

ISSN: 1870-056X

Revista CiBiyT

Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Publicación de difusión científica e investigación multidisciplinaria

REDUCCIÓN DE LOS DESPERDICIOS INDUSTRIALES



Año XVIII, número 53. Mayo - Agosto de 2023

Costo de recuperación \$50.00

A propósito del retorno a un nuevo ciclo escolar, en el ambiente se escucha a los padres de familia hablar de aspectos como uniformes, útiles y libros. Mientras tanto, en el ámbito administrativo se comienza a gestar el plan de trabajo para el próximo ciclo. En los medios y redes sociales se puede leer la frase ¡sin maestro no hay educación! y surge la interrogante ¿es el MAESTRO indispensable?. Vale la pena analizar cuál maestro. Podría describir a un tipo de maestro en estas líneas, el idealizado que se escribe “MAESTRO”, así, con mayúsculas, quien se identifica con cada uno de sus alumnos, que educa para la vida y que siempre es recordado con respeto y admiración. Aquel que es como una leyenda, un espíritu que habita en los espacios educativos y que nos toca con su varita mágica a lo largo de la vida. El que evoca alegría, gratitud y, porque no, nostalgia. Por otro lado, tenemos al *maistro*. Aquel que repite cada ciclo lo mismo. Mismas tareas, mismas lecciones. El que califica sin justificación y sin retroalimentación y evita salir de su área de confort. El que evita a toda costa los entornos digitales y la discusión y que solo aporta como resultado un número. Por último, tenemos otro maestro, aquel que se esfuerza por ser como el primero que mencionamos, pero que está tentado a ser el segundo. ¿La causa? aspectos como el sueldo, la valoración y el reconocimiento.

Ante todo, debería gobernar el espíritu de crear. Ya sea como padres o como maestros, existe la gran responsabilidad de la formación de individuos. En nuestro espacio como docente sabemos que un buen diseño de curso y el empleo de las herramientas tecnológicas adecuadas, sin duda serán un reto que cada día se tiene que afrontar. Reconocemos que aplicar nuevas estrategias de aprendizaje, procedimientos, secuencias de acciones, técnicas operaciones específicas, que tengan cierta flexibilidad, potenciarán las actividades de aprendizaje y las capacidades individuales. Entonces el verdadero reto es que los estudiantes descubran el genio que hay en cada uno y que en el futuro se conviertan en promotores de la ciencia e investigación. Tengamos confianza en la labor del MAESTRO y que vamos por el camino correcto.

Índice

Reducción de los Desperdicios Industriales	3
“Análisis económico salarial en el ramo textil del estado de Tlaxcala”	16
Diagnóstico para la mejora en el proceso de gestión documental en el área de visas en un corporativo nacional	22
Resultados de la implementación de la Estrategia de Comunicación del Tecnológico Nacional de México	33
Hidroxiapatita: la estructura cristalina más cercana al hueso.	40
Predicción simultánea de calidad interna en múltiples frutas con espectroscopía Vis-NIR y aprendizaje profundo	46
Trabajo colaborativo en estudiantes de licenciatura	66

Revista CiBlyT

Directorio editorial

Arnulfo Sánchez Cortés

Director y Editor

Ivonne Ilhuicatzí Cortés

Coordinador Editorial

Roberto Carlos Cruz Becerril

Coordinador de Arbitraje

Silvia Tomasa Rivera del Ángel

Asesora Editorial

Anahí Arroyo Figueroa

Coordinador de Diseño Gráfico y Edición

María de los Ángeles Patiño Dorantes

Denise Ivonne González Salcedo

Traductor

Revista CiBlyT está indizada en Latindex

Revista CiBlyT, mayo–agosto de 2023, año 18, número 53, es una publicación cuatrimestral de difusión científica e investigación multidisciplinaria, fundada en 2004. Editada por Arnulfo Feliciano Sánchez Cortés. Mariano Matamoros 702, Col. Centro, Apizaco, Tlax. C. P. 90300, Tel: 241 417 5844, e-mail: cibiyt@hotmail.com y cibiyt@gmail.com.

Reserva de Derechos de uso exclusivo de título otorgado por el INDAutor: 04–2007–090509361300-102. ISSN: 1870–056X, con Licitud de Título y Licitud de Contenido en trámite. Impresa por *Promotlax*, Morelos 606, Apizaco, Tlax. C.P. 90300. Este número se terminó de imprimir el 30 de agosto de 2023 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

El **material de investigación publicado es original e inédito** en las áreas de Ingeniería, de Ciencias Sociales y de Ciencias Exactas. La **autorización** para la publicación, así como el contenido de los artículos, es **responsabilidad exclusiva de los autores**. Cada artículo es propiedad intelectual de su(s) autor(es), así como la institución de procedencia del autor(es) y patrocinadores son propietarios del resultado de esas investigaciones.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan la posición del editor, impresor y personal que participa en la publicación de la revista. Se podrá autorizar solo la reproducción parcial de los contenidos para fines académicos y sin fines de lucro con previa autorización del editor y con la mención de la fuente. Los requisitos de publicación aparecen en cada número publicado.



Collage con imágenes tomadas de:
<https://seralsa.com.mx/recicladora-de-papel/>
<http://softexrvc.blogspot.com/2014/>
<https://nayaritnoticias.com/2023/05/17/en-mexico-se-reciclaron-52-mil-866-toneladas-de-envases-de-tetra-pak-durante-2022/>

Agradeceremos sus comentarios y sugerencias a:

cibiyt@hotmail.com

cibiyt@gmail.com

Consejo de Arbitraje

<i>Dr. Sergio Eduardo Algarra Cerezo</i>	<i>Dra. Ana Berta Luna Miranda</i>
<i>Dr. Jorge Álvarez Mena</i>	<i>Dra. Margarita Martínez Gómez</i>
<i>Dr. Jorge Bedolla Hernández</i>	<i>Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras</i>
<i>Dr. Marcos Bedolla Hernández</i>	<i>Dr. Roberto Morales Caporal</i>
<i>Dr. Saúl Cano Hernández</i>	<i>Dr. Miguel Ángel Munive Rojas</i>
<i>Dra. María Enedina Carmona Flores</i>	<i>Dr. Arturo Ortiz Arroyo</i>
<i>Dr. Miguel Ángel Carrasco Aguilar</i>	<i>Dr. José Erasmo Pérez Vázquez</i>
<i>Dra. Shirley Carro Sánchez</i>	<i>Dr. Fernando Pérez Villaseñor</i>
<i>Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez</i>	<i>Dr. Alberto Portilla Flores</i>
<i>Dr. Jorge Castillo Tejas</i>	<i>Dr. Edgar Alfredo Portilla Flores</i>
<i>Dr. José Manuel Cervantes Vázquez</i>	<i>Dr. P. Malaquías Quintero Flores</i>
<i>Dra. Barbarela Dávila Carmona</i>	<i>Dr. Federico Ramírez Cruz</i>
<i>Dr. Nery Delgadillo Checa</i>	<i>Dra. Gloria Ramírez Elías</i>
<i>Dr. Héctor Domínguez Martínez</i>	<i>Dr. Carlos Alberto Reyes García</i>
<i>Dr. Arturo Elías Domínguez</i>	<i>Dr. J. Margarito Rivera Badillo</i>
<i>Dra. Adelina Espejel Rodríguez</i>	<i>Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada</i>
<i>Dr. Norberto Farfán García</i>	<i>Dr. Héctor Rosas Lezama</i>
<i>Dra. Rosa María Flores Hernández</i>	<i>Dr. Rogelio Alberto Sánchez Cortés</i>
<i>Dr. Vicente Flores Lara</i>	<i>Dr. Carlos Sánchez López</i>
<i>Dra. Leticia Flores Pulido</i>	<i>Dra. Alejandra Torres López</i>
<i>Dr. Abelardo Flores Vela</i>	<i>Dr. Adrián Trevera Juárez</i>
<i>Dr. Alan Augusto Gallegos Cuéllar</i>	<i>M. C. Antonio Durante Murillo</i>
<i>Dr. Brian Manuel González Contreras</i>	<i>M. C. Verónica Hernández Ruiz</i>
<i>Dr. Antonio Guevara García</i>	<i>M. A. María Elena Jiménez Lorenzini</i>
<i>Dra. María Elena Hernández Hernández</i>	<i>M. C. Marlon Luna Sánchez</i>
<i>Dr. Héctor Hugo Hernández Mendoza</i>	<i>M. C. Juventino Montiel Hernández</i>
<i>Dra. Lidia Patricia Jaramillo Quintero</i>	<i>M. I. A. Carlos Pérez Corona</i>
<i>Dra. Friné López Medina</i>	<i>M. C. Carlos Santacruz Olmos</i>
<i>Dra. Araceli López y López</i>	<i>M. C. Ángela Suárez Rojas</i>

ISSN: 1870-056X

Fecha: mayo-agosto de 2023

Reducción de los Desperdicios Industriales

Reduction of Industrial Waste

Miguel Angel Munive Rojas, A. Sanchez cortes, B. Davila Carmona, J.M.. Cervantes Vazquez,
S.E. Algarra Cerezo, Marco A. Vázquez Morales
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Universidad Autónoma de Tlaxcala
miguelangel.munive@uatx.mx

Fecha de recepción: 22 marzo 2023

Fecha de aceptación: 12 de julio 2023

Resumen

En la industria de la impresión existen dos conceptos fundamentales que determinan la eficiencia de la planta: merma y desperdicio. En arte gráfico la merma es todo aquel remanente y/o residuo producto de los procesos de impresión que se encuentra debidamente planificada y contabilizada para efectos de la venta de sus productos. Por el contrario el desperdicio es toda aquella pérdida irreparable de insumos, subproductos y/o productos que son consecuencia de las malas prácticas de fabricación y que vulneran la economía de las empresas. Por otro parte y de acuerdo con la Printing Industries of America (PIA) la reducción de los desperdicios de papel representa uno de los elementos estratégicos más importantes que permiten conducir a estas empresas bajo una Manufactura de Clase Mundial (WCM). En este proyecto de investigación se realiza un análisis de las diversas metodologías utilizadas para la minimización de los desperdicios en diferentes bases de datos mundiales y que pertenecen a diferentes rubros industriales.

Palabras Clave: Desperdicios, Industria Gráfica, Metodología 3W

Abstract

In the printing industry there are two fundamental concepts that determine the efficiency of the plant: shrinkage and waste. In graphic art the shrinkage is anyone remnant and/or waste product of the processes of printing that is adequately planned and posted for effects of the sale of their products. On the contrary the waste is all that irreparable loss of inputs, by-products and/or products that are the result of bad practices of manufacture and which infringe the economy of the companies. On the other hand and in accordance with the Printing Industries of America (PIA) the reduction of waste paper

represents one of the most important strategic elements that allow lead to these companies under a World Class Manufacturing (WCM). In this research project is carried out an analysis of the various methodologies used for the minimization of waste in different global data bases and that belong to different industrial areas.

Keywords: *Waste, Printing Industry, Methodology 3W*

Introducción

En todo sistema de manufactura intervienen básicamente cuatro elementos: recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos financieros y recursos materiales. Son los recursos materiales quienes se transforman a través de los distintos procesos de fabricación para obtener productos elaborados que finalmente serán entregados a los clientes. La conversión de los materiales a artículos terminados puede dar como resultado tres componentes: subproductos, mermas y desperdicios. Naturalmente los subproductos terminan ensamblándose unos con otros hasta obtener mercancías conforme avanzan las operaciones. Por su parte las mermas son todos aquellos remanentes de material que son consumidos desde la preparación de las máquinas, pasando por cada uno de los procesos industriales y hasta la entrega final de los productos al consumidor. Las mermas por lo tanto son materiales debidamente planificados y cuantificados en términos de los costos de producción. A diferencia de las mermas los desperdicios representan serios problemas de producción que laceran la eficiencia de toda planta industrial. Estos desperdicios son causados por malas prácticas de fabricación que involucran a todos los departamentos de la compañía. En la práctica los desperdicios pueden ser reutilizados, reprocesados o vendidos, sin embargo, en todos estos casos ya se arrastra una pérdida económica considerable para la empresa. En la actualidad se han desarrollado metodologías que contemplan su prevención, disminución, reutilización, reciclaje,

recuperación energética y hasta su desecho final. Es evidente que toda compañía desea que se tenga cero desperdicios, más sin embargo en la práctica siempre existe la probabilidad de generarlos.

Marco Teórico

De acuerdo con la agencia de protección ambiental de United Kingdom (EPA, 1990) desperdicio puede ser definido como: I) Aquella sustancia que constituye un material de desecho u otra sustancia no deseada derivada de la aplicación de un proceso.

Metodología Crittenden & Kolaczowski

Como se muestra en la Figura 1 Crittenden, B., Kolaczowski, S., (1995) desarrollaron una metodología para la minimización de los desperdicios aplicada a las empresas manufactureras. El primer paso de este modelo es el compromiso y establecimiento de una política y estrategia bien definida por parte de la dirección general. Una vez que se tiene completado este primer paso se crean equipos de evaluación y valoración. Estos equipos a su vez recaban la información y se plantean las diversas áreas de la empresa por atacar estableciendo metas y tiempos de respuesta. Finalmente se realizan los análisis técnicos y económicos para generar proyectos prioritarios y retroalimentar al sistema de reducción de desperdicios.

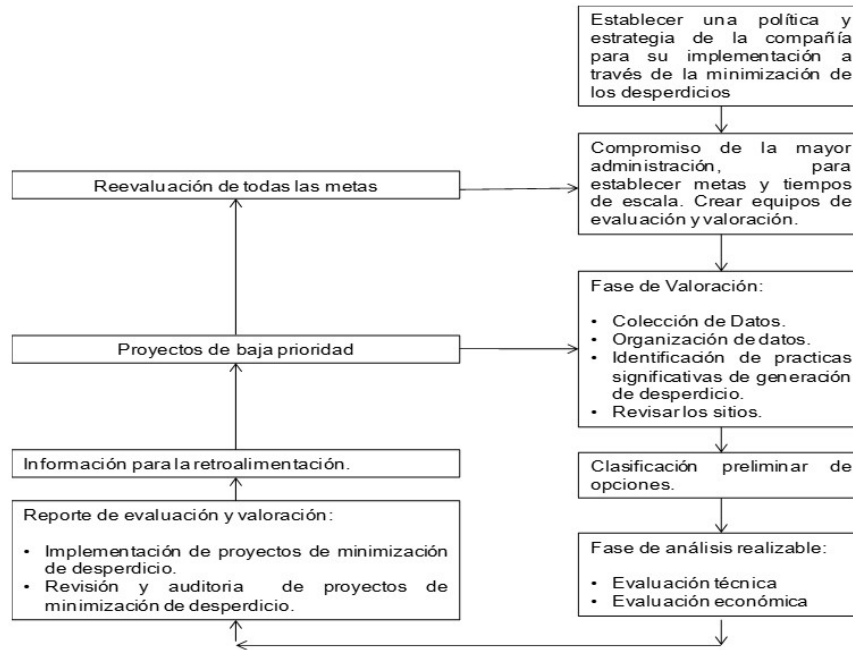


Figura 1. Metodología C & K (Crittenden, B., Kolaczowski, S., 1995)

Metodología de la agencia del medio ambiente

En 1998 la Agencia del Medio Ambiente desarrollo un modelo para la reducción de los desperdicios industriales de la Gran Bretaña (Ver Figura 2). La metodología se compone de los siguientes pasos: 1) Valoración del alcance, 2) Comité para la acción; 3) Pre-evaluación de los procesos; 4) Colección de datos y análisis; 5) Análisis del costo verdadero del desperdicio;

6) Nivel de prioridad; 7) Generación de opciones para la mejora continua; 8) Valoración de oportunidades o análisis factible; 9) Implementación de proyectos y mantenimiento. Este modelo se integra de otras metodologías tales como DuPont, OLCAP ENVOP y ENVOPexpert. Cabe resaltar que para su implementación es necesario contar con un equipo de expertos para la selección correcta de las opciones de mejora de los procesos.

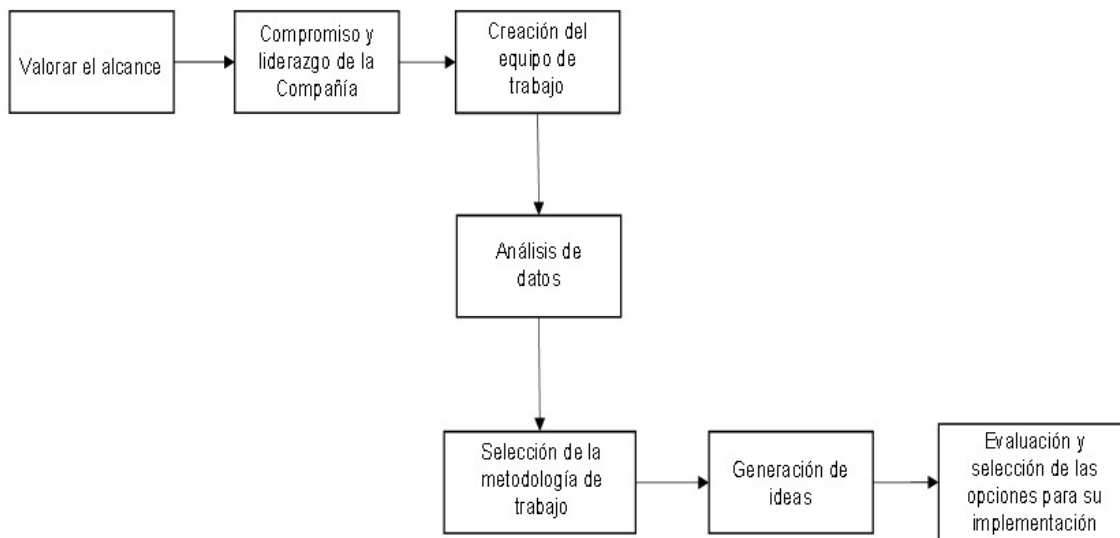


Figura 2. Metodología de la agencia del medio ambiente (Reyes C. A., et. al. 2008)

Metodología DuPont

La compañía DuPont desarrolló en 1999 un modelo para la reducción de los desperdicios en el área química que facilitarían la identificación de nuevas áreas de oportunidad dentro de la mejora de procesos. La metodología se compone de tres principios básicos: 1) El flujo volumétrico de una corriente de desperdicio de agua determina el tratamiento requerido y el costo de operación; 2) Los flujos de agua y gas influyen en los costos de producción de la compañía; 3) Un tratamiento al final del proceso ya que se tienen componentes por remover (Mulholland K. L., & Dyer J. A., 2001).

OLCAP

(Optimum Life Cycle Assessment Performance)

Esta metodología se basa en la evaluación del ciclo de vida (LCA) aplicado a problemas de administración del medio ambiente. Por su parte la herramienta Optimum Life Cycle Assessment Performance (OLCAP) es un modelo que se emplea para la optimización del rendimiento

del LCA. Esta metodología contempla cuatro pasos: 1) La realización del estudio LCA, 2) Generar un problema para su optimización a partir del LCA, 3) La optimización multiobjetivo económica y medio ambiental del proceso, y 4) Selección de la mejor solución a partir de la decisión multicriterio. Este modelo matemático basado en optimización multiobjetivo es un método efectivo ya que ofrece un número de soluciones óptimas que no implican un costo elevado (Azapagic A., & Clift R., 1999).

Metodología Reyes, Sharratt y Arizmendi

Reyes, Sharratt y Arizmendi (2008) y de acuerdo con la Figura 3, proponen una metodología que contempla cuatro etapas: 1) La descripción del proceso en donde se definen las metas, tareas, actores y variables; 2) La definición de los requerimientos legales en materia de medio ambiente; 3) La presentación de los recursos humanos, económicos y de tiempo del proyecto; 4) La identificación de las herramientas para la reducción de los desperdicios.

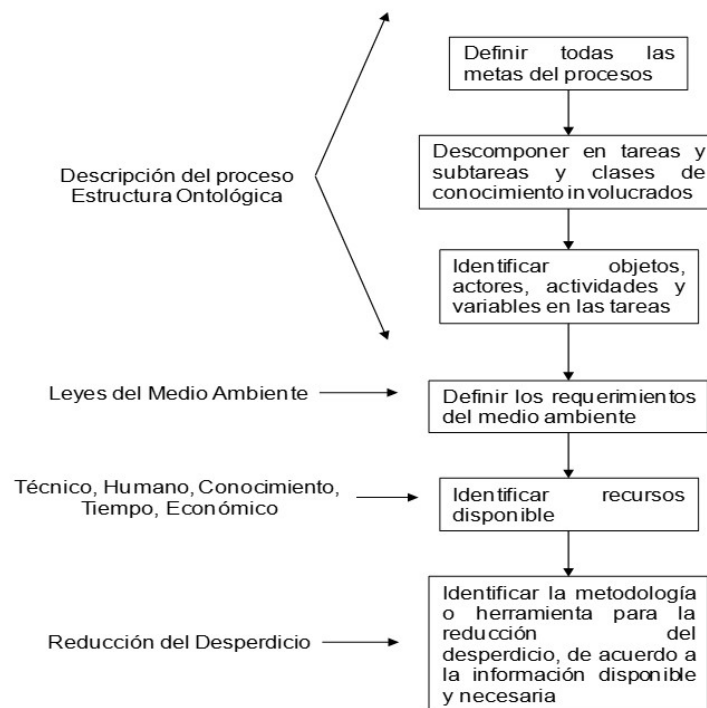


Figura 3. Metodología Reyes, Sharratt y Arizmendi (Reyes C. A., et. al. 2008)

Metodología Halim y Srinivasan

Halim y Srinivazan consideran que la minimización de los desperdicios industriales es uno de los elementos prioritarios en la agenda de toda empresa de producción por lotes. En 2006 los autores desarrollaron una metodología para que cualquier planta química de producción por lotes pueda reducir sus desperdicios. El modelo consiste básicamente en el empleo de métodos y heurística, que permiten diagnosticar a través gráficos, diagramas causa efecto y modelos funcionales el origen de los desperdicios. Los resultados arrojados por la metodología se comparan con las ideas de un grupo de expertos en el área, identificándose con precisión las soluciones básicas para la reducción de los desperdicios de la planta (Halim I., & Srinivasan R., 2006).

Departamento de Conservación Ambiental de Tennessee

En 1999 la preocupación por el incremento del desperdicio de sólidos peligrosos hacen que el departamento de conservación ambiental de Tennessee desarrollara una serie de estrategias y políticas encaminadas a la reducción de desperdicios. Este modelo se fundamenta en problemas del medio ambiente y se compone por los siguientes pasos: 1) Obtener un compromiso de la administración, 2) Definir el alcance, objetivos y metas, 3) Hacer un equipo, 4) Dirigir una valoración de desperdicio, 5) Rastrear los costos, 6) Evaluar opiniones, 7) Implementar el plan, 8) Medir los resultados, 9) Hacer un comité a largo plazo y 10) Actualizar el plan de reducción de desperdicio.

Departamento de protección ambiental de la Florida

El departamento de protección ambiental de florida (2006) presenta una declaración de protección ambiental para el manejo de los desperdicios industriales peligrosos. Para ello se

establecieron cuatro estrategias de reducción relacionadas con la producción, el reciclaje, el procesamiento y el desecho de estos residuos. El plan de trabajo contempla una serie de diez pasos que son: 1) Declaración del Objetivo General y Compromiso de la Administración, 2) Alcance y Objetivo(s) Específico(s) del Plan, 3) Designación del Grupo de Reducción de Desperdicios, 4) Evaluación de los Desperdicios Generados, 5) Prioridades en el Manejo de Desperdicios, 6) Identificación, Evaluación y Selección de Opciones, 7) Establecimiento de Objetivos para la Reducción de Desperdicios, 8) Implementación de la Opción para la Reducción de Desperdicios, 9) Medida de los Resultados y Evaluación del Progreso, 10) Establecimiento del Ciclo de Revisión del Plan.

Seis Sigma (6 σ)

Seis Sigma es una metodología para la mejora de procesos desarrollada en Motorola (1988) y encaminada hacia la reducción de la variabilidad en planta creando valor. Esta metodología está fundamentada en la solución de problemas llamada DMAMC (D=Definir, M=Medir, A=Analizar, M=Mejorar, C=Controlar) cuyos pasos son los siguientes: 1) Definición de la problemática en función de los objetivos de la empresa, 2) Medir el desempeño actual del proceso, 3) Análisis de elementos que limitan el cumplimiento de las especificaciones del proceso o proyecto, 4) Implementación de las mejoras en el proceso y eliminación de las causas que generar defectos, 5) Estandarización y control del desempeño del proceso (Morato J. S., 2009).

La metodología WASAN

Wasan es una metodología orientada hacia la minimización segura de los desperdicios nucleares y está estructurada en cinco etapas genéricas (Ver Figura 4): 1) Definición de los límites del sistema de acuerdo al alcance del

análisis, 2) Análisis de las operaciones internas mediante la exploración de la producción de residuos dentro de las instalaciones del proceso, 3) Análisis de las operaciones externas, explorando el impacto de posterior a la producción de residuos, 4) Acordar acciones

que se van a implementar, 5) Programación del plan de trabajo. WASAN utiliza principios de investigación de operaciones (IO), estructuración de problemas, sistemas lean, simulación y modelado (Shaw D., & Blundell N., 2010).

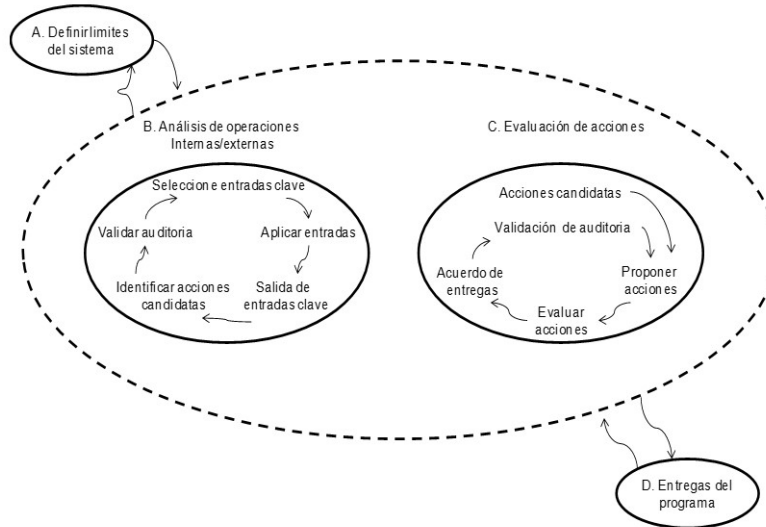


Figura 4. Metodología WASAN (Shaw D., & Blundell N., 2010)

Modelo de Gestión de Residuos

La metodología de gestión de residuos que se muestra en la Figura 5 es un modelo que permite comprender que el tratamiento que se le debe dar a los residuos. Inicialmente se debe contemplar en el diseño del producto la prevención, si la prevención no fuese posible se buscaría la minimización de los desperdicios,

si la reducción resulta poco efectiva hay que pensar en la reutilización del remanente, en caso de que no sean posible ninguna de estas estrategias se deberá recurrir al reciclado de los materiales, y en casos extremos a recuperar la energía del producto o en última instancia al confinamiento de los desechos (Kurdve M., et al., 2015).

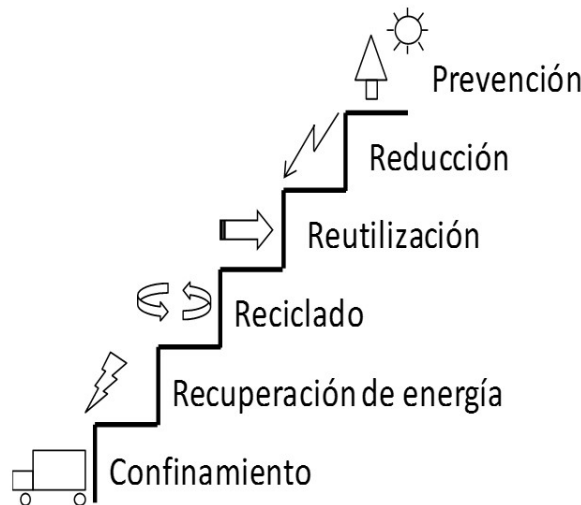


Figura 5. Metodología de gestión de residuos (Kurdve M., et al., 2015)

Las estrategias lean se han desarrollado para eliminar desperdicio y mejorar la eficiencia operacional en los procesos de fabricación. La metodología de estrategias lean permite seleccionar las estrategias adecuadas para la minimización de los desperdicios en función

de los recursos de la empresa. En la Figura 6 se muestra este modelo matemático que fue desarrollado paso a paso para cuantificar la reducción del desperdicio a partir de las restricciones de tiempo en el proceso (Amin Md, Al., Karim M. A., 2013).

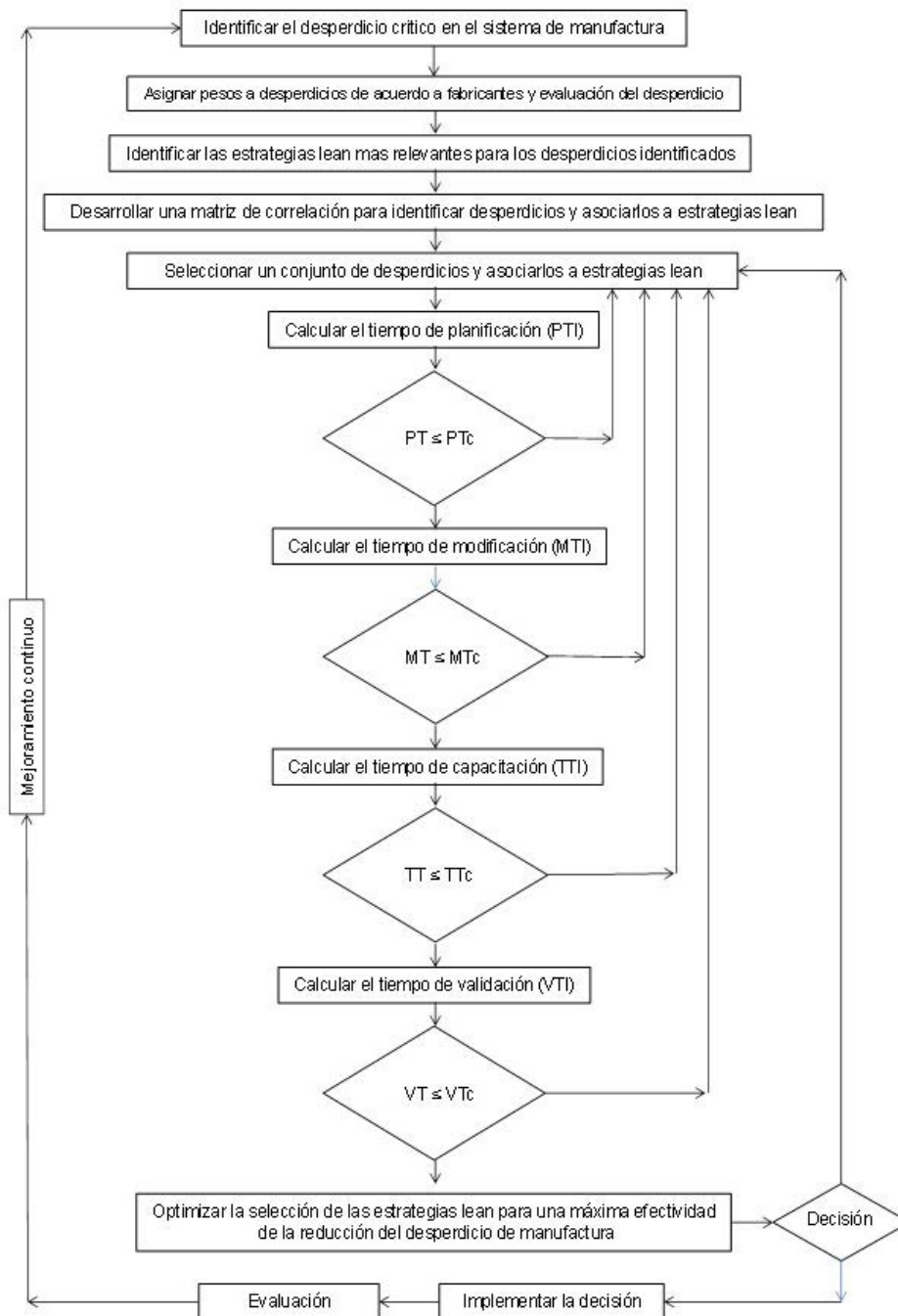


Figura 6. Metodología de estrategias Lean proceso (Amin Md, Al., Karim M. A., 2013)

Optimización Numérica

La reducción de los desperdicios es una prioridad durante el desarrollo de nuevos productos especialmente para procesos de inyección de partes en donde los acabados, los tiempos de producción y los costos de manufactura juegan un papel importante. En la Figura 7 se

presenta el modelo de optimización numérica que emplea las herramientas de la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) para permitir la fabricación de partes maximizando la reducción de los desperdicios e incrementando la calidad de los productos (Studer M., Ehrig F., 2015).

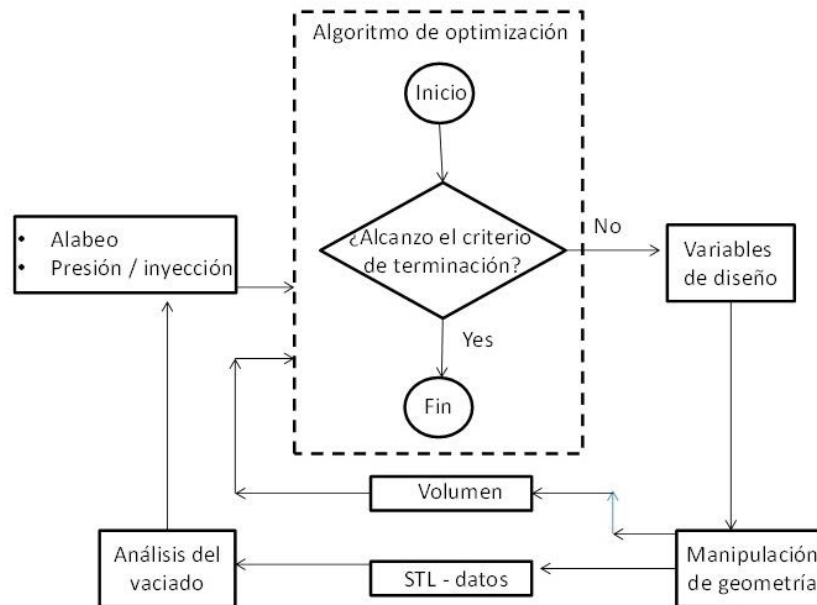


Figura 7. Metodología de optimización numérica (Studer M., Ehrig F., 2015)

Lean Manufacturing

Para incrementar la productividad de las empresas es necesario la reducción de los desperdicios en la manufactura. Las estrategias Lean son un método para la minimización de estos desperdicios, la reducción de costos y la adición de valor en los productos. De acuerdo

a la Figura 8 esta metodología se compone de cinco principios básicos: 1) Identificar valor, 2) Mapear la cadena de valor, 3) Crear el flujo, 4) Establecer el proceso Pull, 5) Buscar la perfección. Los sistemas Lean permiten obtener procesos esbeltos y altamente productivos (Karthikadevi M., 2014).

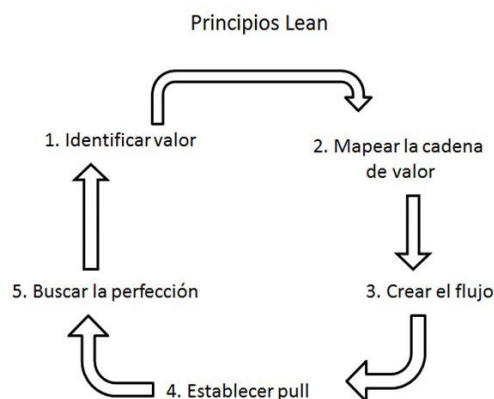


Figura 8. Metodología Lean Manufacturing (Karthikadevi M., 2014)

Pollution Balance

La metodología Pollution Balance que se aprecia en la Figura 9 se basa en una ecuación de balance de contaminación genérica y que ha sido desarrollada para minimizar el desperdicio en los procesos de manufactura. Se define un índice de contaminación por unidad de masa

o producto y ha sido introducido para proveer una medición cuantitativa de la generación del desperdicio en el proceso. Este modelo está provisto de un algoritmo matemático que facilita la toma de decisiones para la minimización de los desperdicios en la planta (Ahmad K. H., Subhas K. S., 1994).

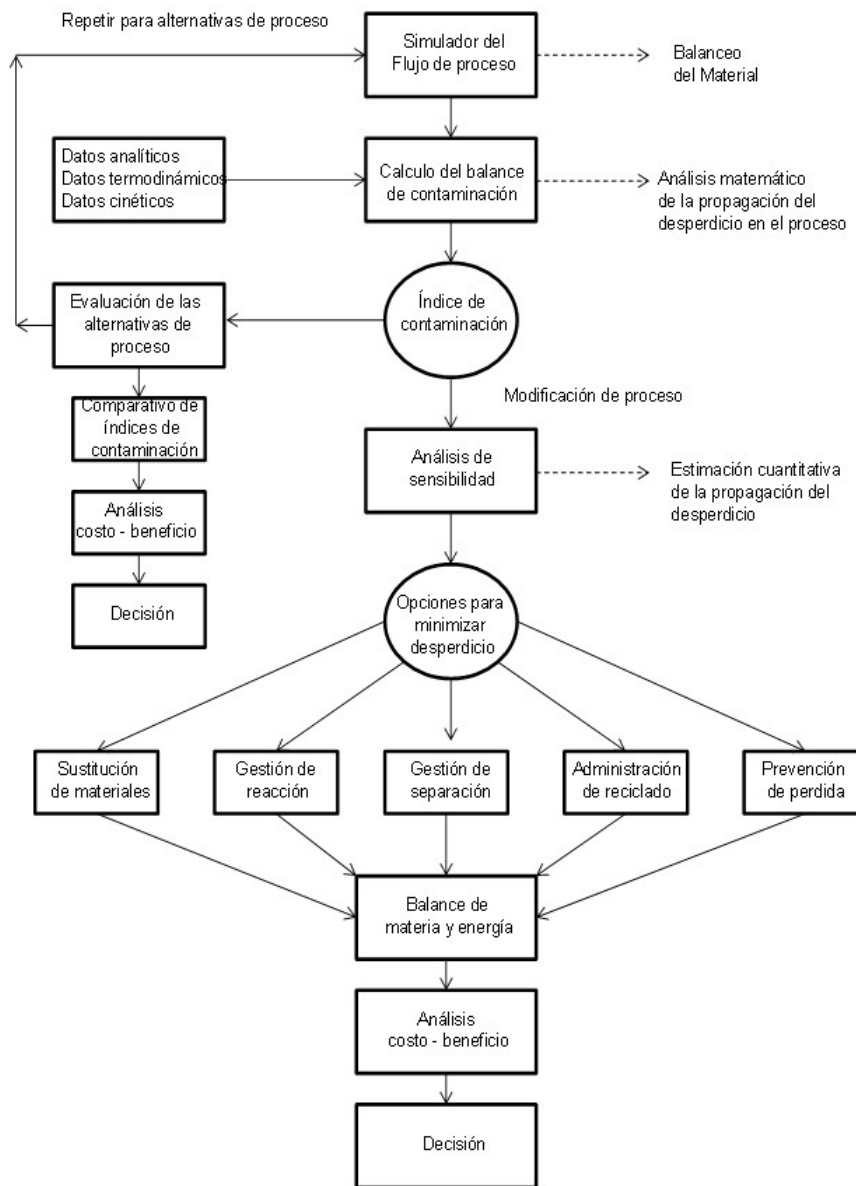


Figura 9. Metodología pollution balance (Ahmad K. H., Subhas K. S., 1994)

Printing Industries of America

Printing Industries of America (PIA) ofrece diez puntos encaminados hacia la reducción de los desperdicios (AEBN., 2003): 1) Empleo de Interfaces o contadores de máquina, 2) Compra de tecnología de punta, 3) Mejorar la administración del color, 4) Cultura de conciencia hacia todos los niveles operativos, 5) Calidad de los materiales, 6) Calidad de las planchas de impresión, 7) Verificar el tack de la tinta, 8) Examine siempre el papel, 9) Cuide las caras y aristas del papel, 10) Compare sus experiencias (AEBN., 2003).

Metodología Win War Waste (3W)

Doce son las etapas que integran la metodología Win War Waste, la metodología 3W (Win War Waste) a diferencia de las dieciséis metodologías analizadas con anterioridad, integra todas las componentes necesarias para conformar un sistema eficaz para la reducción de los desperdicios industriales, estas componentes son: innovación, eficiencia, liderazgo, modernización y estrategia. La metodología 3W contempla un elemento fundamental para el éxito de sus resultados en el corto plazo, esta componente es un factor poco atendida por las restantes dieciséis metodologías y se trata de un elemento poco cuantificable pero sumamente importante. La concientización del personal operativo y administrativo de la planta.

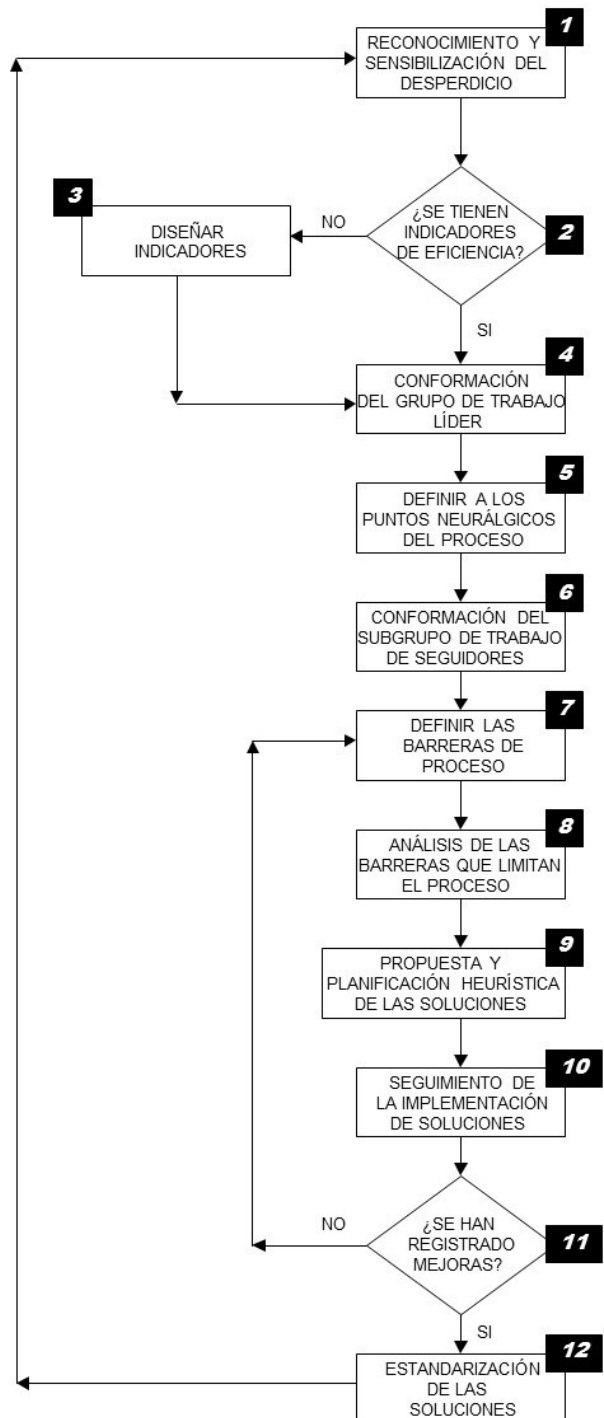


Figura 10. La Metodología 3W (Munive, 2022)

Materiales y Métodos

Comparativo de las metodologías de reducción de los desperdicios

En la Tabla 1 y de acuerdo con la información anterior se analizaron estas dieciséis metodo-

logías y se pudo comprobar que los factores presentes en cada una de estas son: La innovación, La eficiencia, El liderazgo, La modernización y La estrategia. En el siguiente cuadro se puede apreciar el comparativo de estos modelos en función de los cinco factores potenciales de éxito.

Metodología	Innovación	Eficiencia	Liderazgo	Modernizar	Estrategia
Crittenden & Kolaczowski		◆	◆		◆
Agencia del medio ambiente		◆	◆		◆
Metodología DuPont		◆			◆
OLCAP	◆	◆	◆		
Reyes, Sharratt y Arizmendi		◆	◆		◆
Halim y Srinivasan	◆	◆	◆		
Conservación Ambiental de Tennessee		◆	◆		◆
Protección ambiental de la Florida		◆	◆		◆
Seis Sigma (6σ)		◆	◆		◆
La metodología WASAN		◆			◆
Modelo de Gestión de Residuos		◆			◆
Estrategias Lean	◆			◆	◆
Optimización Numérica		◆		◆	◆
Lean Manufacturing	◆	◆	◆		◆
Pollution Balance	◆	◆		◆	◆
PIA		◆	◆		◆
3W	◆	◆	◆	◆	◆

Tabla 1. Análisis de las Metodologías de Reducción de Desperdicios Industriales
(Elaboración propia, 2022)

Del cuadro comparativo de las metodologías para la reducción de los desperdicios se puede apreciar que el 93.75% de estas busca eficientar sus procesos; para dar cumplimiento a sus objetivos el 87.5% traza una estrategia bien definida; y que el 62.5% se mueve a través de un liderazgo participativo; en donde el 31.25%

utiliza la innovación como herramienta de cambio; y que finalmente solo el 18.75% apuesta por la modernización de sus operaciones.

Es claro que los tres componentes: liderazgo, estrategia y eficiencia son elementos fundamentales para toda propuesta que persiga

la reducción de los desperdicios. Sin embargo se están dejando de utilizar en la mayoría de las metodologías dos aspectos clave: la innovación y la modernización. Entre estos dos aspectos, es decir un liderazgo-estratégico-operacional y heurístico-tecnológico existe otra componente sencilla pero no muy clara en todas estas metodologías, “*La concientización*” que destaca como requisito indispensable para conducir toda campaña de reducción de los desperdicios industriales.

Conclusiones

El trabajo de investigación aquí presentado deja una clara evidencia de que la empresa del siglo XXI no puede ser gestionada tan solo con las herramientas convencionales para maximizar su productividad. Las organizaciones de esta era deben ser concebidas como entidades pensantes, innovadoras y detonadoras de capacidades de todos los actores que intervienen en ella (stakeholders). Si bien es cierto que la modernización tecnológica busca por todos los medios automatizar los procesos industriales a través de IoT, CIM, IA, Industria 6.0 etc; debe comprenderse que el motor fundamental de toda compañía es y seguirá siendo el recurso humano. La investigación aquí presentada demuestra los cinco pilares fundamentales del éxito productivo de una empresa: Modernización, Innovación, Eficiencia Operacional, Liderazgo y Estrategia.

Referencias

Ahmad K. H., Subhas K. S., 1994. Pollution Balance: A New Methodology for Minimizing Waste Production in Manufacturing Processes. Environmental

Protection Agency. Journal of Air & Waste Management Association 44 (1), 1303-138.

Amin Md, Al., Karim M. A., 2013. A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations. International Journal of Production Research 51 (4) 15, 1146–1167.

Australian environment business network., 2003. Waste reduction in the printing industry- Project report. AEBN 1 (2), 1-45.

Azapagic A., Clift R., 1999. The application of life cycle assessment to process optimization. Computers and Chemical Engineering 23 (1), 1509-1526.

Crittenden, B., Kolaczowski, S., 1995. Waste minimization a practical guide. Institution of chemical. United Kingdom engineers.

EPA., 1990. Environmental protection act 1990. RRC Health & Safety Law & Case Law Guide UK Section 75 1 (1), 160-167.

Florida Department of Environmental Protection, (2006). Guide to prepare a waste reduction plan. FDEP & LQGs, 1 (1), 1-38.

Halim I., Srinivasan R., 2006. Systematic waste minimization in chemical processes. Batch operations. Industrial and Engineering Chemistry Research 45 (1), 4693-4705.

Karthikadevi M., 2014. Lean Based Manufacturing to Increase the Productivity, Quality and reduce waste of Textile Industries. SSRG International Journal of Industrial Engineering (SSRG-IJIE) 1 (1), 20-23.

- Kurdve M., et al., 2015. Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. *Journal of Cleaner Production* 98 (2015), 304-315.
- Morato J. S., 2009. Reduction of electric energy expenditure using six sigma. *Producción + Limpia*, Case report, 4 (2), 90-102.
- Mulholland K. L., Dyer J. A., 2001. Process analysis via waste minimization: using DuPont's methodology to identify process improvement opportunities. *Environ. Prog.* 20 (2), 75-79.
- Reyes C. A., et. al. 2008. Contribution of knowledge management for the implementation of waste minimization measures into process industries. *Process Safety and Environment Protection* 86 (1), 375 – 388.
- Shaw D., Blundell N., 2010. WASAN: The development of a facilitated methodology for structuring a waste minimisation problem. *European Journal of Operational Research* 207 (2010), 350–362.
- Studer M., Ehrig F., 2015. Numerical shape optimization as an approach to reduce material waste in injection molding. *Int J Adv Manuf Technol* 78, 1557–1571.
- Tennessee Department of Environment and Conservation. (1999). Writing a waste reduction plan. The University of Tennessee Center for Industrial Services (CIS), 1 (1), 1-52.

“Análisis económico salarial en el ramo textil del estado de Tlaxcala”

Salary economic analysis in the textile sector of the state of Tlaxcala.

¹Rogelio A. Sánchez Cortés, ² Nelly Flores Luján, ³ Gloria Ramírez Elías,

⁴Luis Corona Velázquez, ⁵ José Luis Moreno Rivera,

¹rogelios_@prodigy.net.mx, ² angelne87@hotmail.com, ³ glory1708@hotmail.com, ⁴lcoronav@gmail.com, ⁵ moreno_rivera@hotmail.com,

Facultad de Ciencias Económico – Administrativas

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Fecha de recepción: 21 abril 2023

Fecha de aceptación : 19 de junio 2023

Resumen

Es importante de acuerdo con algunos criterios, llevar un análisis económico de cualquier empresa para solventar su factibilidad, en este caso se habla de la zona centro del Estado de Tlaxcala en el ramo textil, esto es, con la finalidad de identificar los estándares en lo que se encuentran las empresas así como de identificar las probables fallas en los que se puedan incurrir los factores externos económicos y desde el punto de vista se debe resaltar la situación con relación a los sueldos y salarios así como las prestaciones derivadas de los trabajadores, no obstante hay otros elementos que inciden necesariamente en la economía de una empresa como puede ser el costo de la materia prima, la venta de productos terminados etc., pero es importante resaltar un factor económico en el entorno de los sueldos y salarios.

Palabras claves: sueldos, salarios, economía y empresa.

Abstract

It is important, according to some criteria, to carry out an economic analysis of any company to solve its feasibility, in this case we are talking about the central zone of the State of Tlaxcala in the textile field, that is, with the purpose of identifying the standards in what that the companies find themselves as well as to identify the probable failures in which the external economic factors may be incurred and from the point of view the situation in relation to wages and salaries as well as

the benefits derived from the workers should be highlighted, not However, there are other elements that necessarily affect the economy of a company, such as the cost of raw materials, the sale of finished products, etc., but it is important to highlight an economic factor in the environment of wages and salaries.

Keywords: wages, salaries, economy and business.

Introducción

Es importante poder hablar de los antecedentes económicos de la producción textil en el Estado de Tlaxcala esto inicia mas o menos en el año 1876 al 1901, donde la producción como en estos días era artesanal y familiar, pero con la conexión de las vías férreas se le da un auge más importante a la distribución de la producción, de acuerdo a ello, es importante resaltar que la mayoría de los diseños textiles en el Estado, hablando de entidades como Santa Ana Chiautempan, San Pablo Apetatitlán y comunidades circunvecinas van evolucionando ya que son totalmente característicos de estas regiones debido a ello, así como por la demanda y la oferta de esta producción se instala en Tlaxcala las primeras fábricas textiles en los años 1890 y 1910, cabe resaltar que esta evolución tuvo lugar al auge que empezó a llevarse a cabo en el Estado de Puebla, en esta área productiva donde aprovechando la estructura de las Haciendas, estas se adaptan a la producción textil, pero en las regiones ya citadas surge la creatividad de los artesanos siendo novedosas y se genera demanda en el mercado, debido a ello es importante tomar en consideración que toda la producción surge a razón de telares que estos son por lo regular artesanales y contruidos de madera, sin en cambio al existir la producción industrial los telares se generan como máquinas de producción, cabe resaltar que entre los años 1960 y 1970 las empresas textiles fueron cerradas por cuestiones sociales y

de sistematización pero fueron la pauta para el desarrollo y elevación de la producción de forma individual, artesanal y familiar, adaptándose a la idea de generar talles domésticos textiles, con esto se mantuvo la coexistencia de esta área productiva generando una serie de modismos propios tomando en consideración que estas comunidades se rigen por lo que se llama usos y costumbres y debió a ello se va generando una serie de costumbres que inciden directamente tanto en la producción como en la calidad de lo producido tal es el hecho de los salarios estos tienen por costumbre una cantidad fija que no se sujeta a un derecho escalafonario sino a la costumbre, cabe señalar que subsiste la lealtad patronal y a su vez los puestos de trabajo se van heredado de padres a hijos tomando en cuenta estos argumentos generaremos los contextos de orden legal y contractual que subsisten.

Desarrollo

Riesgos de trabajo en la industria textil

La industria textil incluye operaciones de tejido, confección, tinte, acabado de fibras, etc. Cada una de estas tiene sus propios riesgos, aunque destacan: la exposición a sustancias químicas, particularmente en los procesos de tinte, la exposición a polvo de algodón u otras fibras orgánicas, la exigencia musculoesquelética, y la exposición al ruido, dentro de los principales riesgos del textil y confección se encuentran:

Riesgos de Seguridad

- Lesiones por trabajo con herramientas y equipos, (hojas de cuchilla, máquinas planchadoras, ple-gadoras, cortadoras, máquinas de coser, remalla-doras...).
- Atrapamientos, cortes, amputaciones, pinchazos, aplastamientos, golpes, quemaduras.
- Riesgo de incendio debido al material con el que se trabaja. (resinas de espuma para forros y relle-nos, fibras de muy diversa composición, materia-les inflamables almacenados).
- Golpes por caídas al mismo nivel.
- Desorden e inadecuación de pasillos, y lugares de paso.
- Golpes por transporte y manipulación de mer-cancías (materia prima, producto terminado).
- Golpes por caída de objetos especialmente en lugares y zonas de almacenamiento, y de herra-mientas de trabajo.

Riesgos de tipo Químico

- Exposición a gases que emanan de plásticos ca-lientes, polvos metálicos y vapores (sobre todo de plomo), tratamiento de tejidos, acabado (for-maldehído), polvo de pieles, polvo de lana, algo-dón y otras fibras, disolventes como la dimetifor-mamida, tintes y pigmentos.
- Asma, rinitis, dermatitis de contacto e irritativa, síntomas de irritación en ojos, nariz y garganta, cáncer de pulmón, nasofaríngeo y de vejiga.
- Productos de limpieza, desinfección.

Riesgos de tipo Físico

- Malas condiciones de refrigeración, calefacción y alumbrado.
- Ruido.
- Exposición a campos electromagnéticos genera-dos por los motores de las máquinas de coser.

Riesgos Ergonómicos, Psicosociales

y de Organización del trabajo

- Condiciones generales en el entorno de trabajo (remuneración a destajo y frecuentes sistemas de producción en cadena)
- Tareas monótonas y repetitivas, ciclos cortos.
- Patologías esqueleto musculares, especialmente de miembro superior.
- Posturas forzadas y mantenidas durante largos periodos.
- Alteraciones columna vertebral (especialmente cervical).
- Uso repetitivo de pedales.
- Subcontratación, turnos.

Sueldos y salarios promedio

en Tlaxcala de la Industria Textil.

El sueldo mensual promedio de la Industria Tex-til de Tlaxcala va desde los \$6,400 mensuales como Ayudante textil a los \$10,000 mensuales como Obrero clase /A.

Bajo este criterio se determina esencialmente que por los antecedentes ya citados existe un sistema de reclutamiento que le podíamos lla-mar “a modo” de igual forma cabe señal que no existe un análisis de valuación de puestos y los salarios, son señalados por costumbre por ello es importante establecer que en el caso de los talleres artesanales existe un pago se-manal que puede llamar “destajo” en algunos casos y en otros por día, insistiendo en la no sistematización de estos por ello y en base a lo ya citado con anterioridad el pago nominal es coherente con la venta de lo producido y ob-teniendo con ello un margen de utilidad, bajo este contexto se puede hablar de una serie de prestaciones que en algunos casos estos tall-eres otorgan a sus trabajadores para hacerlo mas comprensible se habla de talleres, person-

al sindicalizado y personal no sindicalizado es importante recalcar que cuando se refiere al personal sindicalizado se habla de empresas y personal no sindicalizado se habla de empresas no sujetas a obligaciones una vez aclarado este contexto se cita que en los talleres se dan las prestaciones mínimas de ley como puede ser aguinaldo, y algún otro incentivo económico por productividad, por lo contrario en el caso de personal sindicalizado se dice que preside todas las prestaciones que previamente se hayan pactado en el contrato colectivo incluyendo aquí la seguridad social por otra parte en el caso de los trabajadores no sindicalizados, estos en algunos casos serán beneficiados con la seguridad social y prestaciones que a criterio del patrón podrán otorgarse de esto como ya se ha citado se genera por la lealtad patronal debido a ello se habla de un tabulador salarial que se considera fijo, sin olvidar a los trabajadores de confianza que también representan una gran variante en salarios y prestaciones, debido a ello una situación interesante que se presentó se refiere a los preceptos de Ley nos dicen que la jornada de trabajo consta de 8 horas con sus variantes siendo matutina, vespertina y nocturna pues este caso para esta modalidad de trabajo se genera un 4to turno un tanto complicado para detallarlo de forma expresa pero trata de hacer un máximo esfuerzo y constata de lo siguiente.

Una parte interesante que se nota son las jornadas laborales, pues las mismas son de ocho horas y media diarias, incluyendo treinta minutos de almuerzo, un punto focal que llamó la atención pues rebasa los máximos de ley señalados en el artículo 61 de LFDT “La duración máxima de la jornada será: ocho horas la diurna, siete la nocturna y siete horas y media la mixta”. No obstante, indagando más en la

empresa, se comprende que esto se debía a una forma de organización que tenían hasta hace tres años cuando las necesidades de producción eran mayores, la cual consistía en la implementación de un cuarto turno rotativo:

- El primer turno entraba el lunes de 7:00 am a 3:00 pm, trabajando seis días, es decir, lunes a sábado siendo su día de descanso domingo.
- El segundo turno entraba el domingo temprano de 7:00 am a 3:00 pm, pero a partir del lunes el horario cambiaba de 3:00 pm a 11:00 pm, laborando cuatro días, hasta jueves, por ende, contaba con dos días de descanso: viernes y sábado.
- El tercer turno entraba el viernes, trabajando tres días de 3:00 am a 11:00 pm hasta domingo, su horario cambiaba a partir del lunes y martes de 11:00 pm a 7:00 am, teniendo dos días de descanso: miércoles y jueves,
- El cuarto turno entraba el miércoles de 11:00 pm a 7:00 am trabajando 5 días y descansando lunes y martes.

Se descubre que este rol de cuatro turnos se utiliza para no hacer uso excesivo del tiempo extra y evitar a su vez evitar el desgaste físico del personal, lo cual les generaba una eficiencia del 120% otras empresas, la cual maneja hornos que no se pueden apagar, usan este método de organización.

Como resultado de estos turnos rotativos, aunque trabajan media hora más de lunes a viernes, el sábado solo trabajan de 7:00 am a 12:00 pm, cinco horas, más dos horas y media correspondientes del lunes a viernes, nos dan un total de siete horas y media, esto incluso se mantiene en un acuerdo sindical. Lo cual parece muy interesante ya que de alguna manera permite al trabajador disfrutar de mejor manera los fines de semana, es preciso mencionar que esta manera

incluso libera de alguna forma al empleado en su último día de trabajo semanal que es cuando normalmente ya acuden más cansados.

Conclusión

Al terminar el presente análisis de información se observa que la empresa tiene un control de sus trabajadores y está dividido tanto trabajadores de confianza como trabajadores sindicalizados, también se da a conocer que aunque los trabajadores tengan varios años no varía su salario con los que llevan poco y esto se debe que así como se ha visto en el gobierno actual se maneja casi el mismo salario para los trabajadores sindicalizados a comparación de los trabajadores de confianza, se observa que ambos trabajadores o grupo tiene todas las prestaciones sin distinción, se puede dar cuenta que tanto los trabajadores sindicalizados tanto los de confianza expresan que no hay manera de subir de puestos algunos, que el ambiente es regular por ciertos compañeros y así también se observa que es muy poco probable que haya riesgos de trabajo por la demanda del trabajo solo en una ciertas parte de la empresa se puede dar más que en otros. También se observa que las personas saben muy poco sobre si es bueno o si realmente es valorado el trabajo que ellos realizan, así como que en ciertas preguntas no sabían que era o significa y le da un contexto de lo que era para así poder orientar en ciertas cosas. También se da a conocer que hay sanciones administrativas si no se justifican las faltas ya que la empresa les da una flexibilidad siempre y cuando la justificación sea por el sector de salud público y no privado y en caso de no ser así se hace una sanción administrativa, al igual se conocer que la empresa cuenta con adiestramientos para cualquier situación tanto de salud

o accidente siempre y cuando no sea grave y por último, se observa la importancia de la jerarquía de los puestos.

Referencias

- De La Defensa Del Trabajo, P. F. (n.d.). Jornadas de trabajo. gob.mx. <https://www.gob.mx/profedet/es/articulos/jornada-de-trabajo?idiom=es>
- Riesgos de trabajo en México: todo lo que debes saber. (n.d.).
- México, L. E. (2021). LAMOSA PORCEL. Las Empresas México.
- México – Prevención de Riesgos Laborales – CEOE. (n.d.). <https://prl.ceoe.es/informacion/prl-en-el-mundo/mexico/>
- Luis. (2022). ¿Qué provoca un mal clima laboral? EthicsGlobal.
- TrackingTime. (2022). 10 tipos de Reconocimiento y Recompensas de Empleados para tu Equipo. TrackingTime. <https://trackingtime.co/es/buenas-practicas/10-tipos-de-reconocimiento-de-empleados-para-tu-equipo.html>
- Sarmiento, A. (2023, March 28). Esta es la razón por la que tanta gente está harta de su trabajo. Business Insider México | Noticias Pensadas Para Ti.
- Mercado, H. A. (2007). Diseño de un modelo para el desarrollo productivo de la cadena textil-confección. (Tesis de maestría,

Universidad del Norte). Recuperado de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/10584/90/1/8746547.pdf>

Vargas, T. (2022, December 1). ¿En qué consiste el cuarto turno de trabajo?

Ley Federal de Trabajo, (actualizada) editorial: Impresiones y acabados Editoriales Capuchinas, 382, Col. Nueva Evolución Cd. Netzahualcóyotl, Estado de México.

Diagnóstico para la mejora en el proceso de gestión documental en el área de visas en un corporativo nacional

Diagnosis for improvement in the document management process in the visa area in a national corporate

*Lia Sarai Meneses Barbosa, Linda Marin Barrera, Ma. Agustina Acela Dávila Jiménez,
Rosa Cortés Aguirre, José Adrián Trevera Juárez, Jorge Luis Castañeda Gutiérrez
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco
Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala*

liameneses29@gmail.com

Fecha de recepción: 11 de febrero 2023

Fecha de aceptación : 15 de junio 2023

Resumen

El presente artículo tiene como finalidad exponer información relevante, conceptos, herramientas, importancia, etc., acerca del papel que juega el análisis diagnóstico dentro de las organizaciones que gestionan documentación y que con regularidad se enfocan en el área de servicios, como lo son los corporativos encaminados al trámite de visa tipo turista a Estados Unidos; esto con la intención de medir y encontrar las áreas de oportunidad durante el proceso documental de este tipo de empresas y buscar la mejora continua que traiga consigo beneficios para el proceso y el cliente.

Palabras clave: diagnóstico, mejora, gestión documental, corporativo,
visa para Estados Unidos

Abstract

The purpose of this article is to expose relevant information, concepts, tools, importance, etc., about the role played by diagnostic analysis within organizations that manage documentation and regularly focus on the service area, such as corporate ones aimed at processing a tourist visa to the United States; this with the intention of measuring and finding areas of opportunity during the documentary process of this type of companies and seeking continuous improvement that brings benefits for the process and the client.

Keywords: diagnostic, document management, corporate, United States visa

Diagnóstico

De acuerdo con Luna, A. (2014), diagnóstico es el proceso de investigar cómo funciona la empresa en el presente y obtener información precisa para planear las intervenciones del cambio. El diagnóstico de la empresa también se entiende como la conclusión del estudio de investigación de la situación real de la compañía, que detectan alteraciones negativas, como las debilidades y amenazas, que serán la base para planear el cambio y perfeccionar el funcionamiento. Cuando se detecta que la empresa tiene problemas, se investigan las causas en las que interviene el capital humano según su responsabilidad correspondiente; se reúne información precisa además de que se analiza y obtienen conclusiones para planear las acciones y ponerlas en práctica para una mejora continua.

De acuerdo con Bravo, L., Valenzuela, A., Ramos, P. y Tejeda, A. (2019). La importancia radica en que si es elaborado sistemáticamente, abordando todos sus componentes, se convierte en estrategia fundamental para el logro de los objetivos empresariales, evitando improvisaciones y asegurando la rentabilidad, posicionamiento y competitividad de la empresa.

Portugal, V. (2017) clasifica el diagnóstico empresarial en cuatro grupos que se diferencian por la función de sus características y aplicaciones como se muestra a continuación.

- Diagnóstico integral. Está conformado por la aplicabilidad de variables empresariales, se conocen las oportunidades debilidades, fortalezas y las amenazas de la empresa, y la evaluación de variables empresariales mediante un análisis.
- Diagnóstico específico. Permite la supervisión de procesos específicos en concreto, estudiando

diferentes aspectos de: estados financieros, procesos de mercadeo, gestión producción de la empresa.

- Diagnóstico funcional. Permite establecer los factores incidentes en la comunicación organizacional en los diversos ámbitos productivos y sociales, por lo que mediante el uso de herramientas como: cuestionarios, entrevistas, análisis grupal, etc., establece los mecanismos de comunicación generales.
- Diagnóstico cultural. Reconoce el clima organizacional en función de los principios y valores compartidos por los integrantes de la organización, en donde existen factores sociales, espirituales, materiales y estructurales que definen el comportamiento organizacional, este tipo de diagnóstico utiliza herramientas como: entrevistas, cuestionarios, entre otras.

Luna, A. (2014) menciona que aprovechar de manera efectiva las potencialidades de crecimiento y desarrollo de una empresa se fundamenta en el conocimiento preciso de sus puntos fuertes y débiles, además de sus oportunidades y amenazas; de ahí la importancia de que en forma planeada se realice un diagnóstico estratégico integral de la empresa.

Determinar la situación actual de una empresa y su desempeño requiere simultáneamente identificar los factores más importantes que dieron lugar a su estado actual. Determinar el estado actual de la firma e identificar los factores que lo causan van de la mano, ambos son importantes, ya que en el mundo de los negocios no existen empresas perfectas, y por el contrario todas adolecen de ciertas imperfecciones (unas más que otras), por lo que todas pueden mejorar su desempeño. La identificación de los factores

más importantes que perjudican el desempeño actual, permite su corrección. Asimismo, la identificación de aquellos otros factores favorables permite su aprovechamiento para tomar ventaja de ellos (Montalvo, O., 2010).

Lawler, Nadler y Camman (1980) argumentan que en la búsqueda de la eficiencia organizacional se hace necesario contar con tres tipos de herramientas:

1. Herramientas conceptuales. Se requiere contar con conceptos y teorías que permitan entender cómo funcionan las organizaciones.
2. Técnicas y procesos de medición. Se necesita un instrumental de medición que ayude a la recolección de datos acerca del funcionamiento organizacional.
3. Tecnologías de cambio. Aplicar métodos y procesos específicos para cambiar pautas de comportamiento, mejorando así la eficiencia (Rodríguez, D., 2015).

Hoy en día existe una gran variedad de herramientas que funcionan para el análisis de la situación en la que se encuentran los procesos dentro de una organización dependiendo la problemática que se quiera atacar, a continuación se exponen solo algunas de las que se consideran bastante útiles.

- Mapeo de la cadena de valor o VSM (Value Stream Mapping). Permite identificar oportunidades continuas de aumentar el valor, eliminar el desperdicio y mejorar el flujo. El propósito de la proyección consiste en ayudar al equipo gerencial a visualizar y comunicar no solo como la empresa está trabajando, sino también como debería hacerlo en el futuro para influir en el costo, el servicio y la calidad de sus productos y servicios. De

hecho, los mapas del flujo de valor son las herramientas esenciales que permiten y facilitan la administración de los flujos. Una vez que la compañía acepte el diseño del mapa, está lista para aplicar las herramientas y técnicas apropiadas que le permitan mejorar el desempeño de todo el grupo de valor. (Keyte, B., y Loncher, D., 2014).

- FODA (fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas). Una de las herramientas más utilizadas para el análisis de una organización es la matriz FODA, la cual según Portugal, V., (2017), es una herramienta para análisis estratégico de la empresa, la cual permite analizar diversos elementos tanto internos como externos de programas y proyectos. Se representa a través que una matriz que permite analizar la situación competitiva de una empresa, utilizando las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Dicha herramienta examina la iteración de las características internas de la empresa con los factores externos con los que compete.

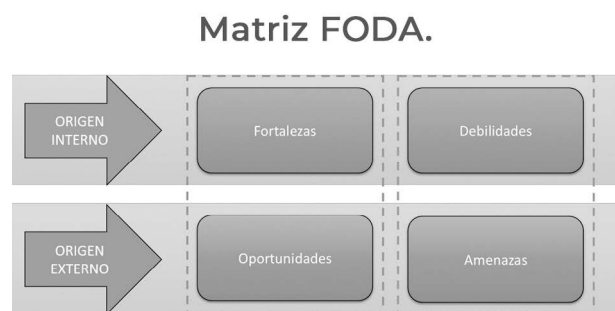


Figura: Foda. (Fuente: Portugal, V., 2017)

Mejora

De acuerdo con la real academia de la lengua (2021), mejorar es acrecentar algo, haciéndolo pasar a un estado mejor.

Una vez que se determina la prioridad de mejoramiento, se debe considerar el enfoque o estrategia a seguir del proceso, las cuales clasifican como mejoramiento drástico y mejora continua.

El mejoramiento drástico (o mejoramiento de innovación) es aquel que el principal móvil de mejora es un cambio básico importante en la forma de trabajar de la operación, por ejemplo: la introducción de maquinaria nueva; se puede decir que es un impacto abrupto que representa un cambio escalonado en la práctica y casi siempre se requiere de una inversión alta. Por otra parte, la mejora continua adopta un enfoque para mejorar el desempeño en más pasos incrementales y más pequeños. Los autores señalan que la mejora continua no se ocupa de promover las pequeñas mejoras, pero si considera que las pequeñas mejoras tienen una ventaja significativa sobre las grandes; la tasa de mejoramiento no es lo importante, si no el momento del mejoramiento, no importa si las mejoras sucesivas son pequeñas, lo importante es que cada determinado periodo se lleve a cabo algún tipo de mejora (Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., y Johnston, R., 1999).

La mejora continua también es comúnmente conocida como Kaizen, la cual, de acuerdo con Masaaki, I. (1989) lo define como mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social y de trabajo, en la que en la última se involucra a todos los miembros del proceso (gerentes y trabajadores) por igual.

Una organización que desea mejorar un área de oportunidad debe implicar los siguientes aspectos que serán de gran utilidad para el perfeccionamiento de sus procesos:

1. Considerar que todo el trabajo es un proceso, ya sea que se asocie con la producción o

- con actividades comerciales
2. Hacer que todos los procesos sean efectivos, eficientes y adaptables.
3. Anticiparse a las necesidades cambiantes de los clientes
4. Controlar el desempeño en el proceso, adoptando medidas como reducción de desperdicios, del tiempo de ciclo, gráficas de control, etc.
5. Mantener una insatisfacción constructiva con el grado de desempeño actual.
6. Eliminar los desperdicios y reprocesamiento donde se presenten
7. Investigar qué actividades no agregan valor al producto o servicio para tratar de eliminarlas
8. Eliminar las no conformidades en todas las fases del trabajo de cada persona, aun cuando la mejoría sea pequeña
9. Aplicar benchmarking para incrementar la ventaja competitiva.
10. Innovar para lograr grandes avances
11. Conservar los avances para que no haya regresión
12. Incorporar, en las actividades futuras, las lecciones aprendidas
13. Usar métodos técnicos, como por ejemplo control estadístico de proceso, diseño experimental, benchmarking, despliegue de la función de la calidad, etc. (Besterfield, D., 2009).

El plan de mejora es un proceso que se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para así obtener resultados eficientes y eficaces. El punto clave del plan de mejora es conseguir una relación entre los procesos y el personal generando una sinergia que contribuyan al progreso constante (Proaño, D., Gisbert, V. y Pérez, E., 2017). El plan de mejora consiste en el análisis de las áreas a mejorar, definiendo los problemas a solucionar, y en función de estos estructurar un plan de acción, que esté formado por objetivos,

actividades, responsables e indicadores de gestión que permita evaluar constantemente; para ello, este proceso debe ser alcanzable en un periodo determinado y deberá perseguir los cuatro puntos importantes:

1. Análisis de las posibles causas que han provocado problemas.
2. Propuesta y planificación del plan.
3. Implementación y seguimiento.
4. Evaluación (Proaño, D., Gisbert, V. y Pérez, E., 2017).

Existen diversas metodologías de la calidad para corregir, desarrollar y perfeccionar los procesos de las organizaciones y con ello obtener un beneficio, dentro de éstas resalta el Ciclo Deming o PDCA, el cual según Evans, J. y Lindsay, W. (2008) es una metodología sencilla para mejorar lo que promovió W. Edwards Deming. Originalmente se llamó “ciclo Shewhart” por su creador Walter Shewhart; sin embargo, en 1950 los japoneses cambiaron su nombre por el de ciclo Deming el cual está integrado por cuatro etapas: planear, hacer, verificar y actuar (PDCA, por sus siglas en inglés: Plan, Do, Check, Act). Ciclo Deming o PDCA.

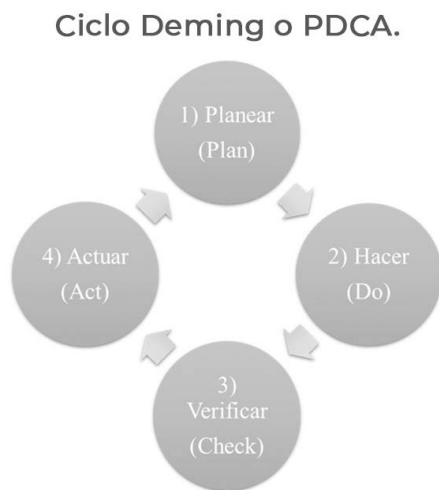


Figura: Ciclo Deming. (Fuente: Evans, J. y Lindsay, W., 2008)

Las etapas de ésta metodología se desarrollan de la siguiente forma:

- 1) Planear. Consiste en estudiar la situación actual y describir el proceso
- 2) Hacer. Se implementa el plan a manera de prueba y los datos adquiridos se recopilan y registran
- 3) Verificar. Determina si el plan tentativo funciona en forma correcta mediante la evaluación de los resultados
- 4) Actuar. Las mejoras se estandarizan y el plan final se implementa y se comunica a toda la organización (Evans, J. y Lindsay, W., 2008).

Las mejoras a implantar pueden ser de dos tipos:

- Mejoras estructurales. Son necesarias cuando el proceso tiene un nivel de funcionamiento muy deficiente en muchos aspectos y no alcanza sus objetivos o cuando el proceso tiene un funcionamiento muy desestructurado, no se siguen procedimientos homogéneos entre las diferentes personas que lo llevan a cabo y no está en situación estabilizada y de control.
- Mejoras funcionales. Son necesarias cuando el proceso tiene un funcionamiento deficiente y no alcanza alguno de sus objetivos de eficacia o eficiencia; por tanto, consisten en que un determinado proceso funcione de manera más eficaz o más eficiente (Camisón, C., Cruz, S. y González, T., 2007).

Una mejora en los procesos no puede ser lograda sin la actuación de una herramienta que permita el logro de los propósitos de la organización. Las herramientas se pueden utilizar dependiendo la etapa y la situación en el plan

de mejora, ya sea para generar u ordenar ideas, recoger resultados, para el conocimiento de los procesos, para el diseño y la gestión de proyectos o para la gestión integral, existe una gran variedad de ellas; sin embargo, solo se mencionaran las más sobresalientes para el control de la calidad.

- Diagrama de flujo
- Hoja de recogida de datos o de verificación
- Histograma
- Diagrama de causa y efecto
- Diagrama de Pareto
- Estratificación
- Diagrama de dispersión o correlación
- Gráfica de control

Gestión documental

Se entiende por gestión documental al conjunto de actividades que permiten coordinar y controlar los aspectos relacionados con creación, recepción, organización, almacenamiento, preservación, acceso y difusión de documentos (Russo, P., 2009).

De acuerdo con Franklin, E. (2009), toda oficina genera y procesa documentos y archivos para comunicar y almacenar información. Debido a este tipo de actividades dentro de las organizaciones, la gestión documental de los archivos en papel y de los electrónicos es clave para homogeneizar y racionalizar el trabajo. De otra forma, su proliferación indiscriminada podría propiciar el entorpecimiento o retraso de las actividades, con la consecuente elevación de costos administrativos y materiales.

La importancia que se le confiera a la gestión documental repercute directamente en la flui-

dez y precisión con la que se puede hacer frente prácticamente a todos los asuntos relacionados con el desarrollo de proyectos, de procesos, de funciones, instalación y operación de sistemas y la definición de procedimientos relacionados con una prestación de servicios o venta de productos eficaces (Franklin, E., 2009).

Llevar una adecuada gestión documental dentro de las organizaciones es de vital importancia, puesto que con ella se traen diversos beneficios que ayudarán a la mejora del proceso productivo.

Por otra parte, existe una norma que regula la gestión documental en las organizaciones, dicha norma es la ISO 30301 la cual pertenece a una serie de normas bajo el título general de Información y documentación. Sistemas de gestión para los documentos, las cuales se desglosan de la siguiente manera:

- ✓ ISO 30300 Información y documentación. Sistemas de gestión para los documentos. Fundamentos y vocabulario. La cual, especifica la terminología para toda la serie de normas, los objetivos y los beneficios de un SGD (Sistema de Gestión Documental).
- ✓ ISO 30301 Información y documentación. Sistemas de gestión para los documentos. Requisitos. La cual, especifica los requisitos para implantar un SGD (Sistema de Gestión Documental). cuando una organización quiere demostrar su habilidad para crear y controlar los documentos de sus actividades durante el tiempo que los necesita (ISO: 30301, 2011).

Dichas normas son creadas por ISO (Organización Internacional de Normalización), la cual es una federación mundial de organismos naciona-

les de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité (ISO: 30301, 2011).

De acuerdo con ISO: 30301 (2011), el éxito de las organizaciones depende en gran medida de la implementación y mantenimiento de un sistema de gestión diseñado para la mejora continua de su desempeño al tiempo que atiende las necesidades de las partes interesadas. Los sistemas de gestión ofrecen una metodología, encaminada a la consecución de las metas de la organización, para la toma de decisiones y la gestión de recursos.

La creación y gestión de documentos es parte integral de las actividades, procesos y sistemas de las organizaciones. La gestión documental hace posible la eficiencia, la rendición de cuentas, la gestión de los riesgos y la continuidad del negocio. También permite a las organizaciones capitalizar el valor de sus recursos de información convirtiéndolos en activos comerciales y de conocimiento, contribuyendo a la preservación de la memoria colectiva, en respuesta a los desafíos del entorno global y digital (ISO: 30301, 2011).

De acuerdo con la norma ISO 30301:2011, las normas de sistemas de gestión (Management System Standards, MSS) ofrecen herramientas para que la alta dirección implemente un enfoque sistemático y verificable en el control de la organización en un entorno que favorezca las buenas prácticas.

Las normas sobre sistemas de gestión preparadas por el ISO/TC 46/SC11 están diseñadas para asistir a organizaciones de todo tipo y tamaño, o a un conjunto de organizaciones con actividades compartidas, en la implementación, operación y mejora de un sistema de gestión para los documentos (SDG) efectivo. El SGD dirige y controla la organización con el propósito de establecer una política y unos objetivos en relación con los documentos y alcanzarlos, utilizando: roles y responsabilidades definidos; procesos sistemáticos; medición y evaluación; y revisión y mejora (ISO: 30301, 2011).

La norma ISO 30301:2019 es un documento que especifica los requisitos a cumplir por un sistema de gestión para los documentos (SGD) con el fin de apoyar a una organización en la consecución de sus fines, misión, estrategia y metas. Trata del desarrollo y la implementación de una política y objetivos de la gestión de documentos y facilita información sobre la medición y seguimiento de sus resultados (ISO: 30301, 2019).

Dicho documento es aplicable a cualquier organización que quiera establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión documental como apoyo de sus actividades; asegurarse a sí misma la conformidad con su política de gestión documental establecida; y demostrar la conformidad con esta norma internacional (ISO: 30301, 2019).

Corporativo

Es muy común mezclar el término de “empresa” con el de “corporación”, por ese motivo es importante aclarar las diferencias entre estos dos términos para tener una idea más clara de que

es un corporativo, entre las diferencias según Jackson, M. (2018) se destacan las siguientes:

- Cargas fiscales. Las corporaciones y las sociedades de responsabilidad limitada tienen reglas distintas con respecto a los impuestos. Las ganancias de una empresa quedan exentas de impuestos de seguro social y medicare. Las de una sociedad de responsabilidad limitada (SRL) están sujetas a la tasa del 15.3% correspondiente al empleo. Sin embargo, en una SRL los propietarios pueden deducir las pérdidas de la empresa de sus ingresos personales, y optar por pagar impuestos como una corporación si lo desean. Las corporaciones no pueden optar por tributar como una empresa.
- Responsabilidad financiera. La responsabilidad financiera por pérdidas y ganancias recae únicamente en los dueños de una empresa. Las ganancias y pérdidas de una corporación se vinculan directamente a la corporación como una entidad en sí misma.
- Propiedad. Un único propietario o un grupo de individuos puede poseer una SRL. Los accionistas, cuyo nivel de participación se corresponda con el porcentaje de acciones compradas, son los dueños de una corporación.
- Diferencias en la gestión. El consejo de administración, elegido por los accionistas, es responsable de la gestión de una corporación. El propietario o grupo de propietarios se encarga de la gestión de una SRL (Jackson, M., 2018).

Una vez especificado lo anterior, se entiende según Westreicher, G. (2020) que la corporación es una persona jurídica, que está sujeta a obligaciones ante la ley, y que es creada por una o más personas físicas o compañías para un determinado fin pudiendo tomar la forma de empresa, organi-

zación no gubernamental, sindicato, gremio u otra asociación, dichas corporaciones suelen estar más asociadas a entidades con fines comerciales.

Las corporaciones se pueden clasificar de acuerdo al sector en el que se desenvuelven, en México la economía se divide tradicionalmente en tres sectores como se muestra a continuación:

- Sector primario. se basa en la extracción de materias presentes en la naturaleza, como la agricultura, la ganadería o la minería.
- Sector secundario se encarga de la manufactura de las materias primas.
- Sector terciario ofrece servicios, como es el caso del turismo, los servicios financieros o el entretenimiento, por mencionar algunos (IDEC, 2018).

Algunos autores señalan que los corporativos pueden catalogarse por su tamaño: micro, pequeña, mediana o gran empresa dependiendo el número de trabajadores y facturación o por su constitución mercantil.

La ley general de sociedades mercantiles (2018), reconoce en el artículo primero las siguientes sociedades mercantiles:

- Sociedad en nombre colectivo. Existe bajo una razón social y en la que todos los socios responden de las obligaciones sociales
- Sociedad en comandita simple. Existe bajo una razón social y se compone de uno o varios socios comanditados que responden de las obligaciones sociales, y de uno o varios comanditarios que únicamente están obligados al pago de sus aportaciones
- Sociedad de responsabilidad limitada. Se constituye entre socios que solamente están obligados al pago de sus aportaciones

- Sociedad anónima. Es la que existe bajo una denominación y se compone de socios cuya obligación se limita al pago de sus acciones
- Sociedad en comandita por acciones. Es la que se compone de uno o varios socios comanditados que responden de las obligaciones sociales y de uno o varios comanditarios que están obligados al pago de sus acciones
- Sociedad cooperativa. Se rige por su legislación especial
- Sociedad por acciones simplificada.
- Sociedad de capital variable. El capital social será susceptible de aumento por aportaciones posteriores de los socios o por admisión de nuevos socios, y de disminución de dicho capital por retiro parcial o total de las aportaciones (DOF, 2018).

El artículo cuarto de la misma ley señala que se considerarán mercantiles todas las sociedades que se constituyan en alguna de las formas reconocidas en el artículo primero de la ley y podrán realizar todos los actos de comercio necesarios para el cumplimiento de su objeto social (DOF, 2018).

Visa para Estados Unidos

De acuerdo con el departamento del estado de los Estados Unidos (2022), un ciudadano de un país extranjero que busca ingresar a los Estados Unidos debe obtener una visa estadounidense, éste documento se coloca en el pasaporte del viajero el cual es un documento de viaje emitido por el país de ciudadanía del viajero. La obtención de una visa estadounidense le permite al solicitante viajar a un puerto de entrada como un aeropuerto o un cruce fronterizo terrestre, y solicitar permiso al inspector de aduanas y protección fronteriza (CBP) del departamento de seguridad nacional (DHS) para ingresar a los

Estados Unidos, los cuales son los guardianes de las fronteras de la nación y responsables de la admisión de viajeros a los Estados Unidos, por un estado y período de tiempo específicos. Cabe destacar que una visa no garantiza la entrada a los Estados Unidos, sin embargo, sí indica que un oficial consular en una embajada o consulado americano ha determinado que el viajero es elegible para solicitar la entrada con una finalidad específica (Departamento del estado de los Estados Unidos, 2022).

El tipo de visa está definido por la ley de inmigración de los Estados Unidos y se relaciona con el propósito del viaje. Hay dos categorías principales de visas estadounidenses:

Visas de no inmigrante: para viajar a los Estados Unidos de forma temporal.

Visas de inmigrante: para viajar a vivir permanentemente en los Estados Unidos.

Existe una gran variedad de visas para ingresar a EE.UU dependiendo el estatus del visitante; sin embargo, las visas más comunes son las de visitante de no inmigrante para personas que desean ingresar a esta país temporalmente ya sea por negocios (categoría de visa B-1), por turismo (categoría de visa B-2) o para una combinación de ambos propósitos (B-1/B-2). De acuerdo con el departamento de estado de los Estados Unidos, oficina de asuntos consulares (2022), señala que para la aplicación de ésta es necesario:

1. Completar la solicitud de visa en línea
2. Programar una entrevista. Se programa en la embajada o consulado de los EE. UU. en el país donde vive. Se puede programar la entrevista en otro consulado. Los tiempos

de espera para las citas de entrevista varían según la ubicación, la temporada y la categoría de visa.

3. Prepararse para la entrevista. Pagar una tarifa de emisión de visa.
4. Reunir la documentación requerida. Pasaporte, solicitud de visa de no inmigrante, página de confirmación del formulario DS-160, recibo de pago de la tarifa de solicitud, foto y documentos adicionales.
5. Asistir a la entrevista de visa. Un oficial consular entrevistará para determinar si el solicitante está calificado para recibir una visa de visitante. Los escaneos de huellas dactilares digitales sin tinta se toman como parte del proceso de solicitud.

En caso de que el aspirante a visitante de los Estados Unidos no cuente con el pasaporte ordinario mexicano, es necesario realizar con anterioridad el trámite del mismo el cual, de acuerdo con la secretaria de relaciones exteriores (2022), es necesario contar con previa cita en una de las 45 delegaciones de la secretaria de relaciones exteriores (SRE) o en las oficinas estatales y municipales de relación con SRE, una vez obtenido este requisito y acreditando la nacionalidad mexicana se requieren los siguientes documentos los cuales se presentaron en la cita: Copia certificada del acta de nacimiento expedida por la oficina del registro civil mexicano. Copia certificada del acta de nacimiento expedida por las oficinas consulares

- Carta de naturalización.
- Declaratoria de nacionalidad mexicana por nacimiento.
- Certificado de nacionalidad mexicana.
- Comprobante del pago del monto de derechos para la expedición de pasaporte de acuerdo a la vigencia deseada (SRE, 2022).

Referencias bibliográficas.

- Luna, A. (2014). Administración estratégica. México: Patria.
- Bravo, L., Valenzuela, A., Ramos, P. y Tejeda, A. (2019). Perspectiva teórica del diagnóstico organizacional. Revista venezolana de gerencia, 24, 1316-1325.
- Portugal, V. (2017). Diagnóstico empresarial. Colombia: Fundación universitaria del área Andina.
- Montalvo, O. (2010). Diagnóstico empresarial (análisis integral). Bolivia: Universidad mayor de San Andrés (UMSA).
- Rodríguez, D. (2015). Diagnóstico organizacional: octava edición. Chile: Ediciones universidad católica de Chile.
- Keyte, B. y Loncher, D. (2014). La empresa lean total: mapeo del flujo de valor para procesos administrativos. México: Trillas.
- RAE. (2021). Definición de mejorar. 2022, de Real academia de la lengua española Sitio web: <https://dle.rae.es/mejorar>
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A. y Jhonston, R. (1999). Administración de operaciones 2da edición. México: Compañía editorial continental.
- Masaaki, I. (1989). Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa. México: Compañía editorial continental.
- Besterfield, D. (2009). Control de calidad octava edición. México: Pearson education.

- Proaño, D., Gisbert, V. y Pérez, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3C Empresa, 50-56.
- Evans, J. y Lindsay, W. (2008). Administración y control de la calidad. México: Thomson learning.
- Camisón, C., Cruz, S. y González, T. (2007). Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. España: Pearson.
- Russo, P. (2009). Gestión documental en las organizaciones. Barcelona, España: UOC Editorial.
- Franklin, E. (2009). Organización de empresas tercera edición. México: Mc Graw Hill.
- ISO. (2011). Norma internacional ISO 30301:2011. Ginebra, Suiza: ISO.
- ISO. (2019). Norma internacional ISO 30301:2019. Ginebra, Suiza: ISO.
- Jackson, M. (2018). Diferencias entre una empresa y una corporación. 2022, de Leaf Group Ltd Sitio web: <https://www.cuidatudinero.com/13107114/las-distribuciones-a-los-miembros-de-una-sociedad-de-responsabilidad-limitada-contra-los-dividendos>
- Westreicher, G. (2020). Corporación. 2022, de Economipedia.com Sitio web: <https://economipedia.com/definiciones/corporacion.html>
- Instituto para el Desarrollo Industrial y el Crecimiento Económico. (2018). Los sectores económicos e industrias que impulsarán a México en 2018. 2022, de IDIC en los medios Sitio web: <https://idic.mx/2018/01/08/los-sectores-economicos-e-industrias-que-impulsaran-a-mexico-en-2018/#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20de%20forma%20tradicional,y%20el%20sector%20terciario%2C%20que>
- DOF. (2018). Ley general de sociedades mercantiles. México: Diario oficial de la federación.
- Departamento de los Estados Unidos. (2022). Visa de turista. 2022, de Departamento de los Estados Unidos Sitio web: <https://travel.state.gov/content/travel/en/us-visas/tourism-visit/visitor.html#apply>
- Gobierno de México. (2022). Pasaporte ordinario para personas mayores de edad. 2022, de Gobierno de México Sitio web: <https://www.gob.mx/tramites/ficha/pasaporte-ordinario-para-personas-mayores-de-edad/SRE112>

Resultados de la implementación de la Estrategia de Comunicación del Tecnológico Nacional de México.

Results of implementation of the Communication Strategy of de Tecnológico Nacional de México.

¹Linda Marín Barrera,²María Guillermina Adela Mejía González, ³María del Rocío Ojeda López,
⁴Carolina Anica González, ⁵Edgar Valdés Suárez, ⁶Mareli Yong Armas.

¹ linda.mb@apizaco.tecnm.mx, ² guillermina.mg@apizaco.tecnm.mx, ³ rocio.ol@apizaco.tecnm.mx,
⁴ carolina.ag@apizaco.tecnm.mx, ⁵ d_difusion0101@tecnm.mx, ⁶ d_difusion0004@tecnm.mx

*Coordinación de Comunicación Social de la Dirección de Cooperación
y Difusión del Tecnológico Nacional de México -
Tecnológico Nacional de México campus Apizaco*

Fecha de recepción: 20 de abril de 2023

Fecha de aceptación : 13 de julio de 2023

Resumen

A través de la Dirección de Cooperación y Difusión del Tecnológico Nacional de México (TecNM), se implementó un Programa general de comunicación pública, ciencia, tecnología, cultura, deporte y sustentabilidad 2019-2024 (Tecnológico Nacional de México, 2020a) para todos los campus existentes en la República Mexicana, lo que permitió establecer una estrategia de comunicación que se aplicó a nivel nacional, logrando con ello unificar en los últimos años, la identidad del TecNM y sus valores ante la comunidad tecnológica; así como el impacto informativo en las redes sociales.

Es importante puntualizar que la comunicación, lo que debe buscar es difundir por todos los medios disponibles las competencias y las actividades institucionales, no tan solo con la finalidad de informar sino demostrar y hacer saber a la sociedad en general, unificando la identidad de los Institutos Tecnológicos y Centros, posicionando al Tecnológico Nacional de México como un sistema consolidado entre las universidades del país.

Palabras clave comunicación, estrategia, métricas, redes sociales.

Abstract

Through the Directorate for Cooperation and Diffusion of the Tecnológico Nacional de México (TecNM), a general Program for public communication, science, technology, culture, sports and

sustainability 2019-2024 (Tecnológico Nacional de México, 2020a) was implemented for all Existing campuses in the Mexican Republic, which allowed the establishment of a communication strategy that was applied at the national level, thus managing to unify in recent years the identity of TecNM and its values before the technological community; as well as the informative impact on social networks.

It is important to point out that what communication should seek is to disseminate institutional competencies and activities by all available means, not only for the purpose of informing but also demonstrating and letting society in general know, unifying the identity of the Institutes. Technological and Centers, positioning the National Technological of Mexico as a consolidated system among the country's universities.

Keywords communication, strategy, metrics, social media.

Introducción

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) fue creado por Decreto Presidencial el 23 de julio de 2014, (DOF, 2014) teniendo como antecedentes los 75 años forjados en el devenir histórico de los Institutos Tecnológicos, Unidades y Centros de Investigación, Docencia y Desarrollo que operaron bajo el liderazgo y conducción de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica de la Secretaría de Educación Pública (SEP), sistema dedicado al fortalecimiento de la Educación Superior que cuenta con 254 campus en las 32 entidades federativas del país.

En este contexto, en el 2018, resultó indispensable unificar y resaltar la identidad institucional del TecNM, con la finalidad de incluirse y consolidar su imagen a nivel nacional como una entidad educativa ante la comunidad estudiantil y académica. Por lo cual, debió estructurarse una estrategia institucional de comunicación, misma que tiene entre sus objetivos, además de la difusión de las actividades, que se generan en cada uno de los institutos, el posicionamiento.

Metodología

La metodología que se emplea para esta investigación es mixta, los resultados se obtienen a través de la aplicación de un cuestionario a las jefaturas de Comunicación y Difusión de los planteles, se complementa con el análisis y concentración de la información proporcionada por los Institutos Tecnológicos a la Coordinación de Comunicación Social adscrita a la Dirección de Cooperación y Difusión del TecNM.

Por tanto, se plasma de forma descriptiva-explicativa en función de las variables, que se muestran en la gráfica No.1 y su comportamiento en las métricas que se establecen en la implementación de la Estrategia de Comunicación del TecNM. La información fue recabada a partir del año 2018 y hasta el 31 de marzo de 2023, a fin de mostrar un estudio longitudinal retrospectivo, (García, JAG, 2013), reflejado en las estadísticas de la aplicación del instrumento y el alcance de las redes sociales institucionales de TecNM (Twitter y Facebook), que muestran el comportamiento y crecimiento de éstas, posterior a un tiempo determinado. Se especifica

que no se calcula una muestra, ya que se toma el universo de los 254 campus, dividido en las 8 regiones que integran los 32 estados del país y la Cd. de México (TecNM, 2020), ya que, al pertenecer al sistema educativo, son susceptibles a cubrir las condiciones descritas en la estrategia.

Desarrollo

Por lo cual, el Tecnológico Nacional de México, a través de la Dirección de Cooperación, y Difusión, realizó un análisis con información recabada en los campus para determinar la creación del *Programa general de comunicación pública de la ciencia, tecnología, cultura, deporte y sustentabilidad 2019-2024* (Tecnológico Nacional de México, 2020a), a través de la instalación del Comité Institucional de Comunicación (CIC) (TecNM, 2020), y las estrategias que deberían aplicarse, los puntos que se destacaron en el programa antes referido, fueron los siguientes:

1. Falta de una clara política institucional de comunicación,
2. *Ausencia de una estrategia integral de comunicación,*
3. Dilución de los valores e identidad TecNM,
4. Comprensión inadecuada de nuestra comunidad en torno de sus necesidades de comunicación, Construcción del perfil profesional y académico de los responsables de las áreas de difusión y comunicación,
5. Elección de los mejores perfiles para las áreas de difusión y comunicación,
6. Capacitación de los responsables de las áreas de difusión y comunicación,
7. Falta de comunicación y vinculación interna con propósitos de difusión informativa,

8. Ausencia de contenido académico duro en los reportajes y notas informativas.

Posterior a ello, con los datos proporcionados por las instituciones, se realizó un diagnóstico sobre la comunicación interna y externa, y se estableció la *Estrategia general de comunicación TecNM*, Tecnológico Nacional de México. (2020a), la cual establece primero, “Que el Tecnológico Nacional de México difunda ampliamente a través de todos los medios a su alcance las metas que contribuyan a cumplir con sus facultades, competencias y atribuciones; que comunique profusamente, a través de sus entidades académicas y dependencias, sus avances, contribuciones, innovaciones y servicios con la finalidad no sólo de mantener informada a su comunidad y a la sociedad en general, sino a potenciar el sentido de identidad, proximidad, apego y orgullo institucional”; segundo, “Que todas sus acciones de comunicación cumplan con lo previsto en el artículo 21 de la Ley General de Comunicación Social (DOF, 2023): *promover la difusión y conocimiento de los valores, principios y derechos constitucionales; [...] tener carácter institucional con fines informativos, educativos, de orientación social o de rendición de cuentas; [...] garantizar la difusión de la información institucional en condiciones de igualdad entre la población objetivo*”. (Tecnológico Nacional de México, 2020^a).

La implementación de la estrategia tuvo como fundamento legal en el Art. 23 de la Ley General de Comunicación Social (DOF, 2023), el ACUERDO por el que se establece la Política de Comunicación Social del Gobierno Federal, (DOF, (2019), y el Programa general de comunicación pública de la ciencia, tecnología, cultura, deporte y sustentabilidad 2019-2024,

(Tecnológico Nacional de México, 2020a). *Llevándose a cabo en tres etapas:*

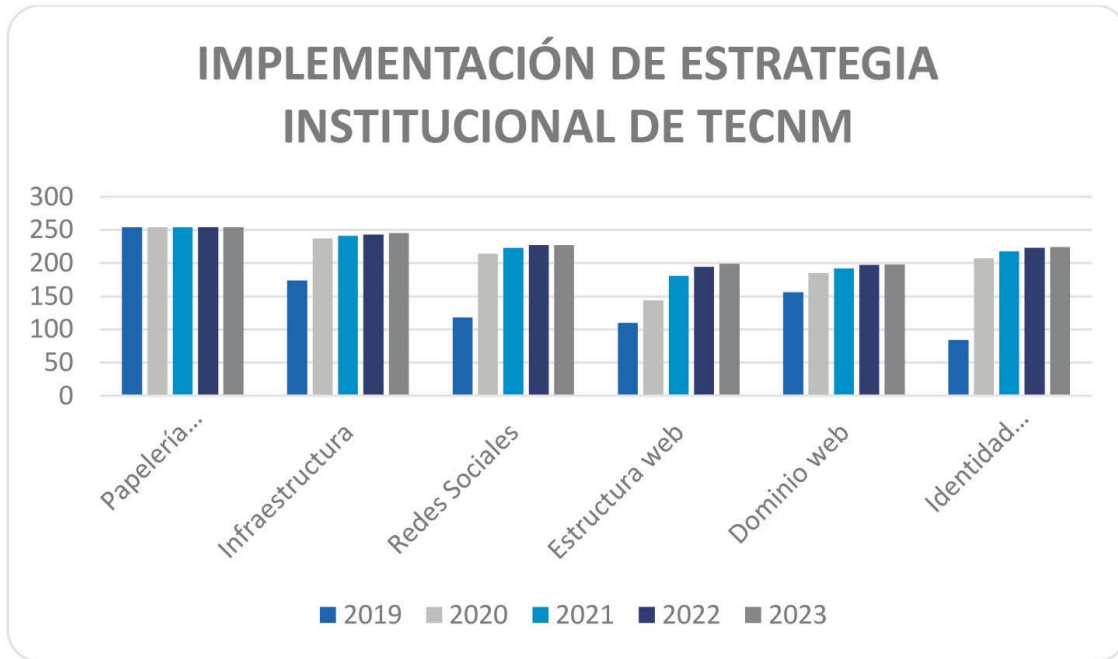
1. Construcción, revisión, actualización y validación de los documentos reguladores de la política editorial, informativa, de identidad, web y del órgano de consulta, seguimiento y vigilancia de la estrategia de comunicación, instauración del Comité Institucional de Comunicación. (CIC); elaboración del reglamento de operación del CIC y manuales de operatividad;
2. *Generación* de acciones de apropiación y operatividad de los manuales reguladores descritos, capacitación a los integrantes del CIC y a sus equipos de trabajo.
3. Seguimiento del cumplimiento de la estrategia.

A partir de enero de 2020, algunas acciones estipuladas para el reforzamiento de la estrategia son: el uso estandarizado de la imagen institucional TecNM en la planta física, que se estipula en el Manual de identidad gráfica del TecNM (*MIGTecNM, 2022*) en inmuebles, accesos vehiculares y peatonales, áreas comunes. así como en las plataformas digitales, para lograr el posicionamiento a gran escala de la imagen del TecNM y a sus campus, de forma orgánica en los diferentes motores de búsqueda. Por otra parte, se estable-

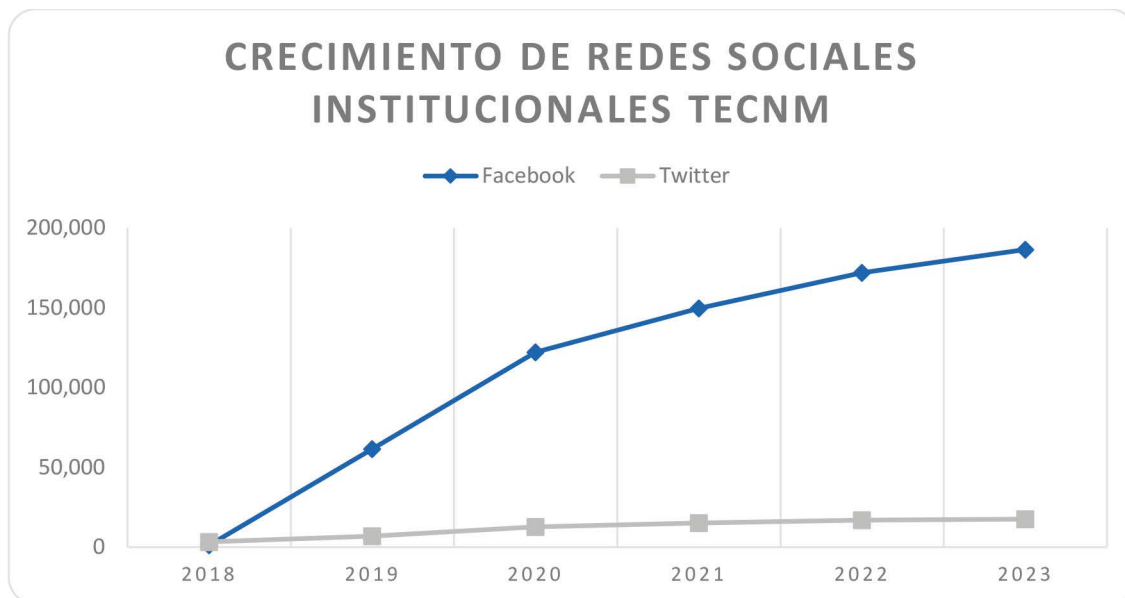
ció que la nomenclatura de las páginas institucionales, en redes sociales (Facebook y Twitter), mantuviera estrecha relación con la abreviatura TecNM; la implantación de la plantilla oficial web y la modificación de la URL de sus respectivos micrositiros web campus la sigla que corresponda: IT (institutos federales) o ITS (institutos tecnológicos superiores), y el uso obligatorio del correo electrónico institucional con dominio @tecnm.mx TecNM. (2020a). Lo anterior, corresponde a las etapas 1 y 2 de la implementación de la estrategia, la fase tres tuvo un monitoreo en cada uno de los campus, por lo cual se diseñó un cuestionario en Google forms, conformado por 37 preguntas, de las cuales número 9, 10, 12, 13 y 19 están relacionadas específicamente con la implementación y seguimiento de la estrategia de comunicación, el resto de corresponden a preguntas de carácter informativo y complementario sobre el instituto que requisita el formulario. Las métricas se concentran en el registro de las variables: Redes Institucionales, Infraestructura, Redes Sociales del TecNM, Papelería Institucional, Estructura Web y Dominio Web, Identidad Institucional completa. Cabe hacer mención, que su aplicación se realizó con una periodicidad anual, como que se puede observarse en la tabla 1 y las gráficas No.1 y 2, alcanzando los siguientes resultados:

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Facebook	1,188	61,461	122,204	149,660	172,000	186,466
Twitter	3,315	6979	12784	15,116	16,892	17,530
Papelería institucional	-	254	254	254	254	254
Infraestructura	-	174	237	241	243	245
Redes Sociales Institucionales	-	118	214	223	227	227
Estructura web	-	110	144	181	194	199
Dominio web	-	156	185	192	197	198
Identidad institucional completa	-	84	207	218	223	224

Tabla No.1. Métricas sobre las variables derivadas de la estrategia de comunicación del Tecnológico Nacional de México durante los años 2018 a 2023. (Dirección de Cooperación y Difusión, 2023).



Gráfica No. 1 Variables de la estrategia de identidad institucional del Tecnológico Nacional de México de 2019 a 2023, (Dirección de Cooperación y Difusión, 2023).



Gráfica No. 2 Evolución de redes sociales (Facebook y Twitter) institucionales del TecNM de 2018 a 2023, (Dirección de Cooperación y Difusión, 2023).

Conclusiones

Esta estrategia de comunicación del TecNM, ha logrado incluirse como uno de los ejes estratégicos del Programa de Desarrollo Institucional

del Tecnológico Nacional de México (PDI) Tecnológico Nacional de México. (2020) y dentro del Programa de Trabajo Anual del Tecnológico Nacional de México (PTA), Eje Estratégico 3. Efectividad Organizacional, en el objetivo 6.

Mejorar la gestión institucional, con austeridad, eficiencia, transparencia y rendición de cuentas a fin de optimizar el uso de los recursos y dar mejor respuesta a las demandas de la sociedad, Línea de acción 6.2. Fortalecer los mecanismos para la gobernanza y mejora de la gestión institucional. y el *Proyecto 6.2.2. Implementación de una estrategia institucional de comunicación*, que se refleja anualmente en el indicador 6 Porcentaje de institutos tecnológicos y centros que implementan la estrategia institucional de comunicación. (Tecnológico Nacional de México, 2021).

La aplicación de la identidad institucional en los campus del TecNM, los resultados alcanzados al 2023 son los siguientes:

Los 254 campus utilizan la papelería oficial desde principios del año 2022.

En planta física, se cuenta con 245 campus que han aplicado la identidad institucional en infraestructura.

Respecto a la estrategia de comunicación digital (implantación de la identidad institucional): 224 campus han aplicado correctamente la identidad en redes sociales institucionales.

Al 2023, son 224 institutos tecnológicos y centros que implementaron completa la estrategia institucional de comunicación, que integra la papelería oficial, la identidad en infraestructura y las redes sociales institucionales, lo que representa el 88.1% del avance en el cumplimiento.

Se identifican 30 campus faltantes, de los cuales 29 son descentralizados, quienes dependen de autorizaciones y presupuesto del gobierno de los estados para realizar cambios en infraestruc-

tura física y digital; además de un campus federal, el cual, por causas ajenas a nuestro control, no han realizado cambio de nomenclatura en redes sociales, debido a restricciones propias de la plataforma, que no ha respondido favorablemente a la solicitud para el cambio de nombre. Para el caso de la comunidad digital, se muestra un incremento en las redes sociales institucionales del TecNM, al 31 de marzo de 2023, en Facebook se cuenta con 186,466 mil seguidores, respecto al 2018 que contaba tan solo con 1,188 seguidores, lo que representa un aumento de más del 156.96%; mientras que, en Twitter, al 31 de marzo de 2023, se cuenta con 17 mil 530 seguidores, en contraste con los 3,315 seguidores que se tenían en el año 2018, reflejando un crecimiento del 5.2%.

Esta estrategia ha demostrado efectividad y crecimiento al paso de los años y continúa impulsando los procesos de comunicación interna y externa, para el eficiente flujo de información que mantiene actualizada e informada a la comunidad del TecNM.

Referencias

Dirección de Cooperación y Difusión, (2023), del Tecnológico Nacional de México. Información proporcionada por la Coordinación de Comunicación Social de la Dirección de Cooperación y Difusión.

DOF. (2014). *Decreto que crea el Tecnológico Nacional de México*. Diario Oficial de la Federación publicado el 23/07/2014. Recuperado el 20 de mayo de 2023 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5353459&fecha=23/07/2014#gsc.tab=0

- DOF. (2019). *ACUERDO por el que se establece la Política de Comunicación Social del Gobierno Federal*. Diario Oficial de la Federación, publicado el 17/04/2019. Recuperado el 22 de mayo de 2023 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5558048&fecha=17/04/2019#gsc.tab=0
- DOF (2023), *Ley General de Comunicación Social, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación* publicado el 11 de mayo de 2018, Última reforma publicada DOF 02-06-2023. Recuperada el 23 de mayo de 2023 de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCS.pdf>
- García, JAG (2013). *Metodología de la investigación, bioestadística y bioinformática en ciencias médicas y de la salud* (Edición 2ª). McGraw-Hill Interamericana. <https://apizaco.vitalsource.com/books/9781456219802>
- MIGTecNM (2022). *Manual de Identidad Gráfica del TecNM 2022*, recuperado el 22 de mayo de 2023 de https://www.tecnm.mx/normateca/Direcci%C3%B3n%20de%20Cooperaci%C3%B3n%20y%20Difusi%C3%B3n/Manual_de_Identidad_Grafica_TecNM_2022.pdf
- TecNM. (2020). Circular No. 028/2020 instalación del Comité Institucional de Comunicación (CIC) 4 marzo 2020. Tecnológico Nacional de México. Recuperado el 19 de mayo de 2023 de <https://www.tecnm.mx/archivos/slider/CIRCULAR-DG-028.pdf>
- TecNM. (2020a). Oficio No. M00.0.2./100/2019 Dirección de Cooperación y Difusión del TecNM 18 diciembre 2019
- Tecnológico Nacional de México. (2020). *Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024* del TecNM, recuperado el 19 de mayo de: https://www.tecnm.mx/?vista=Programa_Institucional
- Tecnológico Nacional de México. (2020a). *Programa general de comunicación pública de la ciencia, tecnología, cultura, deporte y sustentabilidad 2019-2024*. Normateca del TecNM. Recuperado el 21 de mayo de 2023 de https://www.tecnm.mx/normateca/Direcci%C3%B3n%20de%20Cooperaci%C3%B3n%20y%20Difusi%C3%B3n/Programa_de_Comunicacion.pdf
- Tecnológico Nacional de México. (2021). *Programa de Trabajo Anual 2021*. Programa de Trabajo Anual de TecNM. Recuperado el 22 de mayo de 2023 de https://www.tecnm.mx/menu/conocenos/TecNM-PTA_2021_ConsAcad.pdf

Hidroxiapatita: la estructura cristalina más cercana al hueso

Hydroxyapatite: crystalline structure closest to human bone

Ana Karen Sánchez Hernández¹, José Javier Ruíz Osorio¹, José Manuel BravoArredondo^{1,2},
María Josefina Robles Águila¹

¹ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores, Ciudad Universitaria, C. P. 72570, Puebla, Pue., México.

² Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología, Apizaquito S/N, San Luis Apizaquito, C.P. 90401, Apizaco, Tlaxcala.
josefina.robles@correo.buap.mx

Fecha de recepción: 24 de febrero de 2023

Fecha de aceptación: 18 de junio de 2023

Resumen

La hidroxiapatita $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (HA) es uno de los biomateriales más destacados en la naturaleza. Es uno de los principales componentes de los huesos humanos, dientes, esmalte dental, cartílago, entre otros, representando ~ 60-70% en peso del esqueleto humano calcificado y un 90% de la matriz inorgánica ósea. El presente trabajo tiene como finalidad mostrar la obtención de HA usando el método de co-precipitación asistido por radiación ultrasónica. La caracterización estructural se llevó a cabo mediante difracción de rayos X (DRX) y espectroscopia Raman, permitiendo identificar una mezcla de fases (monoclínica y hexagonal). La morfología obtenida mostró aglomeración de partículas semiesféricas alargadas observadas mediante microscopía electrónica de barrido (MEB).

Palabras clave: Hidroxiapatita, Biomaterial, Co-precipitación, Radiación ultrasónica.

Abstract

Hydroxyapatite $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (HA) is one of the most essential biomaterials found in nature. It is the main component of human bone, teeth, tooth enamel, and cartilage, among others, representing ~ 60-70% weight of the calcified human skeleton and 90% weight of the bone inorganic matrix. This study aims to report HA synthesis by the co-precipitation method assisted by ultrasonic radiation. The structural characterization was carried out by X-ray diffraction (XRD) and Raman spectroscopy which allowed the identification of a mixture of crystalline phases (monoclinic and hexagonal). The morphology evidenced the agglomeration of elongated semi-spherical particles observed by scanning electron microscopy (SEM).

Keywords: Hydroxyapatite, Biomaterial, Co-precipitation, Ultrasonic Irradiation.

Introducción

El término “apatita” (proveniente del término “*apatáō*”) empleado por primera vez en 1786, por Werner, incluye a una familia de compuestos con estructura cristalina similar (Roycroft & Cuyper, 2015). La Hidroxiapatita de calcio (HA) pertenece al grupo de apatitas, presentando una amplia variedad de estructuras cristalinas; son materiales que aceptan múltiples y diversos dopantes (Rulis et al., 2004). La HA es un biocristal apatítico que se encuentra en la naturaleza formando parte de rocas sedimentarias y metamórficas, así como en los tejidos vivos (exoesqueletos, corales marinos, estrellas de mar, esqueletos de vertebrados bovinos y porcinos, etc.) (Siddiqui et al., 2018). Su origen puede ser biológico (derivada de coral o hueso bovino) y/o sintético; sin embargo, independientemente del origen, la HA estequiométrica posee una relación atómica de Ca/P igual a 1.67. Debido a la similitud de HA con el tejido óseo (65%) este biomaterial es idóneo para su empleo en el área de ingeniería de tejidos convirtiéndose en una alternativa para la sustitución y reparación del tejido óseo en diferentes tratamientos médicos (Siddiqui et al., 2018).

La estructura cristalina de HA permite determinar su morfología, solubilidad, química de superficie, así como propiedades de polarización. En 1958, Aaron y Posner propusieron la estructura cristalina a partir del análisis de monocristal, reportando que cristaliza en el sistema cristalino hexagonal, con grupo espacial P6₃/m, y parámetros de red $a = b = 9.43 \text{ \AA}$ y $c = 6.88 \text{ \AA}$ (Posner et al., 1958) Por otro lado, la estructura monoclinica de HA es considerada una forma pseudo-hexagonal, también confirmada mediante el análisis monocristal. La fase monoclinica presenta el grupo espacial P2₁/b en forma sinté-

tica y/o mineral con parámetros $a = 9.4214 \text{ \AA}$, $b = 18.8428 \text{ \AA}$, $c = 6.8814$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ y $\gamma = 120^\circ$, siendo un análogo de la clorapatita (ClAp) (Elliott et al., 1973). La fase hexagonal es la de mayor interés debido a su gran similitud con el hueso, sin embargo, la fase monoclinica ha atraído interés debido a su efecto ferroeléctrico reportado, considerando que el crecimiento óseo es inducido a través de corrientes o campos eléctricos (Ciombor & Aaron, 2005; Ferrigno et al., 2020). La HA monoclinica presenta una transición de fase a una forma ferroeléctrica bajo la acción de un campo eléctrico relativamente débil (Elliott et al., 1973). Debido a que existen mínimas diferencias morfológicas y cristalográficas entre ambas fases, la identificación de la fase monoclinica resulta compleja (López-Ortiz et al., 2020).

Aplicaciones tecnológicas

Diversas investigaciones se centran en la preparación de nuevos biomateriales mejorando las propiedades de resistencia y fragilidad (Hannora & Ataya, 2016). En consecuencia, se han incorporado a la HA iones metálicos (Mg, Ba, Cd, Sr, In, Ag, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Eu, Gd, Eu, Ce, Tb, H, Lu) (Uskoković, 2020), óxidos cerámicos (Al₂O₃, ZrO₂, CeO₂), óxidos metálicos semiconductores (SnO₂, ZnO, TiO₂), grafeno, nanotubos de carbono, biovidrio y fibras para mejorar sus propiedades mecánicas (Enayati-Jazi et al., 2012).

Xing et al. emplearon andamios compuestos de quitina-hidroxiapatita-colágeno (CHCS) con epíclorhidrina (ECH) como agente de reticulación. Sus resultados sugieren que la HA no solo mejoró la resistencia a la compresión de CHCS, sino que también promovió la formación de nódulos de calcio debido a su conductividad ósea. Además, el estudio histológico mostró que el colágeno promovía

la deposición de colágeno y la formación de hueso nuevo. En los estudios de rayos X mostraron que el trasplante de CHCS aceleró la reparación ósea concluyendo que los CHCS presentan un inmenso potencial para su empleo en dicha regeneración (Xing et al., 2021). El uso de HA en el área médica es investigado dada su biocompatibilidad, no obstante, han surgido nuevas aplicaciones de este material como fotocatalizador heterogéneo, adsorbente, fuente de celdas de biocombustible, agente de bioimagen, electrodos de carbono vítreo para biosensores electroquímicos, sensores de gases y como sistema de transporte de fármacos.

Métodos de obtención de la HA

Existe una diversidad de métodos para la síntesis de HA: vía húmeda, solución acuosa, sol-gel, hidrotermal, depósito químico de vapor, microondas, co-precipitación, radiación ultrasónica. Los métodos húmedos suelen ser fáciles, además, las condiciones de crecimiento son controladas mediante el ajuste de los parámetros de reacción. Cada uno de estos métodos dan como resultado diferentes tamaños, morfologías y diferentes fases cristalinas de fosfatos de calcio. Por lo tanto, las características de la HA afectan significativamente la bio-actividad, así como las propiedades biológicas y mecánicas (Mohd Pu'ad et al., 2019). El método de co-precipitación es ampliamente usado debido a su bajo costo, alto rendimiento y simplicidad. Sin embargo, la influencia de las variables como pH, temperatura y orden de mezcla de los reactivos son factores fundamentales en la síntesis (Sequeda et al., 2012). Por otra parte, la radiación ultrasónica favorece materiales homogéneos y de tamaño nanométrico.

Metodología

En este trabajo, se reporta la síntesis de HA mediante el método de co-precipitación acoplado

a radiación ultrasónica con la finalidad de disminuir el tiempo de reacción, promover un tamaño de partícula uniforme y obtener partículas en escala nanométrica (Bang & Suslick, 2010). Para la síntesis se emplearon disoluciones de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ como precursores los cuales se incorporaron bajo agitación constante en una relación 1:2 M. El valor de pH se fijó en un intervalo de 9 a 11 mediante la adición de NH_4OH . Posteriormente, la solución resultante se sometió a radiación ultrasónica durante una hora utilizando el equipo Ultrasonic Processor (Sonics and Materials Inc., Newton, CT, EE. UU.) aplicando una frecuencia de 20 kHz y una potencia de 750 W. Al material obtenido se le realizaron lavados con agua desionizada para eliminar subproductos de la reacción. El gel se dejó gelificar durante 24 horas a temperatura ambiente, transcurrido ese tiempo se procedió a secar la muestra a una temperatura 150 °C en una mufla Prendo Modelo 1 hasta obtener el xerogel. Finalmente, la muestra se sometió a tratamiento térmico a 500 °C durante 4 horas.

Caracterización

La Difracción de Rayos X en polvo se realizó con un difractómetro Panalytical Empyrean (2015, Panalytical, Almelo, The Netherlands) operando a 45kV/40 mA y una radiación $\text{CuK}\alpha$ de 1.5406 Å. Los patrones de difracción se obtuvieron en un intervalo de 10 a 80 (2 θ) grados, con un paso de 0.00417. El programa X'PertHighScore Plus 2.2.2 ® (versión 4.7, 2017, Malvern Panalytical Ltd., Almelo, The Netherlands) fue empleado para realizar el refinamiento Rietveld empleando una función polinomial mientras que el perfil de los picos fue estudiado a partir de una función pseudo-Voigt. Los espectros de micro-Raman se obtuvieron usando un espectrofotómetro Horiba Jobin Yvon modelo LabRam con un láser de He-Ne en 632.8

nm. Finalmente, el análisis morfológico de las muestras se realizó empleando el equipo JEOL JSM-7800 F, FESEM.

Resultados y Discusión

La **Figura 1** presenta el difractograma de HA sintetizada, se observa la presencia de las principales reflexiones correspondientes a la fase hexagonal y monoclinica, de acuerdo con las fichas 01-089-4405 y 04-007-5086 de la base PDF+4 del Internacional Centre for Diffraction Data (ICDD). El difractograma sugiere una mezcla de fases mostrando mayor correspondencia a los picos para la fase monoclinica considerando un mayor porcentaje de esta fase. El refinamiento Rietveld, arrojó 88.5 % de esta fase monoclinica y 11.5 % de la fase hexagonal en la HA, el *Rwp* fue de 3.16 indicando que el resultado se encuentra en buen acuerdo con los obtenidos de forma teórica.

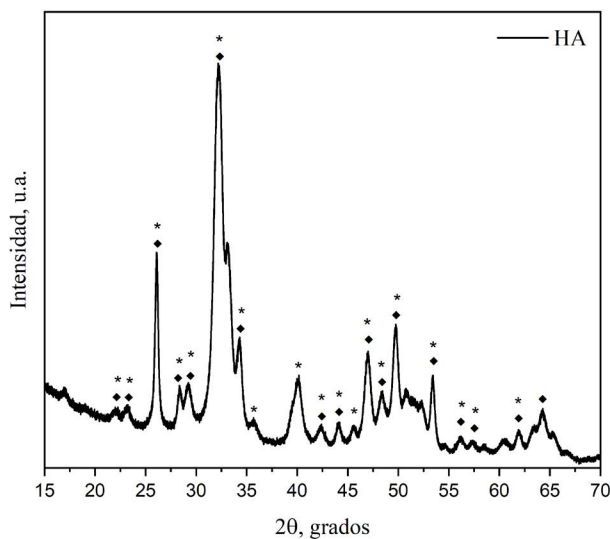


Figura 1. Patrón de difracción para HA e identificación de fases presentes (monoclinica * y hexagonal ♦).

La espectroscopía Raman permitió confirmar la presencia de los modos fonónicos característicos a grupos fosfatos en: 430, 452, 604 y 964 cm^{-1} característicos de la HA. Los modos fonó-

nicos en 430 y 452 cm^{-1} se atribuyen al doblamiento simétrico y asimétrico del grupo PO_4^{3-} , respectivamente. Por su parte, el modo en 604 cm^{-1} corresponde al doblamiento asimétrico en la banda (O-P-O) de PO_4^{3-} , mientras que en 964 cm^{-1} se atribuye al estiramiento simétrico del grupo PO_4^{3-} (**Figura 2**).

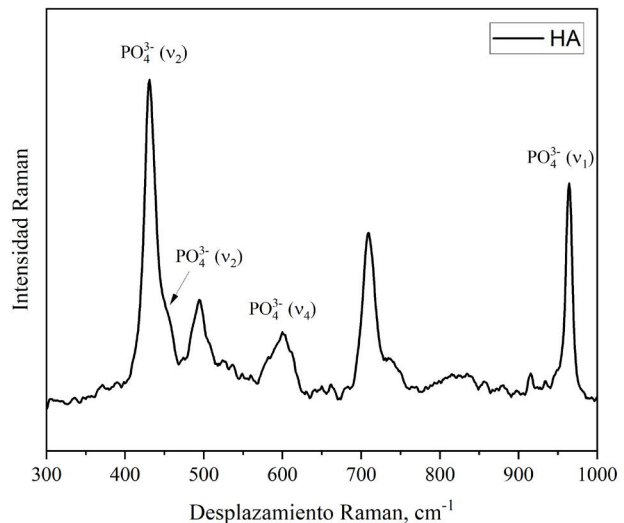


Figura 2. Espectro Raman para la muestra de HA

Análisis morfológico

Las micrografías de SEM en la **Figura 3** muestran aglomerados de partículas semiesféricas y alargadas, con un tamaño de partícula promedio de 20-25 nm.

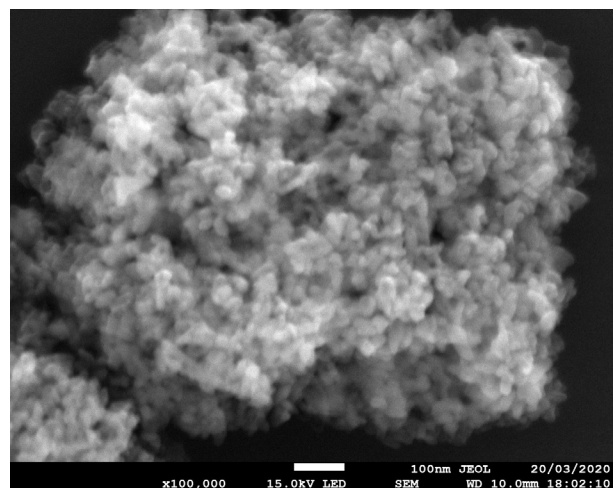


Figura 3. Imágen de microscopía electrónica de barrido (MEB) de HA

Estos resultados coinciden con los obtenidos por (Jamuna-Thevi et al., 2014) quienes indicaron que la morfología de la HA muestra una alta tendencia a aglomerarse, por lo que es necesario el uso de agentes surfactantes para evitar los procesos de agregación de partículas primarias.

Conclusiones

El método de co-precipitación asistido por radiación ultrasónica promovió la obtención de HA con un alto porcentaje de fase monoclinica (88.5 %). La espectroscopía Raman corroboró los resultados obtenidos por DRX, confirmando la obtención de HA y descartando algún otro compuesto de calcio. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la HA sintetizada por el método de co-precipitación asistido por radiación ultrasónica es un material candidato para ser empleado en la regeneración de tejido óseo, material de injerto óseo (prótesis óseas) o como prótesis dentales y maxilofaciales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) proyecto 100524279-VIEP2022. A.K.S.H y J.J.R.O agradecen al CONACyT por la beca doctoral (851804 y 969429). Los autores agradecen al Dr. Rutilo Silva-González por la medición de MEB, al Dr. Ulises Salazar Kuri por las mediciones de DRX en el Instituto de Física, IFUAP. Así como facilidades brindadas por parte del laboratorio Central del IFUAP en el uso de la espectroscopía Raman.

Referencias

- Bang, J. H., & Suslick, K. S. (2010). Applications of ultrasound to the synthesis of nanostructured materials. *Advanced Materials*, 22(10), 1039–1059. <https://doi.org/10.1002/adma.200904093>
- Ciombor, D. M. K., & Aaron, R. K. (2005). The role of electrical stimulation in bone repair. *Foot and Ankle Clinics*, 10(4), 579–593. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2005.06.006>
- Elliott, J. C., Mackie, P. E., & Young, R. A. (1973). Monoclinic hydroxyapatite. *Science*, 180(4090), 1055–1057. <https://doi.org/10.1126/science.180.4090.1055>
- Enayati-Jazi, M., Solati-Hashjin, M., Nemati, A., & Bakhshi, F. (2012). Synthesis and characterization of hydroxyapatite/titania nanocomposites using in situ precipitation technique. *Superlattices and Microstructures*, 51(6), 877–885. <https://doi.org/10.1016/j.spmi.2012.02.013>
- Ferrigno, B., Bordett, R., Duraisamy, N., Moskowitz, J., Arul, M. R., Rudraiah, S., Nukavarapu, S. P., Vella, A. T., & Kumbar, S. G. (2020). Bioactive polymeric materials and electrical stimulation strategies for musculoskeletal tissue repair and regeneration. *Bioactive Materials*, 5(3), 468–485. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.03.010>
- Hannora, A. E., & Ataya, S. (2016). Structure and compression strength of hydroxyapatite/titania nanocomposites formed by high energy ball milling. *Journal of Alloys and Compounds*, 658, 222–233. <https://doi.org/>

g/10.1016/j.jallcom.2015.10.240

- Jamuna-Thevi, K., Daud, N. M., Abdul Kadir, M. R., & Hermawan, H. (2014). The influence of new wet synthesis route on the morphology, crystallinity and thermal stability of multiple ions doped nanoapatite. *Ceramics International*, *40*(1 PART A), 1001–1012. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.06.097>
- López-Ortiz, S., Mendoza-Anaya, D., Sánchez-Campos, D., Fernández-García, M. E., Salinas-Rodríguez, E., Reyes-Valderrama, M. I., & Rodríguez-Lugo, V. (2020). The pH Effect on the Growth of Hexagonal and Monoclinic Hydroxyapatite Synthesized by the Hydrothermal Method. *Journal of Nanomaterials*, *2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/5912592>
- Mohd Pu'ad, N. A. S., Abdul Haq, R. H., Mohd Noh, H., Abdullah, H. Z., Idris, M. I., & Lee, T. C. (2019). Synthesis method of hydroxyapatite: A review. *Materials Today: Proceedings*, *29*, 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.536>
- Posner, A. S., Perloff, A., & Diorio, A. f. (1958). Refinement of the hydroxyapatite structure.*. In *308 SHORT COMMUNICATIONS Acta Cryst* (Vol. 11).
- Roycroft, P. D., & Cuypers, M. (2015). The etymology of the mineral name 'apatite': A clarification. *Irish Journal of Earth Sciences*, *33*, 71–75. <https://doi.org/10.3318/IJES.2015.33.71>
- Rulis, P., Ouyang, L., & Ching, W. Y. (2004). Electronic structure and bonding in calcium apatite crystals: Hydroxyapatite, fluorapatite, chlorapatite, and bromapatite. *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, *70*(15), 1–8. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.70.155104>
- Sequeda, L. G., Díaz, J. M., Gutiérrez, S. J., Perdomo, S. J., & Gómez, O. L. (2012). Obtención de hidroxiapatita sintética por tres métodos diferentes y su caracterización para ser utilizada como sustituto óseo. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, *41*(1), 50–66.
- Siddiqui, H. A., Pickering, K. L., & Mucalo, M. R. (2018). A review on the use of hydroxyapatite- carbonaceous structure composites in bone replacement materials for strengthening purposes. *Materials*, *11*(10), 1–32. <https://doi.org/10.3390/ma11101813>
- Uskoković, V. (2020). Ion-doped hydroxyapatite: An impasse or the road to follow? In *Ceramics International* (Vol. 46, Issue 8, pp. 11443–11465). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.02.001>
- Xing, F., Chi, Z., Yang, R., Xu, D., Cui, J., Huang, Y., Zhou, C., & Liu, C. (2021). Chitin-hydroxyapatite-collagen composite scaffolds for bone regeneration. *International Journal of Biological Macromolecules*, *184*(February), 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.019>

Predicción simultánea de calidad interna en múltiples frutas con espectroscopía Vis-NIR y aprendizaje profundo

Simultaneous prediction of internal quality in multiple fruits with Vis-NIR spectroscopy and deep learning

¹Carlos Juárez González, ²Carlos Alberto Villaseñor Perea, ³Gilberto de Jesús López Canteñs,

⁴Artemio Pérez López y ⁵Juan Carlos Olguín Rojas.

{¹al20126186, ²cvillasenor, ³glopezc, ⁴aperezl, ⁵jolguinr}@chapingo.mx

Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo,
carretera México-Texcoco km 38.5. Texcoco de Mora,
Estado de México, C. P. 56230, México. *Autor para correspondencia.

Fecha de recepción: 2 de mayo de 2023

Fecha de aceptación: 6 de julio de 2023

Resumen

Acceder a la calidad interna de la fruta fresca de forma rápida y no destructiva es crucial en toda la cadena de producción. La espectroscopía puntual Vis-NIR relaciona atributos de calidad con absorciones vibracionales, pero se necesitan calibrar modelos específicos. Este estudio exploró el potencial del aprendizaje profundo (DL) para calibrar modelos multiproducto-multisalida. Se utilizaron 300 espectros Vis-NIR de seis frutas de la familia Cucurbitaceae con mediciones de referencia de contenido de agua (CA) y sólidos solubles (CSS). Se optimizaron automáticamente tres redes neuronales convolucionales unidimensionales (1D-CNN) multisalida de diferentes profundidades y se comparó su rendimiento con modelos 1D-CNN y regresión PLSR de salida única. El modelo de una capa convolucional fue el mejor, con un RMSE ~ 3% menor que en un estudio anterior y un 28% menor que el obtenido con espectros en bruto. La optimización de modelos de salida única tuvo un impacto mínimo en comparación con el modelo de salida múltiple. El DL permite desarrollar modelos globales de manera precisa, aunque requiere más tiempo de optimización que PLSR.

Palabras clave: calibración, CNN unidimensional, modelo, multiproducto-multisalida.

Abstract

Accessing the internal quality of fresh fruit quickly and non-destructively is crucial throughout the production chain. Point Vis-NIR spectroscopy relates quality attributes to vibrational absorptions,

but specific models need to be calibrated. This study explored the potential of deep learning (DL) to calibrate multi-product-multi-output models. 300 Vis-NIR spectra of six fruits of the Cucurbitaceae family with reference measurements of water content (CA) and soluble solids (CSS) were used. Three multi-output one-dimensional convolutional neural networks (1D-CNN) of different depths were automatically optimized and their performance compared with single-output 1D-CNN and PLSR regression models. The one-layer convolutional model was the best, with an RMSE ~3% lower than in a previous study and 28% lower than that obtained with raw spectra. The optimization of single-output models had a minimal impact compared to the multiple-output model. DL allows you to develop global models accurately, although it requires more optimization time than PLSR.

Keywords: calibration, one-dimensional CNN, model, multi-product-multi-output.

Introducción

La calidad de las frutas y verduras depende de atributos externos e internos que determinan la aceptabilidad del consumidor, el precio de venta y su control juega un papel importante para su exportación (Jha et al., 2012; Pathmanaban et al., 2019). Acceder a la calidad interna de manera rápida y no destructiva es de interés para los gestores de la cadena de producción que toman decisiones desde el momento de cosecha hasta el destino de los productos (Walsh et al., 2020). Generalmente esta calidad se determina por métodos destructivos que requieren tiempo, son costosos, presentan sesgo y no son adecuados para la industria (Lakshmi et al., 2017). La espectroscopía puntual Vis-NIR que permite relacionar atributos de calidad interna con información espectral sobre absorciones vibracionales de enlaces como OH, CH y NH (H. Wang et al., 2015), se ha establecido como una técnica rápida y no destructiva que no requiere el uso de químicos (Ferrari et al., 2015). No obstante, la aplicabilidad de esta técnica se ve limitada por la necesidad de crear modelos con amplia variedad de muestras y, principalmente porque deben calibrarse modelos específicos (Vidal, 2019).

La técnica Vis-NIR requiere inicialmente la recolección de los espectros de las frutas, seguida de la calibración de modelos que transformen estos datos en los atributos de interés. Por lo general, se requiere de un paso intermedio de corrección de espectros mediante el preprocesamiento y la eliminación de información redundante, a fin de calibrar un modelo preciso. Actualmente existen numerosos métodos/estrategias de preprocesamiento de datos (Mishra et al., 2020) y técnicas de calibración multivariada (Saeys et al., 2019). Sin embargo, diferentes conjuntos de datos pueden requerir diferentes preprocesamientos, y esta elección puede afectar fuertemente el rendimiento del modelo (Mishra et al., 2021; X. Zhang et al., 2019). Por ello, se investiga la mejor combinación de métodos para cada aplicación específica (Torniainen et al., 2020). La regresión lineal múltiple, por componentes principales y por mínimos cuadrados parciales (MLR, PCR y PLSR, por sus siglas en inglés) son los métodos de calibración preferidos debido a su capacidad para manejar múltiples variables espectrales y las altas correlaciones entre ellas. Varias revisiones resaltan el avance y potencial de la técnica Vis-NIR como un método no destructivo para evaluar la calidad interna de una amplia variedad de frutas (Anderson & Walsh, 2022; Arendse et al.,

2017; Walsh et al., 2020; H. Wang et al., 2015), desarrollando modelos para predecir atributos como el contenido de sólidos solubles (CSS), contenido de materia seca (CMS), acidez titulable (AT) y firmeza, principalmente. Un modelo práctico debe tener la capacidad de generalizar y ser aplicable a muestras futuras, por lo tanto, debe ser calibrado con datos representativos de la población (Saeys et al., 2019), incluir las posibles variaciones y reportar su rendimiento en muestras externas (Walsh et al., 2020).

Desarrollar un modelo para un fruto y un atributo de calidad específico resulta costoso y lleva tiempo. Por ello, las investigaciones se han orientado al desarrollo de modelos globales. Se ha investigado la calibración de modelos multiproducto (Kusumiyati et al., 2021a; Masithoh et al., 2020; Rambo et al., 2015) y modelos multisalida (Mishra & Passos, 2022), modelos robustos con múltiples cultivares, orígenes, grados de madurez y temporadas de cosecha, en frutas como la pera (J. Wang et al., 2017), la manzana (Bobelyn et al., 2010; Teh et al., 2020) y el mango (Anderson et al., 2020, 2021). Sin embargo, hasta el momento no se ha considerado la inclusión de múltiples propiedades y múltiples productos en un solo modelo de regresión. En algunas ocasiones, se ponen a disposición conjuntos de datos con una amplia variabilidad con el objetivo de permitir la remodelación mediante nuevas técnicas y enfoques quimiométricos, con el fin de mejorar la precisión, la rapidez y la facilidad en la calibración de los modelos.

El aprendizaje profundo (DL) se adaptó para la regresión multivariante utilizando redes neuronales convolucionales unidimensionales (1D-CNN) y se aplicó al análisis espectroscópico (Cui & Fearn, 2018), aprovechando sus ventajas, como la mínima ingeniería de datos

requerida (Lecun et al., 2015), la capacidad de manejar relaciones no lineales, su escalabilidad y su capacidad de actualización. Se ha demostrado la superioridad del DL sobre los métodos quimiométricos clásicos (Mishra & Passos, 2021a, 2021c, 2021b), pero aún representa un desafío configurar los numerosos parámetros de las redes neuronales artificiales (ANN). El DL tiene el potencial para la modelación multiproducto-multisalida y evaluar su rendimiento contribuiría al desarrollo de modelos globales más precisos y fáciles de implementar.

La base de datos proporcionada por Kusumiyati et al. (2021) contiene espectros de la región Vis-NIR de seis frutas pertenecientes a la familia Cucurbitaceae, así como mediciones de CSS y contenido de agua (CA). Se identificó una oportunidad para investigar el potencial del DL en el modelado multiproducto-multisalida. El objetivo de este estudio fue usar dicha base de datos para evaluar el rendimiento de un modelo multiproducto en la predicción simultánea de ambas referencias de calidad y compararlo con los resultados obtenidos mediante la regresión lineal de salida única en estudios previos.

Materiales y Métodos

Descripción de los datos

Se utilizaron 300 espectros de muestras de seis productos de la familia Cucurbitaceae: calabacín, calabaza amarga, calabaza de cresta, melón, chayote y pepino. Estos datos fueron obtenidos por Kusumiyati et al. (2021) y se utilizaron para predecir dos propiedades de calidad interna. El conjunto de datos contiene valores espectrales de absorbancia en bruto en la región que abarca desde 381 nm hasta 1065 nm, con un paso de 3 nm. Asimismo, contiene valores de referencia de

CSS en un rango de 3.17% a 8.48% Brix y CA en un rango de 89.8% a 95.76 %. Los datos se dividen en dos subconjuntos: 200 muestras para calibración y 100 muestras para prueba. Estos datos están relacionados a dos publicaciones anteriores (Kusumiyati et al., 2021a, 2021b), y se utilizaron como referencia de comparación con los resultados del presente estudio.

Aumento y separación de datos

Debido a que los 300 espectros son un conjunto de datos relativamente pequeño para el modelado con DL, se llevó a cabo un aumento de datos. Este proceso consiste en generar copias ligeramente diferentes del espectro original, manteniendo los mismos valores de las referencias. El objetivo es simular formas esperadas de ruido como desplazamientos, cambios en la intensidad y variaciones en la pendiente de la línea de base (Bjerrum et al., 2017). Se ha encontrado que la compensación y multiplicación funcionan bien con el $\pm 10\%$ de la desviación estándar del conjunto de datos, mientras que el cambio en la pendiente se puede establecer en ± 0.05 (Bjerrum et al., 2017). Por lo tanto, se aplicaron estos cambios aleatorios al conjunto de datos utilizado. No existe un límite conocido para la cantidad de copias que se pueden generar, pero se ha demostrado que 10 copias es adecuado (Bjerrum et al., 2017; Mishra & Passos, 2022), e incluso se han realizado más de 100 copias en un estudio (Nallan-Chakravartula et al., 2022). En este caso, fue suficiente aumentar los datos de entrenamiento en un factor de 10. El aumento de datos es una técnica comúnmente utilizada en redes neuronales para lograr un entrenamiento más efectivo y evitar el sobreajuste.

Se conservó la separación original de los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba, ya que

esto asegura una representación completa de la variabilidad en ambos conjuntos y permite una comparación justa de los resultados. El conjunto de entrenamiento se dividió en dos subconjuntos, uno para calibración y otro para la validación o ajuste de la red, en proporciones 67/33% respectivamente. Se utilizaron dos enfoques diferentes para realizar esta separación: separación aleatoria (RS) después del aumento de datos y separación mediante el método Kennard-Stone (K-S) (Kennard & Stone, 1969) seguido del aumento de datos (Figura 1), con el objetivo de saber si el método de separación de los datos tiene impacto en el rendimiento del modelo.

Para alimentar a la red neuronal los espectros fueron normalizados por columnas utilizando la media y la desviación estándar del conjunto de entrenamiento como escala para todos los datos. Además, dado que las variables objetivo (CA y CSS) tienen diferentes rangos de valores y que se están modelando de manera conjunta, se normalizaron en un rango de 0 a 1 considerando un rango original de 80 a 100 para CA y de 0 a 15 para CSS. De esta manera se garantiza que la minimización de la pérdida combinada durante el entrenamiento no tenga preferencia por alguna de las predicciones, ya que todas las variables objetivo están en la misma escala.

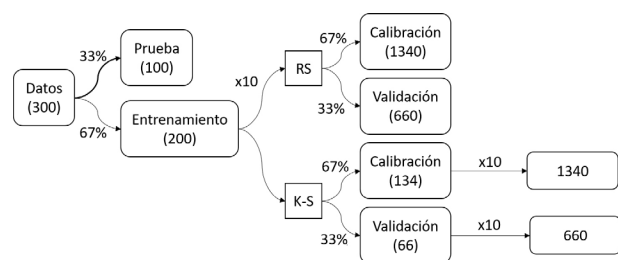


Fig. 1. Separación y aumento de datos

Modelos 1D-CNN multisalida

En este trabajo se comparó el rendimiento de tres estructuras 1D-CNN utilizadas para resol-

ver problemas de predicción similares. Estas redes tienen diferentes niveles de profundidad y se componen de tres capas principales: una capa de entrada, una capa de extracción de características y una capa de regresión. La red 1 (Figura 2) se basa en la estructura propuesta por Cui & Fearn (2018). En esta red, la capa de entrada convierte los espectros en vectores y los pasa a la siguiente capa. La capa convolucional (Conv1) utiliza un solo filtro para extraer un mapa de características, y luego una capa plana vuelve a vectorizar los datos para pasar a la parte final de la red, compuesta por capas completamente conectadas (FC). La regresión se realiza mediante un bloque de tres capas densas seguidas de capas de abandono, y una capa de salida con dos neuronas que corresponden a las dos variables objetivo, CA y CSS. Las tres capas densas contienen 128, 64 y 32 neuronas, respectivamente. El tamaño y paso del filtro, así como las tasas de abandono, fueron parte de los hiperparámetros que se optimizaron utilizando el método mencionado más adelante.

La red 2 se adaptó de la estructura DeepSpectra propuesta por X. Zhang et al. (2019) y tiene una mayor profundidad tanto en ancho como en largo (Figura 2). La capa de extracción de características se compone de tres capas convolucionales (Conv1, Conv2 y Conv3) con múltiples filtros de diferentes tamaños y operaciones paralelas entre capas, lo que le permite tener mayor capacidad de aprendizaje de patrones al tiempo que mantiene constante la complejidad de cálculos mediante el uso de capas de convolución 1x1 y de agrupación máxima. Las salidas paralelas se concatenan y se vectorizan a través de una capa plana para luego pasar a una capa FC. La regresión se realiza mediante una capa densa

seguida de una capa de abandono. Además, se incorpora una capa de normalización por lotes antes y después de la capa densa, lo que acelera el entrenamiento y mejora la precisión del modelo. La salida consta de dos neuronas que corresponden a las dos variables objetivo. Durante la optimización, se ajustaron los hiperparámetros como el tamaño y paso de los filtros, el número de neuronas y la tasa de abandono. Se ha comprobado que esta red tiene mejores resultados de predicción que redes con estructuras de menor y mayor profundidad (X. Zhang et al., 2019). Sin embargo, su rendimiento en la regresión multisalida no ha sido probado hasta ahora.

La red 3 fue adaptada a este problema utilizando la estructura de varias ramas propuesta por Padarian et al. (2018). La extracción de características se divide en dos partes: una capa Conv1 para características generales y dos capas Conv2 para características específicas de cada salida (Figura 2). Cada rama se encarga de realizar la regresión de una variable objetivo utilizando un bloque de capas FC que consta de pares de capas densas, capas de abandono y capas de normalización por lotes. Cada rama finaliza con una capa de salida con una neurona. Las capas Conv1 y Conv2 utilizan diferentes filtros de diferente tamaño, mientras que las capas densas contienen 64 y 16 neuronas, respectivamente. Durante la optimización, se ajustaron los hiperparámetros como el tamaño y paso de los filtros y la tasa de abandono. La motivación para utilizar esta estructura de red fue que las dos referencias de calidad podrían compartir características en los espectros, y se esperaba que una red con una sola salida tuviera un mejor rendimiento en comparación con un modelo de dos salidas.

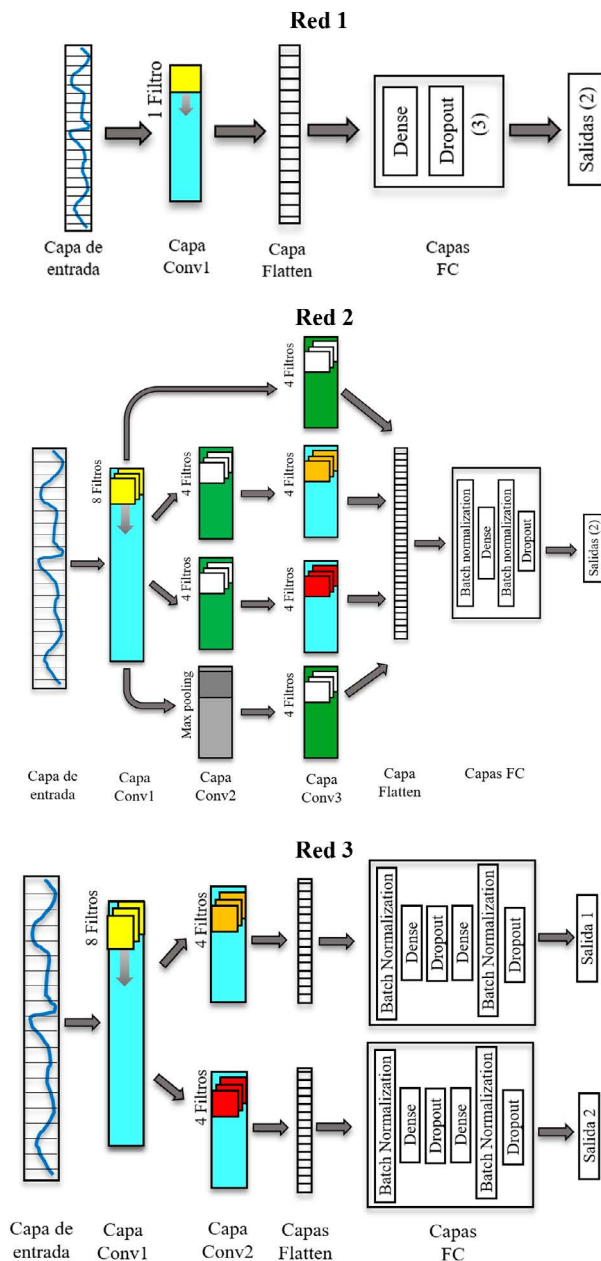


Fig. 2. Estructuras 1D-CNN multisalida. Los cuadros pequeños dentro de los rectángulos representan tensores, los módulos cian representan convolución general, los verdes convolución 1x1 y el gris agrupación máxima. Los colores diferentes en los filtros representan su tamaño y las flechas en múltiples direcciones representan conexión entre capas.

Para asegurar una mayor reproducibilidad y considerando que la inicialización de los pesos en un modelo afecta significativamente su rendimiento (GoodFellow et al., 2016), se utilizó la función “he_normal” con una semilla de 42

para inicializar los pesos en cada red durante el proceso de optimización. Los pesos se optimizaron utilizando el algoritmo Adam, que ajusta automáticamente la tasa de aprendizaje (LR) durante el entrenamiento. La LR se redujo automáticamente hasta un mínimo de 1×10^{-6} con la función “ReduceLROnPlateau” en un factor 0.5, sino se observaba mejora en la pérdida de validación durante 25 épocas. La función de pérdida a optimizar fue el error cuadrático medio (MSE) con regularización L2 a los pesos de cada capa (1), excepto la de salida, para evitar el sobreajuste. Además, se utilizó la función “EarlyStopping” para detener el entrenamiento antes de las épocas definidas en caso de no haber un cambio mínimo de 1×10^{-4} en la pérdida de validación, con una paciencia de 50 épocas. Las capas de abandono también ayudan a evitar el sobreajuste al apagar estocásticamente una fracción de las neuronas durante el entrenamiento y no hacerlo durante la inferencia. Para las capas Conv y densas, en la red 1 se empleó la función de activación Exponential Linear Unit (ELU), mientras que en las redes 2 y 3 se utilizó la función de activación LeakyReLU y en las capas de salida siempre se usó una función lineal, debido al problema de regresión.

Optimización de hiperparámetros

Con las estructuras base se optimizaron otros hiperparámetros clave utilizando una canalización de optimización automática basada en la técnica de optimización Bayesiana (BO) descrita por Passos & Mishra (2022). Esta técnica utiliza el estimador Parzen de estructura de árbol (TPE) y el algoritmo hiperbanda para realizar una búsqueda informada mientras administra eficientemente los recursos computacionales. La OB inicia con una fase de búsqueda aleatoria, en la que se realiza

un número inicial de ensayos para explorar el espacio de hiperparámetros y posicionar la búsqueda, y en la siguiente fase hace una exploración intensiva de mejores configuraciones. Se siguieron las recomendaciones de Passos & Mishra (2022) y se utilizaron al menos 10 ensayos iniciales y 150 adicionales por cada hiperparámetro que se buscaba optimizar, además, se configuraron 450 épocas como máximo para cada ensayo.

Es común y práctico partir de una estructura base para optimizar hiperparámetros clave y hacer cambios restringidos en la arquitectura, como agregar o eliminar capas de abandono, ajustar el número de neuronas en capas FC o utilizar regularización L2 en los pesos. En este caso se utilizó una estructura base hallada en la literatura (Cui & Fearn, 2018; Passos & Mishra,

2022; X. Zhang et al., 2019) y se realizaron modificaciones basadas en la experiencia personal y un proceso de prueba y error. Esto permitió obtener un rendimiento inicial de comparación para los resultados de la BO.

Los valores base, los rangos y los pasos de cada hiperparámetro y arquitectura se resumen en la Tabla 1 para cada una de las redes. Durante cada ensayo de optimización automática, se calibra un modelo utilizando el subconjunto de datos de calibración, se ajusta con el subconjunto de datos de validación y se guarda el mejor modelo utilizando la función “ModelCheckpoint”. Posteriormente, se carga el modelo para calcular el RMSE combinado en el subconjunto de validación para las referencias CA y CSS, y este valor se utiliza como función objetivo para la optimización.

Hiperparámetro o arquitectura	(Valor base) [Rango] / Paso		
	Red 1	Red 2	Red 3
Tamaño de filtro amarillo	(11) [3 – 49] /2	(7) [3 – 29] /2	(11) [3 – 29] /2
Paso de filtro amarillo	(1) [1 – 10] /1	(3) [1 – 10] /1	(3) [1 – 10] /1
Regularización L2	(0.0005) [0 – 0.05] ^a /0.0005	(0.001) [0.0005 – 0.05] ^a /0.0005	(0.002) [0.003 – 0.05] ^a /0.0005
Tamaño de batch	(64) [32 – 128] /32	(32) [64 – 128] /64	(64) [32 – 128] /32
Tasa de abandono	(0) ^b [0 – 0.6] /0.005	(0.2) [0 – 0.6] /0.005	(0.1) ^b [0 – 0.6] /0.005
Tasa de aprendizaje inicial	(c) [0.0025 – 0.02] /0.0025	(0.01) [1x10-8 – 0.07]	(c) [0.0025 – 0.02] /0.0025
Tamaño de filtro naranja		(3) [3 – 29] /2	(9) [3 – 29] /2
Paso de filtro naranja		(3) [1 – 10] /1	(2) [1 – 10] /1
Tamaño de filtro rojo		(5) [3 – 29] /2	(7) [3 – 29] /2
Paso de filtro rojo		(3) [1 – 10] /1	(2) [1 – 10] /1
Paso de filtros en Conv2		(2) [3 – 29] /2	
Número de neuronas		(16) [8 – 128] /8	
Ensayos iniciales	100	100	130
Ensayos totales	1300	1600	2100

^aPara datos con división K-S el límite inferior fue 0. ^bTasa de abandono específica para cada capa. ^cTasa de aprendizaje inicial determinada por la heurística LR=0.01*Bach/256.

Tabla 1. Intervalo de valores usados para la optimización de hiperparámetros y de arquitectura 1D-CNN multisalida.

El problema de sobreajuste o desajuste que sufren las arquitecturas de ANN puede ser fuertemente expuesto durante este proceso, especialmente si incluye una búsqueda de arquitectura (NAS) que permita una arquitectura poco profunda (Passos & Mishra, 2022), o si los conjuntos de datos no están bien equilibrados. Para evitar lo primero se limitó a la NAS restringida mencionada anteriormente y para lo segundo se utilizaron métodos de regularización. Añadir capas de abandono es la manera más simple de prevenir el sobreajuste y la regularización L2 es la forma más común de regularizar, porque afecta directamente a los pesos w del modelo en un factor λ como se observa en (1) (Cui & Fearn, 2018).

$$\text{Pérdida} = \text{MSE} + \frac{1}{2} \lambda \sum w_i^2 \quad (1)$$

Un modelo más profundo puede tener el mejor rendimiento si está bien regularizado (Lecun et al., 2015) o sobre ajustarse en caso contrario. Para evitar este problema con las redes más profundas de este estudio se acotó un límite inferior diferente de cero para el rango de búsqueda de valores de regularización L2 en la optimización con datos RS.

Evaluación de resultados

Para la evaluación del desempeño de los modelos en la predicción se utilizaron las métricas de error RMSE y coeficiente de determinación R^2 (2 y 3). En los subconjuntos de calibración y validación se calcularon el RMSEC y RMSEV, respectivamente, mientras que para el conjunto de prueba se utilizó el RMSEP y R^2 . Las unidades del error se calcularon inicialmente en valores normalizados de CA y CSS para facilitar la comparación entre los modelos. Sin embargo, también se desnormalizaron las predicciones

para poder calcular los errores en valores originales de las variables y compararlos con estudios anteriores.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y_n - \hat{y}_n)^2} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{n=1}^N (y_n - \hat{y}_n)^2}{\sum_{n=1}^N (y_n - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Donde N es el número de muestras sometidas a predicción, y_n , \hat{y}_n y \bar{y} son el valor objetivo real, predicho y promedio, respectivamente. El mayor rendimiento se definió con el menor RMSE y mayor R^2 .

Implementación

El diseño y entrenamiento de los modelos se realizó con las librerías de código abierto TensorFlow y Keras (2.8). Para la optimización de los modelos se usó la biblioteca Optuna (2.10.1). Todo se programó con lenguaje Python (3.7.14) en un entorno de ejecución de Google Colaboratory con ambiente de GPU.

Resultados y Discusión

Análisis de los datos

Las referencias de calidad utilizadas abarcan un amplio rango de valores que se encuentran bien equilibrados entre los conjuntos de entrenamiento y prueba (Tabla 2). El pepino tiene el valor promedio más bajo de CSS, mientras que el chayote presenta el valor más bajo de CA. Por otro lado, el melón muestra los valores más altos para ambas referencias. El calabacín presenta la mayor variación en ambas propiedades,

seguido del melón en el caso de CSS. La variabilidad de CSS es significativamente mayor que la de CA en todos los productos. El mejor modelo se utilizó de manera local para cada fruta, y se evaluó su desempeño utilizando el error cuadrático medio con corrección de sesgo (SEP), cuyos resultados muestran que el SEP se sitúa por debajo del valor comúnmente reportado de alrededor del 1% según Walsh et al. (2020), para la mayoría de las frutas evaluadas (Tabla 2). Los espectros de los productos tienen un patrón similar, pero presentan múltiples variaciones (Figura 3). La región más diferenciada corresponde al rango visible (400-700 nm), que

está estrechamente relacionada con el color de la muestra. La absorbancia de clorofila en 680 nm se observa como un pico para los productos verdes. Además, las bandas de absorción de enlaces H-O y C-H se encuentran en los rangos de 700-800 nm y 900-1000 nm, respectivamente (Murray, 2004), y se visualizan como valles y picos en las regiones mencionadas, mientras que otras características de absorción se superponen y complican la interpretación del espectro. Los atributos de calidad pueden ser relacionados con la presencia de estos enlaces químicos, así como con el contenido de pigmentos en la muestra (H. Wang et al., 2015).

Atributo	Producto	Completos (M ± DS)	Entren. (M ± DS)	Prueba (M ± DS)	SEP
CA	Calabacín	94.00 ± 1.3	93.99 ± 1.3	94.03 ± 1.3	1.08
	Calabaza amarga	90.28 ± 1	90.31 ± 1.1	91.36 ± 0.9	0.87
	Calabaza de cresta	92.16 ± 0.7	92.00 ± 0.8	92.49 ± 0.5	0.92
	Melón	95.77 ± 0.5	95.83 ± 0.5	95.63 ± 0.6	0.39
	Chayote	89.80 ± 0.7	89.78 ± 0.6	89.85 ± 0.8	0.21
	Pepino	91.76 ± 0.4	91.67 ± 0.4	91.93 ± 0.5	0.3
	<i>General</i>	92.3 ± 2.4	92.29 ± 2.4	92.31 ± 2.3	0.69
CSS	Calabacín	3.77 ± 14.2	3.74 ± 15.4	3.83 ± 11.6	0.58
	Calabaza amarga	4.06 ± 9.2	4.08 ± 9.2	3.62 ± 10.2	0.34
	Calabaza de cresta	3.23 ± 6.1	3.24 ± 6.2	3.22 ± 6.1	0.19
	Melón	8.49 ± 13.3	8.54 ± 13.4	8.39 ± 13.4	0.69
	Chayote	3.82 ± 5.3	3.80 ± 5.4	3.84 ± 5.1	0.29
	Pepino	3.18 ± 5.5	3.20 ± 5.9	3.12 ± 4.2	0.11
	<i>General</i>	4.42 ± 43.6	4.45 ± 44.1	4.37 ± 42.6	0.39

DS se presenta como el porcentaje de desviación estándar respecto a la media (M) de valores en cada producto. Cada SEP corresponde a ~17 productos de prueba.

Tabla 2. Atributos de calidad interna en seis cucurbitáceas.

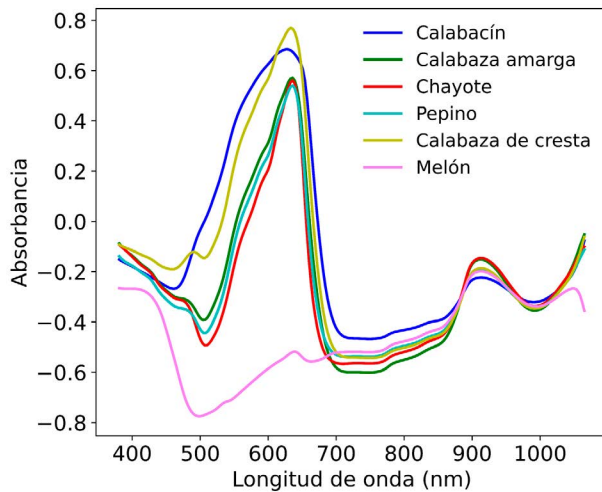


Fig. 3. Espectros promedio de seis productos de la familia Cucurbitaceae.

Regularización de modelos

Con la configuración base de cada red la búsqueda inicial fue el valor mínimo de regularización L2 para evitar que los modelos “aprendan” las salidas en lugar de capturar patrones generalizables. Los resultados de esta exploración se presentan en la Figura 4, donde se muestra el comportamiento del RMSE en cada subconjunto de datos en función de la fuerza de regularización L2 (β). Para el caso de datos RS, se observa que en cada red, los RMSEC y RMSEV son muy similares (Figura 4A-C), debido a la similitud en la variabilidad de los datos en ambos subconjuntos. Sin embargo, al utilizar la división K-S seguida del aumento de datos se generaron dos subconjuntos con diferente grado de complejidad, por lo que los RMSEC y RMSEV difieren significativamente, siendo el RMSEV mayor (Figura 4D-F). El conjunto de prueba se utilizó para detectar el sobreajuste cuando su error es mayor que el error de entrenamiento. En la red 1, una tasa de abandono del 0.1 fue suficiente para generalizar correctamente, incluso sin regularización L2 (Figura 4A), pero para

el caso de la red 2 y la red 3 se encontró que además de la tasa de abandono, se requería un valor β mínimo de 0.0005 y 0.003, respectivamente (Figura 4B, C). Por su parte, el RMSEP de los modelos calibrados con datos K-S siempre se mantiene por debajo o entre el RMSEC y el RMSEV (Figura 4D-F), lo que indica que las redes son capaces de generalizar incluso sin regularización L2. Por lo tanto, se establecieron estos valores de β como el límite mínimo para la optimización de cada red (representada por la línea discontinua verde en la figura). Al ejecutar una optimización sin este límite, se obtuvieron para la red 2, valores óptimos de la tasa de abandono de 0.13 y $\beta=0$. Sin embargo, esto resultó en un claro ejemplo de sobreajuste, con valores de RMSEC=0.0212, RMSEV=0,0225 y RMSEP=0.0279. Esto demuestra que una tasa de abandono por sí sola no es suficiente para evitar el sobreajuste de los modelos.

El hecho de que un aumento en la fuerza de regularización L2 resulte en un aumento del error se debe a la disminución de la capacidad de las redes para ajustarse a los datos, pero se espera que la optimización logre disminuir el error de entrenamiento sin reducir significativamente la brecha entre el error de entrenamiento y el error de prueba, y lo haga a una velocidad mayor. La similitud del RMSEV con el RMSEP justifica el uso de este error como función objetivo para la optimización, e indica que el modelo generaliza bien en el conjunto de validación y es capaz de mantener un rendimiento similar en el conjunto de prueba. Adicionalmente, se puede notar que los errores de predicción de prueba son más bajos con el modelo de la red 3, lo que sugiere que es más fácil encontrar manualmente una configuración de hiperparámetros en la red de dos ramas para calibrar un modelo más preciso.

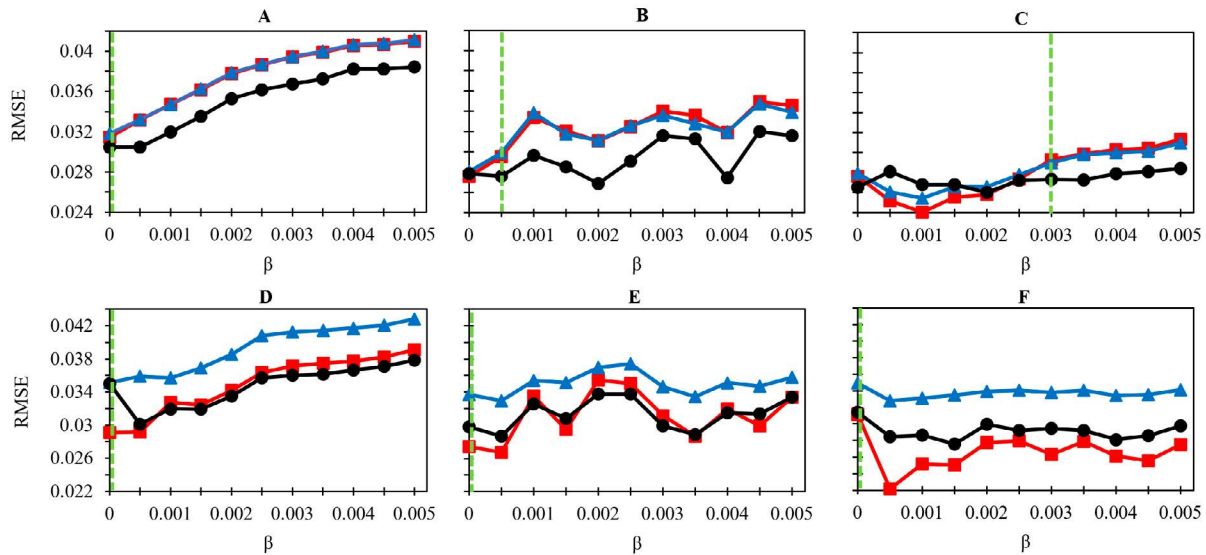


Fig. 4. Criterios de selección de mínima fuerza de regularización de pesos para la optimización con datos RS (A, B, C) y K-S (D, E, F), de las redes 1 (A, D), 2 (B, E) y 3 (C, F). En rojo, el RMSEC, azul RMSEV y negro RMSEP. La línea discontinua verde representa el punto donde las redes comienzan a generalizar.

Optimización de los modelos

En la estación de trabajo utilizada con una RAM asignada de 16GB, el proceso de optimización de los 1300 modelos con la red 1 tomó un tiempo de 10h 48min y 7h 48min con datos RS y K-S, respectivamente. Para el modelo de red 2 tomó 18h 20min y 11h 50min con datos RS y K-S, respec-

tivamente, en optimizar los 1600 modelos. Por su parte, la optimización de los 2100 modelos con la red 3 demoró 21h 50min y 23h 50min con datos RS y K-S, respectivamente. En la Tabla 3 se presentan los hiperparámetros optimizados para cada modelo, y en la última fila se muestra el mejor ensayo para cada caso.

Hiperparámetro o arquitectura	Valor (Datos RS / datos K-S)		
	Red 1	Red 2	Red 3
T filtro amarillo	23 / 33	19 / 27	23 / 15
P filtro amarillo	3 / 7	2 / 4	10 / 5
Regularización L2	0 / 0	0.0005 / 0.006	0.003 / 0.002
T Batch	64 / 64	64 / 64	64 / 64
Tasa de abandono por capa	[0.135, 0.31, 0] / [0.225, 0.02, 0.115]	0.205 / 0.105	[0.075, 0.075, 0.395, 0.195]* / [0.045, 0.36, 0.15, 0.175]*
LR inicial	0.0075 / 0.015	0.0075 / 0.005	0.0025 / 0.0075
T filtro naranja		25 / 19	17 / 15
P filtro naranja		2 / 1	1 / 10
T filtro rojo		19 / 19	21 / 7
P filtro rojo		2 / 1	2 / 1
P filtros Conv2		2 / 1	
Neuronas		24 / 72	
Mejor ensayo	605 / 832	1482 / 1595	895 / 1640

* Las dos primeras tasas corresponden a la rama superior y las dos restantes a la rama inferior. T=Tamaño y P=Paso.

Tabla 3. Hiperparámetros optimizados para tres modelos 1D-CNN.

Con los hiperparámetros óptimos se generó una nueva instancia de cada arquitectura 1D-CNN, se entrenó durante 50 ejecuciones repetidas con un máximo de 400 épocas y se registraron el promedio y la desviación estándar del RMSE en cada subconjunto de datos para tener una medida más robusta del rendimiento de cada red. Además, la LR inicial al ser considerada el hiperparámetro más importante (GoodFellow et al., 2016) fue reajustada a un valor cercano al obtenido durante la optimización, con el propósito de mejorar aún más el error de validación promedio de las 50 repeticiones. De esta manera la LR fue de 0.006 y 0.015 para la red 1, 0.007 y 0.004 para la red 2 y para la red 3 de 0.0025 y 0.07, para datos RS y K-S, respectivamente en cada red.

Para una mejor comprensión, la Tabla 4 presenta los valores de RMSE combinados para CA y CSS, normalizados. Se observa que la OB mejoró, el RMSEV en las redes 1 y 2 pero no en la red 3. Sin embargo, en las tres redes se observó una mejora en el RMSEP, lo cual es consistente con los resultados de Passos & Mishra (2022). El incremento en el RMSEV en la red 3 se debe a que este modelo es más regularizado en comparación con el modelo base, lo cual se refleja en la mejora del RMSEP. Por otro lado, la elección de la estrategia de separación de datos tuvo un impacto significativo en el rendimiento de todos los modelos, con una ventaja en favor de RS (Tabla 4 y 5), contrario a los resultados de Ferreira et al. (2022), quienes encontraron errores más bajos utilizando la estrategia de división K-S. Es importante considerar que el presente problema involucra muestras multiproducto, y una selección aleatoria de datos tiene más probabilidades de dividir el conjunto de datos de manera más equitativa entre las diferentes frutas, lo que podría resultar en un conjunto de

validación más similar al conjunto de prueba. La red 2 exhibe una mayor variabilidad en sus resultados, con desviación estándar del RMSEP de hasta $\pm 3.8\%$ del promedio, pero es menor que la reportada por X. Zhang et al. (2019) de hasta $\pm 17\%$. Esto se debe a que en nuestro caso se configuró una semilla para la inicialización de los pesos de la red neuronal. Por su parte, la red 3 mostró mayor robustez en comparación con la red 2, mientras que la red 1 demostró el rendimiento más estable y consistente, lo cual indica que a medida que se incrementa la profundidad de un modelo 1D-CNN, aumenta la aleatoriedad inherente a la modelación estocástica, especialmente cuando se utiliza una GPU. Esta variabilidad permitió obtener de las repeticiones, modelos con mayor y menor precisión que el promedio, y en la columna “Mejor” de la Tabla 4 se indica el RMSEP más bajo obtenido en cada caso.

Con los hiperparámetros óptimos, se observaron cambios en el número promedio de épocas requeridas para la convergencia de los modelos. En la red 1, este número se redujo de 340 a 155, lo que indica una mejora significativa en la eficiencia del modelo. En contraste, en la red 2, el número de épocas aumentó ligeramente 220 a 275, lo cual puede atribuirse a la mayor complejidad de esta red. Por otro lado, en la red 3, este valor disminuyó de 370 a 350. Estos hallazgos respaldan la afirmación de que el modelo propuesto por Cui & Fearn (2018) en la red 1 es una opción prometedora para el modelado preciso, rápido y robusto de datos espectrales, como también se ha demostrado en varios otros estudios anteriores (Mishra & Passos, 2021a, 2021b, 2022).

A pesar de que el modelo de la red 2 es más profundo que la red 3, se logró un tiempo de

División de datos	Red	Base (Media ± DS)			Optimizada (Media ± DS)			Mejora		Mejor
		RMSEC	RMSEV	RMSEP	RMSEC	RMSEV	RMSEP	RMSEV	RMSEP	
RS	N1	0.0307 ± 1.4E-9	0.0305 ± 1.7E-9	0.0286 ± 2.2E-9	0.0270 ± 1.9E-9	0.0274 ± 1.9E-9	0.0247 ± 3.3E-9	10.30%	13.50%	0.0247
	N2	0.0322 ± 1.5E-3	0.0321 ± 1.5E-3	0.0287 ± 1.7E-3	0.0275 ± 1.4E-3	0.0279 ± 1.2E-3	0.0265 ± 1.0E-3	13.20%	7.90%	0.0247
	N3	0.0264 ± 6.4E-4	0.0270 ± 4.5E-4	0.0266 ± 3.6E-4	0.0279 ± 3.3E-4	0.0283 ± 2.6E-4	0.0256 ± 3.9E-4	-4.55%	3.50%	0.0254
K-S	N1	0.0239 ± 1.2E-8	0.0338 ± 5.8E-9	0.0294 ± 6.9E-9	0.0294 ± 2.4E-9	0.0334 ± 1.5E-9	0.029 ± 3.2E-9	1.00%	1.40%	0.029
	N2	0.0304 ± 1.8E-3	0.0347 ± 1.1E-3	0.0303 ± 1.5E-3	0.0291 ± 1.2E-3	0.0343 ± 5.6E-4	0.0297 ± 6.9E-4	1.10%	1.90%	0.0289
	N3	0.0219 ± 2.0E-3	0.0327 ± 4.9E-4	0.0289 ± 6.1E-4	0.0270 ± 1.4E-3	0.0334 ± 5.1E-4	0.028 ± 8.8E-4	-2.40%	3.40%	0.0276

Los resultados se presentan en unidades normalizadas. N=Red y DS=Desviación estándar.

Tabla 4. Errores de predicción de tres modelos 1D-CNN multisalida antes y después de la optimización automática.

optimización menor gracias al uso del módulo Inception, además, a pesar de su varianza en los resultados de cada nuevo entrenamiento, la red 2 tiene la capacidad de obtener modelos con un rendimiento similar al de la red 1 (Tabla 4 y Tabla 6). Durante el proceso de optimización de la red 3, se observó que el algoritmo de hiperbanda detuvo un menor número de ensayos en comparación con en la red 2. Esto sugiere que había muchas configuraciones de hiperparámetros que proporcionaban buenos resultados. Además, teniendo en cuenta que la configuración base de la red 3 fue la que mostró el mejor rendimiento entre las tres, se puede inferir que es más probable encontrar una configuración óptima al azar en la red de dos ramas.

Las 50 predicciones realizadas con los modelos óptimos fueron desnormalizadas para calcular el coeficiente R^2 y el RMSEP en las mismas unidades que los atributos de calidad. Con modelo de red 1, se obtuvo un RMSEP promedio de 0.566 para CA y 0.309 para CCS. Además, se observó

una correlación destacada, con un R^2 promedio de 0.93 para CA y 0.972 para SSC. Estos resultados superan a los obtenidos por Kusumiyati et al. (2021a) utilizando regresión PLS y espectros preprocesados con corrección de la señal ortogonal, así como a los resultados de Hayati et al. (2020) utilizando PCR (Tabla 5). El modelo de red 1 también mostró un RMSE combinado para ambas referencias aproximadamente 3 % menor que con PLSR con espectros preprocesados, y al considerar el RMSE con espectros en bruto, la mejora fue aún más significativa, con una reducción de más del 28%, comparando en ambos casos con el estudio de Kusumiyati et al. (2021a). Además, el modelo de red 1 mostró un R^2 significativamente mayor que todos los modelos, con nivel de confianza del 95%. Con el mismo nivel de confianza, los modelos 2 y 3 mostraron un R^2 de predicción de SSC significativamente mejor que los modelos PLSR, pero no se encontró diferencia significativa en la predicción de CA. En general, todos los modelos 1D-CNN superaron los resultados de PCR.

Datos	Métrica	Red 1 (M±DS)	Red 2 (M±DS)	Red 3 (M±DS)	PLS	PCR
RS	Contenido de agua (%)					
	RMSEP	0.566 ± 3.4E-16	0.612 ± 0.23	0.599 ± 0.006	0.58	0.85
	R ²	0.93 ± 9.0E-16	0.918 ± 0.006	0.921 ± 0.002	0.92	0.84
	Contenido de sólidos solubles (%Brix)					
	RMSEP	0.309 ± 3.4E-16	0.323 ± 0.018	0.313 ± 0.005	0.32	0.38
	R ²	0.972 ± 1.0E-15	0.97 ± 0.004	0.971 ± 0.001	0.96	0.95
K-S	Contenido de agua (%)					
	RMSEP	0.636 ± 2.1E-7	0.677 ± 0.016	0.644 ± 0.022		
	R ²	0.911 ± 5.5E-8	0.9 ± 0.005	0.909 ± 0.006		
	Contenido de sólidos solubles (%Brix)					
	RMSEP	0.388 ± 9.4E-8	0.373 ± 0.012	0.354 ± 0.012		
	R ²	0.956 ± 2.2E-8	0.959 ± 0.003	0.964 ± 0.002		

La regresión PLS y PCR corresponde a estudios previos, la división RS y K-S es para calibración/ajuste de las redes y no aplica para estas columnas. M=promedio y DS=desviación estándar. En negrita los mejores valores.

Tabla 5. Rendimiento de tres modelos 1D-CNN multisalida en comparación con PLSR y PCR de salida única.

En la Tabla 6 se presenta un resumen de los mejores modelos obtenidos de las 50 repeticiones del entrenamiento de cada red. Es interesante observar que, debido a la variabilidad inherente de la red 2, se pudo generar un modelo con un rendimiento similar al de la red 1. Además, todos los modelos no lineales de salida múltiple lograron superar el método lineal PLSR, excepto en el caso del error del modelo 3 para CA. Aunque los resultados de la red 2 y 3 dependen en mayor medida de la aleatoriedad presente en las repeticiones del entrenamiento, en la práctica se suele dar preferencia al modelo con el menor RMSE y mayor R², que podría ser encontrado con las repeticiones adecuadas.

Atributo	Métrica	Red 1	Red 2	Red 3	PLSR
CA	RMSEP	0.566	0.563	0.596	0.58
	R ²	0.93	0.93	0.922	0.92
CSS	RMSEP	0.309	0.311	0.311	0.32
	R ²	0.972	0.972	0.972	0.96

Tabla 6. Comparación de rendimientos con modelos 1D-CNN y PLSR

Las mejores correlaciones obtenidas en los modelos multiproducto-multisalida de las redes 1 y 2 superaron a las obtenidas en estudios anteriores en la predicción de CA en pepino (Kavdir et al., 2007), la predicción de CSS en melón (Ito et al., 2001; Li et al., 2019) y la predicción de CA en melón (Hadiwijaya et al., 2020). La variabilidad global puede mejorar el rendimiento de la modelación no lineal, tal como se ha observado en otros estudios (Anderson et al., 2021), mientras que con modelos lineales se han encontrado mejores resultados con modelos locales (Anderson et al., 2020; Teh et al., 2020; Y. Zhang et al., 2019).

Para evaluar si un modelo 1D-CNN de salida múltiple es más conveniente que sus equivalentes de salida única, se optimizaron dos modelos de la red 1 con datos RS para salidas individuales con el mismo rango de hiperparámetros que se encuentran en la Tabla 1. El proceso de optimización tomó 11h 10min para el atributo CA y 11h 20min para el atributo SSC. Los hiperpa-

rámetros óptimos resultantes se presentan en la Tabla 7, con ellos se volvió a entrenar cada modelo individual y se evaluó su desempeño en el conjunto de prueba. Los resultados finales para el atributo CA mostraron un RMSEP de 0.568 y un R^2 de 0.929, mientras que para el atributo CSS se obtuvo un RMSEP de 0.30 y un R^2 de 0.974. En el caso de CA el rendimiento fue prácticamente el mismo en comparación con el modelo de salida múltiple, mientras que hubo una ligera mejora en el error para SSC. Estas mejoras también fueron observadas por Mishra & Passos (2022) en el que se predijo CA y CSS en peras utilizando modelos 1D-CNN tanto de salida múltiple como de salida única. Si bien se podría esperar una mejora para ambos atributos con redes de salida única, especialmente si uno es más difícil de modelar que otro, en este caso el RMSEP y R^2 más bajos para CA indican un límite en su modelación utilizando los espectros y el método utilizado en este estudio. Considerando que el tiempo requerido para optimizar dos modelos individuales fue el doble del tiempo necesario para optimizar uno de salida única, no hubo una ventaja práctica en la optimización de modelos de salida única en comparación con modelos de salida múltiple. Por ende, los modelos de salida múltiple son igualmente convenientes o incluso más convenientes en términos de tiempo y rendimiento.

Hiperparámetro o arquitectura	Valor para CA	Valor para CSS
Tamaño de filtro	23	39
Paso de filtro	6	10
Regularización L2	0	0
Tamaño de Batch	64	64
Tasa de abandono por capa	[0.1, 0.305, 0.075]	[0.03, 0.495, 0.025]
Tasa de aprendizaje inicial	0.0155	0.02

Tabla 7. Hiperparámetros óptimos para la red 1 de salida única.

Como nota final, mientras que el preprocesamiento de espectros es un requisito previo en el modelado lineal, en el modelado profundo las capas convolucionales lo realizaron de manera autónoma. Dada la similitud y mejora de los resultados de este estudio con respecto a estudios anteriores, se sugiere que las capas convolucionales son capaces de corregir los espectros de manera similar e incluso mejor que métodos como la corrección de la señal ortogonal. Esta ventaja es significativa, ya que no solo se ahorran pasos en el proceso de modelado espectral, sino que también se evita la posibilidad de elegir un preprocesamiento incorrecto que pueda afectar negativamente el rendimiento, como se descubrió en el estudio de Mishra et al. (2021).

Conclusiones

En este estudio se demostró la utilidad del aprendizaje profundo (DL) para la predicción simultánea del contenido de agua y sólidos solubles en múltiples productos de una familia vegetal utilizando espectros Vis-NIR. A través de la optimización automática, se lograron encontrar modelos 1D-CNN óptimos para la modelación espectral. Entre estos modelos, se observó que el más simple, con una sola capa convolucional, presentó un rendimiento más robusto y fue más preciso en comparación con el método quimiométrico clásico conocido como PLSR, además obtuvo prácticamente el mismo rendimiento que dos modelos 1D-CNN de salida única, lo que se sugiere que los datos espectrales multiproducto pueden ser modelados de manera más efectiva con modelos más parsimoniosos. El uso del DL en este estudio permitió minimizar la interferencia humana en el proceso de modelado espectral, lo que puede facilitar el desarrollo de modelos de pre-

dicción de manera más eficiente. Aunque el uso del DL requiere de costos computacional mayores, esta limitación puede ser compensada por el rápido avance tecnológico actual. En consecuencia, el uso del DL en el modelado espectral para evaluar la calidad interna en frutas en el proceso postcosecha se ve respaldado y promovido. Se alienta a otros investigadores a aplicar las técnicas de DL en nuevos problemas de regresión y clasificación espectral, ampliando el alcance de esta técnica a media que se incorporan más variedades de frutas y verduras, así como más atributos de calidad como la acidez titulable y firmeza en modelos globales. Esto permitiría seguir avanzando en el desarrollo y aplicaciones de la espectroscopía Vis-NIR en la evaluación no destructiva de la calidad de productos agrícolas.

Referencias

- Anderson, N. T., & Walsh, K. B. (2022). Review: The evolution of chemometrics coupled with near infrared spectroscopy for fruit quality evaluation. *Journal of near infrared spectroscopy*, 30(1), 3–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1364/JNIRS.30.000003>
- Anderson, N. T., Walsh, K. B., Flynn, J. R., & Walsh, J. P. (2021). Achieving robustness across season, location and cultivar for a NIRS model for intact mango fruit dry matter content. II. Local PLS and nonlinear models. *Postharvest Biology and Technology*, 171, 111358. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111358>
- Anderson, N. T., Walsh, K. B., Subedi, P. P., & Hayes, C. H. (2020). Achieving robustness across season, location and cultivar for a NIRS model for intact mango fruit dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*, 168(February), 111202. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.11120>
- Arendse, E., Fawole, O. A., Magwaza, L. S., & Opara, U. L. (2017). Non-destructive prediction of internal and external quality attributes of fruit with thick rind: A review. *Journal of Food Engineering*, 217, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.009>
- Bjerrum, E. J., Glahder, M., & Skov, T. (2017). Data Augmentation of Spectral Data for Convolutional Neural Network (CNN) Based Deep Chemometrics. *arXiv:1710.01927 [cs.LG]*, 1–10. <https://arxiv.org/abs/1710.01927>
- Bobelyn, E., Serban, A., Nicu, M., Lammer-tyn, J., Nicolai, B. M., & Saeys, W. (2010). Postharvest quality of apple predicted by NIR-spectroscopy: Study of the effect of biological variability on spectra and model performance. *Postharvest Biology and Technology*, 55, 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.09.006>
- Cui, C., & Fearn, T. (2018). Modern practical convolutional neural networks for multivariate regression: applications to NIR calibration. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 182, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2018.07.008>
- Ferrari, C., Foca, G., Calvini, R., & Ulrici, A. (2015). Fast exploration and classification of large hyperspectral image datasets for early bruise detection on apples. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 146, 108–119. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.05.016>

- Ferreira, R. D. A., Teixeira, G., & Peternelli, L. A. (2022). Kennard-Stone method outperforms the Random Sampling in the selection of calibration samples in SNPs and NIR data. *Ciencia Rural*, 52(5), e20201072.
- GoodFellow, I., Bengio, J., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Hadiwijaya, Y., Kusumiyati, K., & Munawar, A. A. (2020). Penerapan Teknologi Visible-Near Infrared Spectroscopy untuk Prediksi Cepat dan Simultan Kadar Air Buah Melon (*Cucumis melo L.*) Golden. *Agroteknika*, 3(2), 67–74. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v3i2.83>
- Hayati, R., Arip, A., & Fachruddin, F. (2020). Enhanced near infrared spectral data to improve prediction accuracy in determining quality parameters of intact mango. *Data in Brief*, 30, 105571. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105571>
- Ito, H., Morimoto, S., & Yamauchi, R. (2001). Potential of near infrared spectroscopy for non-destructive estimation of soluble solids in growing melons. *Acta Horticulturae*, 566, 483–486. <https://doi.org/10.17660/Acta-Hortic.2002.588.57>
- Jha, S. N., Jaiswal, P., Narsaiah, K., Gupta, M., Bhardwaj, R., & Singh, A. K. (2012). Non-destructive prediction of sweetness of intact mango using near infrared spectroscopy. *Scientia Horticulturae*, 138(2012), 171–175. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.031>
- Kavdir, I., Lu, R., Ariana, D., & Ngouajio, M. (2007). Visible and near-infrared spectroscopy for nondestructive quality assessment of pickling cucumbers. Poster Proceedings of the Sixth European Conference on Precision Agriculture (6ECPA), 44, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.002>
- Kennard, R. W., & Stone, L. A. (1969). Computer aided design of experiments. *Technometrics*, 11(1), 137–148.
- Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., & Munawar, A. A. (2021a). Multi-product calibration model for soluble solids and water content quantification in Cucurbitaceae family, using visible/near-infrared spectroscopy. *Heliyon*, 7(8), e07677. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E07677>
- Kusumiyati, K., Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., & Arip Munawar, A. (2021). Dataset of Vis-NIR spectra for intact cucurbitaceae fruits. *En Mendeley Data*, V1. <https://doi.org/doi:10.17632/k55b8mvs84.1>
- Kusumiyati, K., Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., & Munawar, A. A. (2021b). Enhanced visible/near-infrared spectroscopic data for prediction of quality attributes in Cucurbitaceae commodities. *Data in Brief*, 39, 107458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107458>
- Lakshmi, S., Pandey, A. K., Ravi, N., Chauhan, O. P., Gopalan, N., & Sharma, R. K. (2017). Non-destructive quality monitoring of fresh fruits and vegetables. *Defense Life Science Journal*, 2(2), 103–110. <https://doi.org/10.14429/dlsj.2.11379>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>

- Li, M., Han, D., & Liu, W. (2019). Non-destructive measurement of soluble solids content of three melon cultivars using portable visible/near infrared spectroscopy. *Biosystems Engineering*, 188, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.003>
- Masithoh, R. E., Lohumi, S., Yoon, W.-S., Amanah, H. Z., & Cho, B. (2020). Development of multi-product calibration models of various root and tuber powders by fourier transform near infra-red (FT-NIR) spectroscopy for the quantification of polysaccharide contents. *Heliyon*, 6, e05099. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05099>
- Mishra, P., Biancolillo, A., Roger, J. M., Marini, F., & Rutledge, D. N. (2020). New data preprocessing trends based on ensemble of multiple preprocessing techniques. *Trends in Analytical Chemistry*, 132, 116045. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116045>
- Mishra, P., & Passos, D. (2021a). A synergistic use of chemometrics and deep learning improved the predictive performance of near-infrared spectroscopy models for dry matter prediction in mango fruit. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 212(2021), 104287. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2021.104287>
- Mishra, P., & Passos, D. (2021b). Deep chemometrics: Validation and transfer of a global deep near-infrared fruit model to use it on a new portable instrument. *Journal of Chemometrics*, 35(10), 1–12. <https://doi.org/10.1002/cem.3367>
- Mishra, P., & Passos, D. (2021c). Realizing transfer learning for updating deep learning models of spectral data to be used in a new scenario. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 104248. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2021.104283>
- Mishra, P., & Passos, D. (2022). Multi-output 1-dimensional convolutional neural networks for simultaneous prediction of different traits of fruit based on near-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 183(2022), 111741. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111741>
- Mishra, P., Rutledge, D. N., Roger, J. M., Wali, K., & Khan, H. A. (2021). Chemometric pre-processing can negatively affect the performance of near-infrared spectroscopy models for fruit quality prediction. *Talanta*, 229, 122303. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122303>
- Murray, I. (2004). Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. *En Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference* (pp. 1–12). NIR Publications. www.nirpublications.com
- Nallan-Chakravartula, S. S., Moschetti, R., Bedini, G., Nardella, M., & Massantini, R. (2022). Use of convolutional neural network (CNN) combined with FT-NIR spectroscopy to predict food adulteration: A case study on coffee. *Food Control*, 135, 108816. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108816>
- Padarian, J., Minasny, B., & Mcbratney, A. B. (2018). Using deep learning to predict soil properties from regional spectral data. *Geoderma Regional*, 15, e00198. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.001>

g/10.1016/j.geodrs.2018.e00198

- Passos, D., & Mishra, P. (2022). A tutorial on automatic hyperparameter tuning of deep spectral modelling for regression and classification tasks. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 223, 104520. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2022.104520>
- Pathmanaban, P., Gnanavel, B. K., & Anandan, S. S. (2019). Recent application of imaging techniques for fruit quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.004>
- Rambo, M. K. D., Ferreira, M. M. C., & Amorim, E. P. (2015). Multi-product calibration models using NIR spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 151, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.12.013>
- Saeyns, W., Nguyen Do Trong, N., van Beers, R., & Nicolai, B. M. (2019). Multivariate calibration of spectroscopic sensors for postharvest quality evaluation: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 158, 110981. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110981>
- Teh, S. L., Coggins, J. L., Kostick, S. A., & Evans, K. M. (2020). Location, year, and tree age impact NIR-based postharvest prediction of dry matter concentration for 58 apple accessions. *Postharvest Biology and Technology*, 166(May), 111125. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111125>
- Torniainen, J., Afara, I. O., Prakash, M., Sarin, J. K., Stenroth, L., & Töyräs, J. (2020). Open-source python module for automated preprocessing of Near Infrared Spectroscopic data. *Analytica Chimica Acta*, 1108, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.02.030>
- Vidal, G. I. (2019). Fenotipado rápido de germoplasma de tomate por características de calidad organoléptica para su uso en programas de mejora [Tesis doctoral]. Universitat Jaume I.
- Walsh, K. B., Blasco, J., Zude-Sasse, M., & Sun, X. (2020). Visible-NIR ‘point’ spectroscopy in postharvest fruit and vegetable assessment: The science behind three decades of commercial use. *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111246. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2020.111246>
- Walsh, K. B., Mcglone, V. A., & Han, D. H. (2020). The uses of near infrared spectroscopy in postharvest decision support: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111139. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111139>
- Wang, H., Peng, J., Xie, C., Bao, Y., & He, Y. (2015). Fruit Quality Evaluation Using Spectroscopy Technology: A Review. *Sensors*, 15(5), 11889–11927. <https://doi.org/10.3390/s150511889>
- Wang, J., Wang, J., Chen, Z., & Han, D. (2017). Development of multi-cultivar models for predicting the soluble solid content and firmness of European pear (*Pyrus communis* L.) using portable vis-NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 129, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.03.012>

Zhang, X., Lin, T., Xu, J., Luo, X., & Ying, Y. (2019). DeepSpectra: An end-to-end deep learning approach for quantitative spectral analysis. *Analytica Chimica Acta*, 1058, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.01.002>

Zhang, Y., Nock, J. F., Al Shoffe, Y., & Watkins, C. B. (2019). Non-destructive prediction of soluble solids and dry matter contents in eight apple cultivars using near-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 151(January), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.01.009>

Trabajo colaborativo en estudiantes de licenciatura

Collaborative work in undergraduate students

¹Favian Aquiahuatl Denicia, ²José David Cabrera Canales, ³Margarita Álvarez González
¹favian.aquiahuatl@uatx.mx, ²josedavid.cabrera@uatx.mx, ³margarita.alvarez@uatx.mx
⁴Emma B. Barrientos Mercado ⁵Lenin García Flores
⁴emmabbarrientos@yahoo.com.mx ⁵lgarciaf@uatx.mx

Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Criminología
Universidad Autónoma de Tlaxcala

Fecha de recepción: 3 de mayo de 2023

Fecha de aceptación: 19 de julio de 2023

Resumen

El objetivo de la presente investigación es sustraer las perspectivas y desarrollo del trabajo colaborativo en la comunidad estudiantil de Ciencias Políticas y Administración Pública de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. La metodología fue cuantitativa, se aplicó un cuestionario a 163 estudiantes, se utilizaron estadísticas descriptivas y análisis correlacionales. Los hallazgos; distinción entre el trabajo colaborativo y el trabajo por equipo, el 45% de las ocasiones se ha logrado una integración total de los participantes, las variables consideradas más relevantes son; responsabilidad, comunicación y compromiso. En conclusión, el desarrollo del trabajo colaborativo potencia las habilidades de los estudiantes.

Palabras clave: trabajo colaborativo, habilidades, conocimiento, estudiantes de licenciatura.

Abstract

The objective of this research is to subtract the perspectives and development of collaborative work in the student community of Political Sciences and Public Administration of the Autonomous University of Tlaxcala. The methodology was quantitative, a questionnaire was applied to 163 students, descriptive statistics and correlational analyzes were used. The findings; distinction between collaborative work and team work, 45% of the occasions a total integration of the participants has been achieved, the variables considered most relevant are; responsibility, communication and commitment. In conclusion, the development of collaborative work enhances the skills of students.

Keywords: collaborative work, skills, knowledge, undergraduate students.

Introducción

La construcción del conocimiento ha transitado por distintas etapas y procesos, el que hoy nos ocupa, alude al trabajo colaborativo que consiste en articular los saberes, específicamente el que se refiere a saber convivir; autonomía, revalorización, formar comunidad, es decir, la interacción de los participantes y con ello alcanzar la meta del aprendizaje en sinergia.

Los planteamientos que guían esta investigación se refieren a identificar: ¿Los participantes distinguen el trabajo colaborativo del trabajo por equipo?, ¿Cuáles son los requerimientos personales y materiales para desarrollar el trabajo colaborativo? ¿Qué habilidades se potencian al desarrollar el trabajo colaborativo?, ¿Qué dificultades enfrentan los participantes para realizar el trabajo colaborativo?, ¿Qué efectividad tiene el trabajo colaborativo?, estas interrogantes son producto de las experiencias de la comunidad estudiantil de Ciencias Políticas y Administración Pública y, apuntan a proponer estrategias que incidan en los resultados de los trabajos colaborativos.

Para responder a los cuestionamientos señalados se ha estructurado este artículo en cinco apartados; Antecedentes, Metodología, Resultados o Discusión, Hallazgos a manera de Conclusiones y las fuentes de información.

Antecedentes

Los resultados de las búsquedas bibliográficas apuntan a la vigencia del trabajo colaborativo como estrategia no solo de aprendizaje, sino de enseñanza, cuando precisan que quienes desempeñan el rol de estudiantes y docentes ya son

una comunidad, entonces, se requieren mecanismos para afianzar esa práctica susceptible de reproducirse en los contextos familiar, comunitario, social. En consonancia con (Salinas 2000) que considera fundamental el análisis de la interacción profesor-estudiante y estudiante-estudiante; por cuanto el trabajo busca el logro de metas de tipo académico y también la mejora de las propias relaciones sociales.

Si bien es cierto que las instituciones educativas no son la primera comunidad a la que tienen acceso los educandos y profesores, son los espacios en los que pasan mayor tiempo y en los que pueden ejercitar el diálogo, tolerancia, responsabilidad, intercambio de ideas, empatía de forma guiada y cuando suceda en su contexto, su participación surja de forma espontánea y corresponsable. Tal como apunta (Panitz y Panitz 1998), el trabajo colaborativo es un proceso de interacción cuya premisa básica es la construcción del consenso. Se comparte la autoridad y entre todos se acepta la responsabilidad de las acciones del grupo.

Se aprecia una clara línea divisoria entre la jerarquía que sucede en los trabajos por equipo que sitúa en un integrante del equipo a una transición, en el trabajo colaborativo, que consiste en permitir que los miembros del grupo expresen sus puntos de vista y consigan adeptos de acuerdo a la capacidad argumentativa que demuestren.

Una característica que describe al trabajo colaborativo es la reciprocidad, analoga a un viaje de ida y vuelta, de acuerdo con (Guitert y Giménez 2000) es un proceso en el que cada individuo aprende más de los que aprendería por sí mismo, fruto de la interacción de los integrantes del equipo. El trabajo colaborativo se da cuan-

do existe una reciprocidad entre un conjunto de individuos que saben diferenciar y contrastar sus puntos de vista de tal manera que llegan a generar un proceso de construcción de conocimiento.

Otros elementos distintivos del trabajo colaborativo son el compromiso, la comunicación y la negociación, que en óptica de (Gros 2000), es un proceso en el que las partes se comprometen a aprender algo juntas. Lo que debe ser aprendido sólo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar para efectuar las funciones a realizar. La comunicación y la negociación son claves en este proceso.

En suma el reconocimiento a las ideas, habilidades y actitudes de los demás propicia entornos de aprendizaje, a través del diálogo, reciprocidad, responsabilidad e interacciones sociales, nodales para el trabajo colaborativo.

Un elemento constitutivo del trabajo colaborativo es la transparencia de la información, la claridad en los planteamientos, de ello que la comunicación asertiva conforma un elemento fundamental para estimular el dialogo, negociación y consenso. De la responsabilidad de inicio personal a grupal se deriva un elemento denominado interdependencia positiva, que precisa el mutuo asentimiento de las metas, actividades, recursos, estímulos.

Una característica especial para alcanzar la eficacia del trabajo colaborativo es la procuración de las relaciones afectivas en el interior del grupo; es decir, en la medida que se haga presente la alteridad; reconocimiento de la otra persona, se produce un encuentro con los demás que re-

sulta en la construcción conjunta y enriquecedora de la perspectiva de búsqueda de que se trate, tal como lo afirma como lo afirma (Gros 2000) el estudiante no se ve como una persona aislada, sino en interacción con otros.

El trabajo colaborativo representa una estrategia de enseñanza-aprendizaje ambivalente e integral, en virtud a que propicia que los contenidos sean aprendidos por el sujeto cognoscente de forma que le permite aprender de forma significativa, es decir, los conocimientos han sido afianzados por él en la medida que los relaciona con los previos, los comparte y se apropia de éstos, lo mismo ocurre con las habilidades y actitudes que adquiere en principio para presentar un producto y después para autorrealizarse.

La resolución de problemas es clave para el aprendizaje colaborativo, es en ese sentido que promueve la interdependencia que puede alcanzar niveles más complejos como alcanzar la interdisciplinariedad, Al respecto, (Magallanes 2011) considera que; en la sociedad se observa cada vez con mayor frecuencia la necesidad de formar personas capaces de trabajar con otros, los alumnos que saben trabajar de manera colaborativa obtienen mejores resultados, alcanzan mayores logros, se interesan de manera auténtica por sus compañeros sin importar sus diferencias culturales o intelectuales, desarrollan una salud mental, emocional y social que les ayuda en el crecimiento e integridad personal.

Las características que describen al proceso colaborativo, a partir de sus elementos son:

1. Personal docente; mediador, facilita, guía, orienta el desarrollo del trabajo.
2. Producto; designado por los integrantes del equipo.

3. Responsabilidad; de inicio personal y se refleja en lo grupal.
4. Desarrollo del trabajo; es conjunto, intervienen todo el equipo, suman todas las habilidades de los participantes.
5. Asignación de actividades específicas; Siguen el ejercicio de retroalimentación.
6. Conocimiento; precisa el razonamiento, discusión, consenso, en resumen, ejercicio deliberativo.

Se aprecia que el trabajo colaborativo es una estrategia que requiere comunicación, interdependencia, responsabilidad y puede asumirse como un ensayo democrático que le permite a los participantes participar, comprometerse en igual medida, los concientiza sobre su corresponsabilidad al tiempo que enriquece sus conocimientos, desarrolla sus habilidades e incide en sus comportamientos, De acuerdo con ello (Martín 2001) señala que; el trabajo colaborativo es una filosofía de interacción y una forma personal de trabajo, que implica el manejo de aspectos tales como el respeto a las contribuciones individuales de los miembros del grupo” (Maldonado, 2007); con el objeto de “desarrollar nuevos conocimientos de forma mutua” (Gómez, 2012), desplegando así, habilidades de pensamiento superior, tales como el procesamiento y comprensión de información, el pensamiento crítico, la capacidad de síntesis, inferencia, entre otras.

Metodología

Se realizó una investigación con un enfoque cuantitativo no experimental, de alcance descriptivo y correlacional.

Población y muestra

La población fue de 163 estudiantes de los nueve semestres adscritos al programa académico en Ciencias Políticas y Administración Pública, campus Rectoría, quienes respondieron el instrumento con más frecuencia pertenecen al quinto semestre de la carrera. La muestra fue no probabilística, se integró con ciento sesenta y tres estudiantes (95 mujeres, 67 hombres y una persona que prefirió no identificarse) y no fue paritaria, porque el sexo de las personas que participaron en la investigación no se controló, ya que el alumnado colaboró de manera voluntaria. La edad del estudiantado osciló entre los 17 y 31 años.

Instrumento de recolección de datos

La información se obtuvo mediante un cuestionario de elaboración propia en colaboración con estudiantes del cuarto semestre de la licenciatura, con 10 preguntas (11 cerradas de opción múltiple, 1 abierta) y se dividió en cinco secciones: I. Nociones sobre trabajo colaborativo, II. Requerimientos personales y materiales para el trabajo colaborativo, III. Habilidades que se potencian al realizar trabajo colaborativo, IV. Dificultades para realizar el trabajo colaborativo, V. Efectividad del trabajo colaborativo.

Procedimiento para la recolección de datos

El cuestionario se autoaplicó de forma virtual a través de Google Forms, del 29 de mayo al 2 de junio de 2023; tuvo una duración de 5 a 10 minutos y se aseguró la confidencialidad de la información recabada, el 100% de las personas encuestadas aceptó el Aviso de Privacidad y manejo de Datos Personales.

Procedimiento para el análisis de datos

Se utilizaron estadísticos descriptivos univariados. Las respuestas de las preguntas abier-

tas del cuestionario se sometieron a un análisis hermenéutico.

Resultados o Discusión

I. Nociones sobre trabajo colaborativo

De la población encuestada 90% distingue la diferencia entre trabajo colaborativo y en equipo, al mencionar que el primero les requiere participar activa e interdependientemente para conseguir un objetivo común, mientras que la segunda opción la conciben como una mera división del trabajo, sin que medie la retroalimentación y el aprendizaje conjunto.

Durante el semestre primavera de 2023 la recurrencia del trabajo colaborativo se presenta por lo menos once veces que representan el 44%, mientras que para la opción seis ocasiones se refleja en 41% y 21 veces resulta en 14%, lo que permite observar que durante este período lectivo se usó la estrategia de trabajo colaborativo medianamente.

El 48% de los estudiantes encuestados manifestó que prefiere trabajar de forma colaborativa, el 47% prefiere trabajar de forma individual y 1,8 % respondió que ambas formas de trabajo le agradan o bien se adapta a trabajar bajo la modalidad que se le indique. Este ítem refleja que sólo un punto porcentual es la diferencia entre ambas maneras.

Al preguntar sobre la opción más adecuada para realizar un trabajo colaborativo el 64% respondió que por elección propia, mientras que al azar corresponde al 36%, lo que revela que las relaciones afectivas privan de forma contundente.

II. Requerimientos personales y materiales para el trabajo colaborativo

Entre las características personales que deben

tener los participantes para realizar los trabajos colaborativos, destacan;

- a. Responsabilidad 44%
- b. Comunicación 29%
- c. Compromiso 20%
- d. Todas las anteriores 7%

La responsabilidad fue considerada como la primera en virtud a que un estudiante respondió. “es indefectible hacerse cargo de las decisiones, ser conciente de las consecuencias y asumir los resultados”, es así que se puede iniciar con la construcción de la comunidad, hacer incapie en que vivir en colectivo afecta o beneficia al resto de los integrantes. En aras de alcanzar la sostenibilidad, tenemos que revisar las acciones presentes que son el cimiento de próximos días.

Mientras que los requerimientos materiales son:

- a. Tecnológicos 63%
- b. Medios de comunicación 27%
- c. Componente bibliográfico 5%
- d. Todos los anteriores 5%

Por lo que respecta a las necesidades materiales se observa que la tecnología, hoy día, juega un papel preponderante para acercar a los estudiantes a otros puntos de vista, a otros estudios que explican la realidad desde distintas perspectivas y retroalimentan la suya.

III. Habilidades que se potencian al realizar trabajo colaborativo

El 70% de la muestra refiere que sus habilidades durante los trabajos colaborativos han sido debidamente expresados a su máxima capacidad, mientras que el 28% manifiesta lo contrario, un 0,6% menciona que depende de los integrantes y 1,4 coincide en que desarrolló habilidades

que no sabía que poseía y eso le generó mayor aprendizaje.

Las habilidades que mencionaron claves para el desarrollo del trabajo colaborativo; Comunicación asertiva, disciplina, creatividad en la resolución de problemas, pensamiento crítico, flexibilidad.

En palabras de una joven estudiante; “comprendí que mis compañeras al igual que yo, trabajamos para pagar esta carrera y que nuestras habilidades son distintas, por eso debemos apoyarnos”, así que se observa empatía y solidaridad.

IV. Dificultades para realizar el trabajo colaborativo

Las áreas de oportunidad expresadas por la población encuestada son:

- a. Relacionar o mezclar las diferencias personales con lo profesional 45%
- b. Intolerancia a la diversidad de ideas 29%
- c. Descalificar la validez de una opinión de un miembro del equipo 25%

Las relaciones afectivas en los grupos se aprecian resquebrajadas, Los miembros del grupo, necesitan asumir conscientemente, que no será posible la eficacia grupal, sino se resarce el lado positivo de esas relaciones, se observará carencia de adaptación.

Podría ocurrir que a raíz de la ruptura en las relaciones afectivas se produzca la intolerancia a la diversidad de ideas y la descalificación de las opiniones, debido a que se ha contaminado con la cerrazón el trabajo colaborativo.

V. Efectividad del trabajo colaborativo

En relación a las veces que has hecho trabajos

colaborativos, ¿Cuántas has logrado una integración total de quienes participan?, el 62% contestó que 5, mientras que el 33% 11 y el 4% 21 ocasiones, de lo que se infiere que existen brechas para que la totalidad de los participantes se involucre y por tanto el producto o resultado estará inacabado, a razón de la ausencia de las perspectivas de los otros actores.

Asimismo se inquirió sobre la eficiencia que obtuvo el resultado final de dicho trabajo; producto del equipo colaborativo y las respuestas que se obtuvieron son 35% de total cumplimiento, 58% de mediano, 7% de nulo cumplimiento, es mayor el porcentaje de mediano y nulo cumplimiento porque no se sumaron todos los participantes a los procesos de diseño, ejecución, retroalimentación y con ello se extravía el aprendizaje activo.

Conclusiones

Los fenómenos sociales que vive el mundo; migración, desigualdad, violencia, entre otros, insisten en mirar el rostro de los seres humanos que se desplazan en búsqueda sustantiva de sus derechos. El trabajo colaborativo es esencialmente sumar la participación de todos los involucrados a conseguir una meta común, en este caso; aprendizaje, que será vital para su incorporación profesional al medio laboral. La construcción mutua de significados que dé validez a los planteamientos y los conduzca a escenarios de acción conjunta en los que la colaboración es protagonista.

Esta estrategia pretende que los participantes se asuman como actores que toman decisiones y que de forma consciente y activa se conduzcan con responsabilidad en el proceso, de tal

modo, que aprendan haciendo y conviviendo, coexistiendo con el otro y otra.

El 82% de la población encuestada requiere información sobre recomendaciones para lograr el trabajo colaborativo y 17% opina que no es necesario, lo que significa que el personal directivo y núcleo docente deben diseñar estrategias para afianzar el trabajo colaborativo.

Esta invitación para avanzar en colectivo, propone algunas acciones:

- Profundizar en el profesorado las características y acciones del trabajo colaborativo.
- Ejercitar la interdisciplinariedad; buscar orientación psicológica para resarcir las relaciones afectivas.
- Intercambiar experiencias sobre las habilidades que los estudiantes han adquirido y reforzado producto del trabajo colaborativo.

Agradecimientos

Especialmente al cuarto semestre del turno matutino de la Licenciatura en Ciencias Políticas y Administración Pública, por su apoyo en el diseño de los reactivos, aplicación de la encuesta e interpretación de los datos. ¡Gracias!

Referencias bibliográficas

- Gros, B. (2000). El ordenador invisible. Barcelona: Gedisa
- Gómez, S. (2012). Modelo para la selección de técnicas de aprendizaje colaborativo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia
- Guitert y Siménez (2000). Aprender a colaborar. En Campiglio, A. Y Rizzi, R. (Eds.). Cooperar en clase. Ideas e instrumentos para trabajar en el aula. Madrid, Publicaciones del MCEP.
- Magallanes, J. (2011). El trabajo colaborativo como estrategia de aprendizaje en alumnos de situación extraedad. Chihuahua: Centro Chihuahuense de Estudios de Posgrado.
- Maldonado, M. (2007). “El trabajo colaborativo en el aula universitaria”. Laurus, 13. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Panitz, T. y Panitz, P. (1998). Encouraging the use of collaborative learning in Higher Education. NY: Garland Publishing
- Ramírez, Enid, y Rojas, Rosario. (2014). “El trabajo colaborativo como estrategia para construir conocimientos”. En: Revista Virajes, Vol. 16, No. 1. Manizales: Universidad de Caldas.
- Salinas, J. (2000). El aprendizaje colaborativo con los nuevos canales de comunicación, 199 – 227; en Cabero, J. (ed.) (2000). Nuevas tecnologías aplicadas a la educación. Madrid: Síntesis.

La investigación en las Ingenierías
Revista
CiBlyT
Órgano de difusión científica e investigación

latindex

Órgano de Difusión Científica e Investigación

Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología