechanics. A strategy for the acquisition of knowledge

Lisette Hornebo Avendaño, Arístides Méndez-Arias

- Planificación estratégica, creatividad e innovación fundamentos del modelo de negocios de una empresa del sector calzados

83-98

Strategic planning, creativity and innovation, fundamentals of the business model of a company in the footwear sector in the footwear sector

Maira Sánchez

Normas para publicación

99-100