

GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

ESTADO DE
MÉXICO
El poder de servir!

EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Publicación cuatrimestral del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Año 23, No 68, septiembre-diciembre de 2025

TECNOCULTURA

ISSN: 1870-7157

Investigación · Ciencia · Tecnología · Cultura



Modelo de Medición de Cualidades de Software McCall con Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para Establecer el grado de Calidad de un Producto de Software para la Empresa CDS, S.C.

La IA como tu Socio de Negocio: Estrategias para Emprendedores con Recursos Limitados

Modelo de Extracción de Información de un Archivo Digital a Través de Inteligencia Artificial Mediante Patrones de Reconocimiento de Caracteres

Nebulizador Electrónico: una Aplicación de Microcontroladores en la Aerosolterapia





GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

Mtra. Delfina Gómez Álvarez
Gobernadora Constitucional
del Estado de México

Mtro. Miguel Ángel
Hernández Espejel
Secretario de Educación del
Estado de México

Tecnológico de Estudios
Superiores de Ecatepec

SUBCOMITÉ EDITORIAL:

José Antonio Arcos
Casarrubias
Abel Roldán Alatríste
Isabel de la Luz Membrillo
Venegas
José Luis Chávez Rojas
Verónica Martínez Martínez
Jesús González Lemus
Esther Acevedo Arcos
Ángel Hernández Estrada
Ángel Mazza Arias
Guadalupe Regina Dorantes
Díaz

Corrección de estilo
Rafael Ortiz Hernández

Diseño
Mara Brisa López Vargas

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
UNIDAD DE RELACIONES PÚBLICAS Y DIFUSIÓN



CONSEJO EDITORIAL

Dr. Juan Humberto Sossa Azuela
Dr. Alfonso Totosaus Sánchez
Dr. Martín Salazar Pereyra
Mtro. Fernando Lugo
Dr. Armando Gama Goicochea
Dr. Salvador Contreras Hernández
Mtro. Gustavo Calvillo Gandulfo
Dr. Graciano Calva Calva

COMITÉS TÉCNICOS DE ARBITRAJE

INGENIERÍA INFORMÁTICA

Mtro. Derlis Hernández Lara
Académico de la División de Ingeniería
Informática

Mtro. Emmanuel Tonatiuh Juárez
Velázquez
Académico de la División de Ingeniería
Informática

Mtro. Leonardo Moreno Villalba
Académico de la División de Ingeniería
Informática

INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

Mtra. Claudia Lozano Mora
Académico de la División de Ingeniería
en Gestión Empresarial

Mtra. Ingrid Trinidad Calderón
Académico de la División de Ingeniería
en Gestión Empresarial

Dr. Hugo Nathanael Lara Figueroa
Académico de la División de Ingeniería
en Gestión Empresarial

CONTADOR PÚBLICO

Mtra. Juana Mora López
Académico de la División de Contaduría
Pública

Mtra. Elizabeth Mercedes Garmendia
Guerrero
Académico de la División de Contaduría
Pública

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dr. Abraham Jorge Jiménez Alfaro
Académico de la División de Ingeniería
en Sistemas Computacionales

INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

Mtro. Wenceslao Cuauhtémoc Bonilla
Académico de la División de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica e Industrial

Dra. Belem Arce Vázquez
Académico de la División de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica e Industrial

INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

Dra. Mariana Bárcenas Castañeda
Académico de la División de Ingeniería
Química y Bioquímica

Dra. Isabel de la Luz Membrillo Venegas
Académico de la División de Ingeniería
Química y Bioquímica

Tecnocultura, revista de divulgación del conocimiento científico, tecnológico y humanístico del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Año 23, No. 68, septiembre-diciembre de 2025. Fecha de publicación: enero 2026. Número de autorización del Comité Editorial de la Administración Pública Estatal CE: 205/05/10/12-01. Edita y distribuye la Unidad de Relaciones Públicas y Difusión, domicilio: Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, C.P. 55210, Ecatepec, Estado de México. Teléfono 50 00 23 14. Correo electrónico: urpd@tese.edu.mx.

Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública: 04-2023-010917424300-102, ISSN: 1870-7157. Certificados de Título y de Contenido en trámite. Se autoriza la reproducción total o parcial del material publicado en Tecnocultura, siempre y cuando cite la fuente. Los artículos son responsabilidad de los autores.

Revista registrada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex), No. Folio 13782.

Página oficial: <https://tese.edomex.gob.mx/>

E

ditorial

TECNOCULTURA

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

La Revista **Tecnocultura** es un órgano de difusión del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE); su publicación es cuatrimestral, el objetivo principal es la divulgación del pensamiento y los avances científicos, tecnológicos y humanísticos, ya sea que se generen en las diferentes áreas académicas de la Institución o de origen externo, pero que puedan ser de interés general.

- La información podrá presentarse en forma de artículo, ensayo o reportaje, incluyendo materiales de divulgación. Los trabajos deben ser producto de investigaciones de elevado nivel académico, que contribuyan al conocimiento en la materia y ser inéditos en español. Igualmente, las ponencias o presentaciones deberán adaptarse para su edición escrita. En todos los casos, se buscará que su contenido sea ameno y novedoso.

- El lenguaje debe ser accesible a estudiantes de licenciatura, sin perjuicio de la información científica o académica contenida en el artículo. Cuando sea necesario el uso de tecnicismos, deberá explicarse su significado con la amplitud necesaria. Se recomienda la inclusión de recuadros que aclaren el significado de conceptos de difícil comprensión.

- Los artículos deben tener subtítulos o incisos; un resumen introductorio (*abstract*) en español e inglés, no mayor de diez líneas, que atraiga el interés del lector. En seguida, mencionar las palabras clave del artículo, y su respectiva versión en inglés (*keywords*). Asimismo, al final del artículo incluir una breve conclusión, y la bibliografía o fuentes consultadas.

- Para las citas y referencias bibliográficas que aparezcan en el texto, se utilizará el modelo APA (Asociación de Psicología de Estados Unidos de América), cuyas características se detallan en el documento en PDF anexo, titulado *El Manual de Publicación APA al Alcance de Todos*.

- Para fines de registro, se solicita anexar una hoja que contenga datos curriculares del autor o autores, como nombre completo, grado académico, institución de procedencia, domicilio, teléfono, y dirección electrónica.

Recomendaciones

- Revisar meticulosamente la ortografía, signos de puntuación, sintaxis, redacción, aparato crítico (notas, citas, fuentes, bibliografía, etcétera), y la estructura del trabajo.

- En la bibliografía o fuentes consultadas, deberán incluirse todos los datos para la

identificación de la fuente informativa: apellidos y nombres del(los) autor(es), año, título de la obra, número de edición, país, editorial, tomo o volumen, número de páginas totales, colección, etcétera.

- Evitar o reducir al mínimo los documentos, ilustraciones o fuentes de consulta provenientes de Internet, o en su caso, indicar claramente su origen mediante las respectivas cibergrafías. Si los cuadros, tablas dibujos, fotografías o gráficos en general son de creación propia, también deberá mencionarse al pie de éstos.

- En el caso de las citas textuales, identificar claramente dónde se abren y cierran las comillas.

- Verificar la correcta jerarquización y numeración de capítulos, subcapítulos, incisos, u otras divisiones, mismas que deberán conservar un orden lógico y constante a lo largo del texto. El resumen, introducción, palabras clave, agradecimientos, conclusiones y bibliografía o fuentes, no son numerables para el desarrollo del tema.

- Utilizar un lenguaje claro, preciso, con conceptos, siglas o signos bien explicados. Procurar el uso de sinónimos para no repetir palabras. Evitar las cacofonías (palabras con sonido semejante), solecismos (falta de sintaxis), barbarismos (uso de términos extranjeros, arcaicos y neologismos), muletillas, "queísmos", verbos fáciles (hacer, poner, decir, tener, haber, etcétera), adjetivos, frases hechas, y otros vicios del lenguaje.

- Conservar un estilo constante de redacción.

- Evitar los párrafos largos o con cadenas de ideas demasiado extensas. Es preferible utilizar párrafos cortos, de cinco a siete líneas en promedio.

- Eludir el uso excesivo de atributos tipográficos para destacar palabras, frases o párrafos (como negritas, cursivas, subrayados, mayúsculas, tipografía diferente, etcétera), si no son estrictamente necesarios.

Características de Presentación

- Se recomienda una extensión máxima de 10 cuartillas, incluyendo cuadros, notas y bibliografía. El texto deberá estar elaborado en Office Word 2003 o versiones posteriores, guardando el documento con la extensión .doc. y entregar copia del archivo digital, así como una copia impresa. Los materiales serán evaluados por el Consejo Editorial de la revista.

- El trabajo deberá presentarse en hojas

tamaño carta y por una sola cara, sin tachaduras ni guiones al final de cada línea, ni tampoco división de palabras. El cuerpo del texto deberá estar a una sola columna, con un interlineado de 1.5; la caja de texto será de 28 líneas por cuartilla en promedio y 64 caracteres por línea (es decir, 1790 caracteres por cuartilla). La página deberá poseer márgenes de 2.5 cm en cada lado.

- La tipografía deberá ser Times, Arial, o alguna otra de uso común, con un tamaño de 14 puntos para títulos y subtítulos; 11 a 12 puntos para el texto, y 9 a 10 puntos para las notas o citas.

- Al inicio de los párrafos se debe omitir la sangría, o en su caso, que tenga un máximo de tres espacios. Cada párrafo deberá separarse con un espacio (o *enter*).

- Estructurar el texto con un diseño básico, que permita identificar la conformación y ordenamiento de los elementos que integrarán el texto impreso, pero no emplear atributos automáticos (numeraciones o viñetas), especiales, etiquetas u otros recursos de diseño que no sean estrictamente necesarios.

- Si el archivo del texto es muy extenso o contiene elementos que lo hacen demasiado grande, se recomienda segmentar la obra en capítulos o secciones independientes.

- Las ilustraciones, fotografías gráficos o figuras deberán incluirse dentro del texto impreso y por separado en archivos electrónicos u originales de óptima calidad (imágenes nítidas, uniformes y sin distorsiones), en formato TIFF o JPG con una resolución de 300 ppp, y deberán tener como atributo el estar "delante del texto". Las gráficas, esquemas, figuras, cuadros y similares se deben elaborar en computadora a línea, en Word, Power Point, Corel Draw o similares, sin pantallas.

- Si se utilizan fórmulas matemáticas, signos o símbolos especiales generados con algún programa expreso, cerciorarse de que sean editables y compatibles con Office Word.

Para fines de registro, se solicita anexar una hoja que contenga datos del autor, como nombre, grado académico, institución de procedencia, domicilio, teléfono y dirección electrónica.

Atentamente
Unidad de Relaciones Públicas y
Difusión
del Tecnológico de Estudios
Superiores de Ecatepec
Teléfono: 55 5000 2314
urpd@tese.edu.mx

C contenido



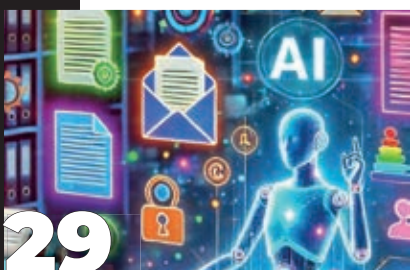
Modelo de Medición de Cualidades de Software McCall con Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para Establecer el Grado de Calidad de un Producto de Software para la Empresa CDS, S.C.

Jessica Guerra Velázquez
Abraham Jorge Jiménez Alfaro
Edgar Corona Organiche
Norma Karen Valencia Vázquez



La IA como tu Socio de Negocio: Estrategias para Emprendedores con Recursos Limitados

Isaac García Contreras
Eduardo Hernández Moreno
Nayely Beatriz González Contreras



Modelo de Extracción de Información de un Archivo Digital a Través de Inteligencia Artificial Mediante Patrones de Reconocimiento de Caracteres

Juan Manuel Stein Carrillo
Francisco Alberto López González
Adolfo Meléndez Ramírez
Hugo Nathanael Lara Figueroa



Nebulizador Electrónico: una Aplicación de Microcontroladores en la Aerosolterapia

Griselda Cortés Barrera
Jorge Alfredo Manjarrez Rodríguez
Edgar Corona Organiche
Abraham Jorge Jiménez Alfaro

Modelo de Medición de Calidades de Software McCall con Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para Establecer el grado de Calidad de un Producto de Software para la Empresa CDS, S.C.

Jessica Guerra Velázquez*, Dr. Abraham Jorge Jiménez Alfaro*,
Mtro. Edgar Corona Organiche* y Norma Karen Valencia Vázquez**

Acerca de los autores

*Académico-Investigador Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec, Centro de Cooperación Academia Industria.

**Estudiante de la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec.

Resumen

La complejidad del concepto de calidad del software, incentiva la búsqueda de modelos de medición de calidad que pretendan aportar un medio para definir este concepto en varias características sencillas y accesibles de medir. El primer paso para la evaluación del software, es seleccionar los factores de calidad relevantes; para ello, es necesario ajustarse a un modelo



de calidad que desglose todos los factores, características y subcaracterísticas clasificadas en una estructura de árbol jerárquico, donde en el nivel más alto se encuentran los factores y en el nivel más bajo, las características o atributos de calidad de software. Para McCall la relación de factores y características se corresponde con la expresión $F_q = c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_m m_n$; donde F_q es el factor de calidad del software, c_n son coeficientes de regresión y m_n son las métricas que afectan al factor de calidad. Para abordar la complejidad del concepto de medición de la calidad

del software de McCall, se desarrolla un modelo de medición de la calidad de software empleando el AHP (Analytic Hierarchy Process), Proceso de Análisis Jerárquico, para determinar los coeficientes de regresión, así como el escalamiento de las métricas para el grado de calidad de un producto de software categorizado por sus factores de calidad. El resultado final es una expresión del alcance, donde se indica hasta qué punto el software cumple con los requerimientos de calidad establecidos, lo cual permitirá a la empresa CDS, S.C., tomar acciones y decisiones.

Palabras clave: Factores McCall, Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), Métricas Computacionales, Modelo de Medición.

Abstract

The complexity of the concept of software quality encourages the search for quality measurement models that aim to provide a means of defining this concept in several simple and easily measurable characteristics. The first step in software evaluation is to select the relevant quality factors; to do so, it is necessary to adapt to a quality model that breaks down all the factors, characteristics, and subcharacteristics classified in a hierarchical tree structure, with the factors at the highest level and the software quality characteristics or attributes at the lowest level. For McCall, the relationship between factors and characteristics corresponds to the expression $F_q = c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_m m_n$; where F_q is the software quality factor, c_n are the regression coefficients, and m_n are the metrics that affect the quality factor. To address the complexity of McCall's concept of software quality measurement, a software quality measurement model is developed using the AHP (Analytic Hierarchy Process), Hierarchical Analysis Process, used to determine regression coefficients and scaling metrics for the quality level of a software product categorized by its quality factors. The final result is a scope statement, indicating the extent to which the software meets the established quality requirements. This will allow CDS, S.C., to take action and make decisions

Keywords: McCall Factors, Analysis Hierarchical Process (AHP), Computational Metrics, Measurement Model.

Introducción

El interés por conocer y mejorar la calidad del software, es un tema de investigación que tiene varias décadas. En 1977, McCall *et al.*, propuso un modelo de factores que influyen en la calidad del software, los cuales se agrupan según los objetivos que se planteen para la operación y mantenimiento del producto. En el desarrollo de nuevo software, se toman en cuenta aspectos asociados a la operación del mismo, por ejemplo, corrección, confiabilidad, eficiencia, integridad, facilidad de uso. Cuando se introduce un cambio en él, entonces se consideran los factores de la revisión del producto. Y si el propósito es hacer portable la aplicación a otras plataformas de hardware (o software), se deben considerar los factores de transición del producto, entre otros. El modelo de McCall ha influido fuertemente en la investigación de modelos de calidad del producto, sus elementos estructurales, así como la identificación de los factores de calidad usados en otras propuestas. Actualmente, los más empleados para la investigación y la práctica de la calidad del producto de software, son el modelo ISO/IEC 9126 y el ISO/IEC 25010. Desde 2011, el ISO/IEC 25010 sustituye al ISO/IEC 9126.

Un modelo de calidad de producto está conformado por un conjunto de características que agrupan propiedades que podrían medirse en el software. El modelo de calidad de uso, describe aquéllas que son deseables para el usuario del mismo, lo que espera cuando lo esté operando, por ejemplo, la eficiencia, la eficacia y satisfacción cuando logra cumplir con sus expectativas en escenarios previamente establecidos. El modelo de calidad de producto, describe las que son inherentes al software, que pueden ser medidos estática y dinámicamente. Cada característica se compone de subcaracterísticas. Las características se utilizan durante el ciclo de vida del desarrollo del software con el propósito de definir con claridad los requisitos relevantes que el sistema habrá de satisfacer. Además, dicha definición permite medir la calidad durante las distintas etapas del ciclo de vida de desarrollo del software y evaluarla cuando el producto está listo para entregarse al cliente. Es evidente, que, a partir de estas definiciones, la organización que lo crea debería considerar los distintos tipos de usuarios a los que está dirigido, conocer sus metas y las tareas que realizarán con él, para contribuir a satisfacer sus necesidades.

Desarrollo

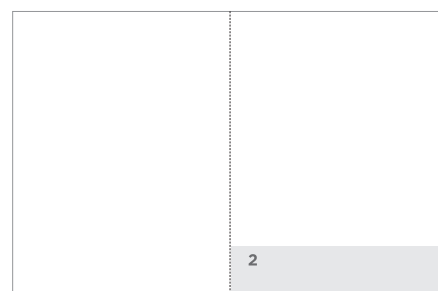
1.- AHP (Proceso de Análisis Jerárquico)

Para Sánchez (2022) el Método de Jerarquización Analítica (AHP) fue desarrollado durante los años setenta en la Universidad de Pennsylvania, por el Dr. Thomas L. Saaty, al buscar elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuviera las cualidades de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación. Saaty (1980) consideró que para la solución de un problema, el decisor transita por tres etapas: inicia con la formulación del problema, luego realiza una evaluación y finalmente selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo. Este método puede ser realizado en grupo o de manera individual, aplicándose preferentemente a problemas complejos. Las técnicas de clasificación asumen que hay un conjunto de objetos que pertenecen a diferentes clases. La etiqueta de clase es un valor (simbólico) discreto y es conocido para cada objeto. Para Ballesteros (1998) el Proceso AHP multicriterio permite determinar los pesos **w_i** que se asocian a las alternativas, los estados de la naturaleza e indicadores; y con el árbol de decisión establecer la determinación final a tomar, considerando las



<httpsexpansion.mxopinion20210610productos-digitales-desarrollo-software-nombre>

La Figura 1, ilustra la situación compleja a la que se enfrenta el responsable de tomar una decisión. Es claro que éste se encuentra influenciado por sus patrones o modelos mentales, es decir, por la presión de quienes están en un nivel jerárquico superior o inferior, incluyendo también su estado de ánimo y sus relaciones familiares y sociales, lo cual determina las prioridades al momento de abordar el problema, lo cual añade mayores elementos de complejidad. En este contexto, es vital contar con la información adecuada para una mejor decisión, de entre un conjunto de posibles alternativas, que deben ser evaluadas frente a múltiples criterios que se definen para este propósito. Por tanto, se denota esta matriz: $D = (x_{ij}) \in M^{m \times n}$ donde x_{ij} es el resultado alcanzado por la alternativa A_i , $j = 1, \dots, n$. Además, en general, se conoce la condición de cambio deseable para cada atributo. Así, a partir de los valores preferidos por el decisor sobre cada uno de los atributos, x_j^* , se puede formar la alternativa ideal $A^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$. La decisión final consistirá en la elección de una o más alternativas de A como la “mejor” o “mejores”, basándonos en la información aportada por el decisor acerca de las preferencias sobre los atributos y/o las alternativas. El AHP utiliza una matriz integrada con la información del decisor y cuyos elementos son comparaciones de criterios por pares tipo razón. La información que se demanda del decisor es una **matriz nxn** $W=(w_{ij})$, donde w_{ij} es la medida subjetiva de la importancia relativa del criterio i frente al j , según una escala normalizada (Saaty, 2001) del 1 (la misma importancia) al 9 (absolutamente más importante), y desglosada como se observa en la Tabla 2.



<https://www.linkedin.com/pulse/acorte-el-tiempo-de-comercializaci%C3%B3n-su-producto-software-estrategias-jOrbe>

TABLA 2.
ESCALA DE MEDIDA (SAATY, 2001).

1	Igual importancia para dos criterios.
3	Débil importancia de uno sobre el otro.
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro.
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro.
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.

Nota: Escala de Valores de Saaty (2001).

Y entonces, la matriz **W** de juicios relativos sobre los atributos tendría la siguiente forma; véase Figura 2:



$$W = \begin{vmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} w_{11}/w_{11} & w_{11}/w_{12} & \dots & w_{11}/w_{1n} \\ w_{21}/w_{21} & w_{21}/w_{22} & \dots & w_{21}/w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1}/w_{n1} & w_{n1}/w_{n2} & \dots & w_{n1}/w_{nn} \end{vmatrix}$$

Figura 2

Matriz W de jerarquización analítica (Sánchez, 2022).

Para Zeleny (1982) en esta matriz **W** todos los elementos son positivos y verifican las siguientes propiedades:

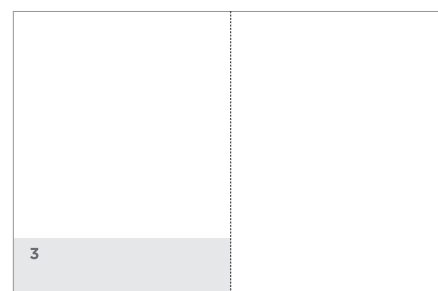
1. Reciprocidad: $w_{ij} = 1/w_{ji}$ Para todas $i, j = 1, \dots, n$.
2. Consistencia: $w_{ij} = w_{ik}/w_{jk}$ Para todas $i, j, k = 1, \dots, n$.

Y se puede asumir, sin perder generalidad, que $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Siendo todos los elementos de **W** positivos, existe siempre un autovalor $\lambda > 0$ dominante, tal que su autovector asociado $v = (v_1, \dots, v_n)$ que cumple $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ tiene todos sus componentes positivos.

2.- Factores de calidad de McCall

Los factores que afectan a la calidad del software se clasifican en dos grandes grupos: aquellos que se pueden medir directamente (p.ej.: defectos por punto de función) y los que se pueden medir sólo indirectamente (p.ej.: facilidad de uso o mantenimiento). McCall *et al.* (1977) y colegas propusieron otra clasificación de factores que afectan a la calidad del software, éstos se concentran en tres aspectos importantes de un producto de software, las características operativas durante la ejecución, la capacidad de cambios o la transición del producto y su adaptabilidad o revisión, véase Figura 3. Para McCall la relación de factores y características se corresponde con la expresión $Fq = c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_m m_n$; Donde **Fq** es un factor de calidad del software, **cn** son coeficientes de regresión y **mn** son las métricas que afectan al factor de calidad. Para Piattini (2015) la relación (X) entre los factores de calidad del software y las métricas se muestran en la Figura 3, Cabe mencionar que el peso que se asigna a cada métrica, depende de los productos de software.





<https://www.mccall.co.uk/disciplines/commercial-sources/>
source=google.com

Métrica de la calidad del software	Corrección	Confiabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Capacidad de pruebas	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
Factor de calidad											
Facilidad de auditoría				X			X				
Exactitud		X									
Estandarización de comunicaciones										X	
Complejidad	X										
Complejidad		X				X	X				
Concisión			X		X	X					
Consistencia	X	X			X	X					
Estandarización de datos										X	
Tolerancia a errores		X									
Eficiencia de ejecución			X								
Capacidad de expansión						X					
Generalidad						X		X	X	X	
Independencia de hardware								X	X		
Instrumentación				X	X		X				
Modularidad		X		X	X	X	X		X	X	
Operatividad			X								X
Seguridad				X							
Autodocumentación					X	X	X	X	X		
Simplicidad		X			X	X	X				
Independencia del sistema								X	X		
Trazabilidad	X										
Facilidad de formación											X

Figura 3

Tabla de factores y métricas de calidad.



Resultados

El proceso comienza con el Método de AHP y con la matriz de las alternativas integrando cada uno de los factores relacionados con la teoría de McCall, la cual se muestra en la Figura 4.

MATRIZ PARA CAPTURAR LOS VALORES DE LA ALTERNATIVA DE CORRECCIÓN													
CORRECCIÓN	APLICACIÓN	AMBIENTE DE USO	RIESGO	COMPUTADORA ANFITRIONA	MADEZ DEL DESARROLLADOR	EXPERIENCIA DEL USUARIO	APOYO DE LOS DESARROLLADORES	EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	INTERACCIÓN CON EL USUARIO	RESTRICCIONES COMERCIALES	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	COMPLEJIDAD DE SOFTWARE
APLICACIÓN	1												
AMBIENTE DE USO		1											3
RIESGO			1			5							
COMPUTADORA ANFITRIONA				1			5				4		
MADEZ DEL DESARROLLADOR	2				1			4				4	
EXPERIENCIA DEL USUARIO						1							6
APOYO DE LOS DESARROLLADORES	3						1						5
EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	2							1					
INTERACCIÓN CON EL USUARIO		8				4			1				1
RESTRICCIONES COMERCIALES				6						1			
METODOLOGÍA DE DESARROLLO	7	5		5							1		
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN												1	
COMPLEJIDAD DE SOFTWARE													1
SAUD DE DESARROLLADORES													1
MATRIZ DE AUTOLLENADO CON VALORES INVEROS DE LA ALTERNATIVA DE CORRECCIÓN													
CORRECCIÓN	APLICACIÓN	AMBIENTE DE USO	RIESGO	COMPUTADORA ANFITRIONA	MADEZ DEL DESARROLLADOR	EXPERIENCIA DEL USUARIO	APOYO DE LOS DESARROLLADORES	EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	INTERACCIÓN CON EL USUARIO	RESTRICCIONES COMERCIALES	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	COMPLEJIDAD DE SOFTWARE
APLICACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.500	SINEVALUACIÓN	0.333	0.500	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.433	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
AMBIENTE DE USO	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.333	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	0.333	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
RIESGO	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.333	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	0.333	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
COMPUTADORA ANFITRIONA	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	0.333	SINEVALUACIÓN	0.500	SINEVALUACIÓN	0.433	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
MADEZ DEL DESARROLLADOR	2.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.500	SINEVALUACIÓN	0.433	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
EXPERIENCIA DEL USUARIO	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.167	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
APOYO DE LOS DESARROLLADORES	0.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	2.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
INTERACCIÓN CON EL USUARIO	SINEVALUACIÓN	4.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	4.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
RESTRICCIONES COMERCIALES	SINEVALUACIÓN	5.000	SINEVALUACIÓN	0.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
METODOLOGÍA DE DESARROLLO	7.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN
COMPLEJIDAD DE SOFTWARE	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.167	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000
SAUD DE DESARROLLADORES	SINEVALUACIÓN	0.250	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	0.167	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	SINEVALUACIÓN	1.000
	75.000	70.563	1.167	12.250	2.000	11.167	0.500	5.563	2.500	1.367	5.143	5.000	11.000

Figura 4

Matriz de alternativas del criterio de corrección.

La primera matriz, que es la superior, se utiliza para la captura de las evaluaciones que se le den a cada una de las alternativas, la matriz segunda o inferior, se llenará de forma automática, para 11 criterios: corrección, fiabilidad, eficiencia, integridad, facilidad de uso, facilidad de mantenimiento, facilidad de prueba, flexibilidad, portabilidad, reusabilidad, interoperabilidad y 14 alternativas: aplicación, ambiente de uso, riesgo, computadora anfitriona, madurez del desarrollador, experiencia del usuario, apoyo de los desarrolladores, experiencia de los desarrolladores, interacción con el usuario, restricciones comerciales, metodología de desarrollo, lenguaje de programación, complejidad de software y salud de desarrolladores. Una vez evaluado, se emite el dictamen final como se muestra en la Figura 5.

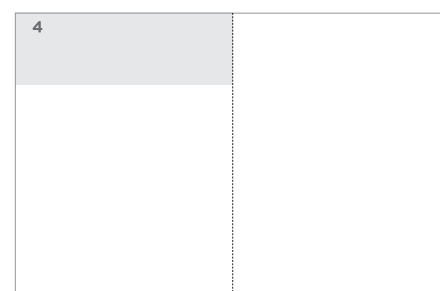
 TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS POSGRADO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES ASIGNATURA: CALIDAD DE SOFTWARE MODELO COMPUTARIZADO DE MCCALL																														
POR ESTE MEDIO SE HACE CONSTAR QUE SE REALIZÓ EN SU EMPRESA UN ANÁLISIS DE CALIDAD DE SOFTWARE BAJO EL MODELO DE MCCALL REVISANDO LOS SIGUIENTES CRITERIOS Y ALTERNATIVAS:																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>CORRECCIÓN</td></tr> <tr><td>FIABILIDAD</td></tr> <tr><td>EFICIENCIA</td></tr> <tr><td>INTEGRIDAD</td></tr> <tr><td>FACILIDAD DE USO</td></tr> <tr><td>FACILIDAD DE MANTENIMIENTO</td></tr> <tr><td>FACILIDAD DE PRUEBA</td></tr> <tr><td>FLEXIBILIDAD</td></tr> <tr><td>PORTABILIDAD</td></tr> <tr><td>REUSABILIDAD</td></tr> <tr><td>INTEROPERABILIDAD</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIOS	CORRECCIÓN	FIABILIDAD	EFICIENCIA	INTEGRIDAD	FACILIDAD DE USO	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	FACILIDAD DE PRUEBA	FLEXIBILIDAD	PORTABILIDAD	REUSABILIDAD	INTEROPERABILIDAD	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ALTERNATIVAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>APLICACIÓN</td></tr> <tr><td>AMBIENTE DE USO</td></tr> <tr><td>RIESGO</td></tr> <tr><td>COMPUTADORA ANFITRIONA</td></tr> <tr><td>MAJUREZ DEL DESARROLLADOR</td></tr> <tr><td>EXPERIENCIA DEL USUARIO</td></tr> <tr><td>APOYO DE LOS DESARROLLADORES</td></tr> <tr><td>EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES</td></tr> <tr><td>INTERACCIÓN CON EL USUARIO</td></tr> <tr><td>RESTRICCIONES COMERCIALES</td></tr> <tr><td>METODOLOGÍA DE DESARROLLO</td></tr> </tbody> </table>	ALTERNATIVAS	APLICACIÓN	AMBIENTE DE USO	RIESGO	COMPUTADORA ANFITRIONA	MAJUREZ DEL DESARROLLADOR	EXPERIENCIA DEL USUARIO	APOYO DE LOS DESARROLLADORES	EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES	INTERACCIÓN CON EL USUARIO	RESTRICCIONES COMERCIALES	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ALTERNATIVAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN</td></tr> <tr><td>COMPLEJIDAD DE SOFTWARE</td></tr> <tr><td>SALUD DE DESARROLLADORES</td></tr> </tbody> </table>	ALTERNATIVAS	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	COMPLEJIDAD DE SOFTWARE	SALUD DE DESARROLLADORES
CRITERIOS																														
CORRECCIÓN																														
FIABILIDAD																														
EFICIENCIA																														
INTEGRIDAD																														
FACILIDAD DE USO																														
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO																														
FACILIDAD DE PRUEBA																														
FLEXIBILIDAD																														
PORTABILIDAD																														
REUSABILIDAD																														
INTEROPERABILIDAD																														
ALTERNATIVAS																														
APLICACIÓN																														
AMBIENTE DE USO																														
RIESGO																														
COMPUTADORA ANFITRIONA																														
MAJUREZ DEL DESARROLLADOR																														
EXPERIENCIA DEL USUARIO																														
APOYO DE LOS DESARROLLADORES																														
EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES																														
INTERACCIÓN CON EL USUARIO																														
RESTRICCIONES COMERCIALES																														
METODOLOGÍA DE DESARROLLO																														
ALTERNATIVAS																														
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN																														
COMPLEJIDAD DE SOFTWARE																														
SALUD DE DESARROLLADORES																														
ESTA EVALUACIÓN SE REALIZÓ MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE PROCESO ANÁLISIS JERÁRQUICO CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:																														
EXISTIERON ALGUNOS RUBROS SOBRE LOS CUALES SE DETECTÓ MENOS PUNTUACIÓN Y SE EXTIENDE LA RECOMENDACIÓN DE ATENDERLOS A LA BREVEDAD:																														
APLICACIÓN, AMBIENTE DE USO, RIESGO, COMPUTADORA ANFITRIONA, MAJUREZ DEL DESARROLLADOR, EXPERIENCIA DEL USUARIO, APOYO DE LOS DESARROLLADORES, EXPERIENCIA DE LOS DESARROLLADORES																														
ASIMISMO TAMBIÉN SE LE INFORMA QUE TIENE FORTALEZA EN LOS SIGUIENTES CRITERIOS:																														
INTERACCIÓN CON EL USUARIO, RESTRICCIONES COMERCIALES, METODOLOGÍA DE DESARROLLO, LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN, COMPLEJIDAD DE SOFTWARE, SALUD DE DESARROLLADORES																														
POR CONSIGUIENTE SE LE INFORMA QUE SU EVALUACIÓN FINAL CON RESPECTO AL DESARROLLO DE SOFTWARE ES DE:																														
		REGULAR																												
FIRMA DEL EVALUADOR: 																														

Figura 5

Carátula de dictamen final de evaluación.

Conclusiones

La calidad de un producto de software es un cálculo complejo, compuesto de otros atributos, incluso diferentes, según el observador. El responsable de sistemas de una organización considerará un programa de gran calidad si consume pocos recursos técnicos, tales como servidores o líneas de comunicación y los utiliza eficientemente, el usuario hará hincapié en las funciones del programa y en la inexistencia de errores en tiempo de ejecución, el responsable de la cuenta de resultados de la empresa que desarrolla la aplicación considerará que el programa es bueno si se han obtenido unos ingresos adecuados al esfuerzo realizado. Cada actor considera la calidad del software según su punto de vista, sus expectativas y necesidades. Los modelos utilizados para la medida de la calidad del software proponen la descomposición de este atributo en otros más simples y medibles, al tiempo que establecen los requisitos de calidad. Con este procedimiento, no sólo se enfrenta a la medida de la calidad de forma más simple y coherente, también ayuda a conocer del producto de software, sus características de calidad. Este modelo de McCall es de suma importancia, ya que intenta contemplar el panorama completo de la producción de software, desde los usuarios hasta los desarrolladores, el tomar una decisión de qué es lo realmente importante, pues en muchas ocasiones depende de la línea que tenga la empresa desarrolladora o también de lo que esté solicitando un determinado cliente, las prioridades o ponderaciones serán muy variables; el tener herramientas como la aplicada en este caso, con el Proceso Analítico Jerárquico, permite evaluar todas las alternativas que se pueden dar en el modelo de McCall por cada uno de los criterios, dando los resultados mediante ponderaciones que al final se utilizan para una mejor decisión.



<https://www.linkedin.com/pulse/gesti%C3%B3n-de-la-calidad-en-el-desarrollo-software-para-alta-romo-turco>

Bibliografía

Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(04), 445-459. <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>

Ballesteros, E. (1998). *Metodología multicriterio en las decisiones empresariales*. México: McGraw-Hill.

Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469-486. <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>

Gallagher, C., & Watson, H. (1982). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones*. México: McGraw-Hill.

Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336-14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>

McCall, J. A., Richards, P. K., & Walters, G. F. (1977). *Factors in software quality* (Vol. 1). Springfield, VA: National Technical Information Service.

Piattini, M. (2015). Approaches to promote product quality within software process improvement initiatives: A mapping study. *Journal of Systems and Software*, 103, 150-166. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.02.016>

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. México: McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (2001). The seven pillars of the analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>

Sánchez Guerrero, G. (2022). *Técnicas heurísticas para la planeación*. México: Fundación.

Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>

Zeleny, M. (1982). *Multiple criteria decision making*. New York: McGraw-Hill.

Fotografías

<httpsexpansion.mxopinion20210610productos-digitales-desarrollo-software-nombre>

<httpses.linkedin.compulseacorte-el-tiempo-de-comercializaci%C3%B3n-su-producto-software-estrategias-jOrbe>

<httpswww.mccall.co.ukdisciplinescommercialsources=google.com>

<httpses.linkedin.compulsegesti%C3%B3n-de-la-calidad-en-el-desarrollo-software-para-alta-romo-turco>

La IA como tu Socio de Negocio: Estrategias para Emprendedores con Recursos Limitados

Isaac García Contreras¹, Eduardo Hernández Moreno²,
Nayely Beatriz González Contreras³



Resumen

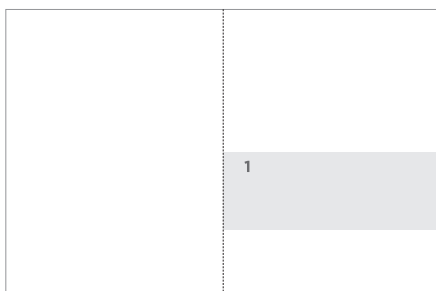
Acerca de los autores

¹Profesor de Tiempo Completo en el Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan y Socio-Director de la empresa ISELCA Soluciones en Informática Administrativa.

²Profesor de Asignatura en el Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan y Consultor en Ciencias de la Administración.

³Profesora del Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan.

La digitalización y la IA han transformado el emprendimiento, permitiendo a pequeños negocios competir con grandes empresas sin cuantiosas inversiones. En este artículo, se presenta una guía para que emprendedores con recursos limitados, usen la IA como socio estratégico; la metodología se centra en cuatro fases: 1. Investigación y Validación; 2. Planificación Estratégica; 3. Operación y Marketing; y 4. Crecimiento y Adaptación. Se concluye que la IA es una necesidad competitiva, no un lujo, que potencia la agilidad y creatividad del emprendedor, nivelando el campo de juego para el éxito actual.



<https://www.equipoys talento.com/noticias/2021/06/03/10-razones-por-las-que-incorporar-el-marketing-digital-en-la-estrategia-de-las-empresas>

Palabras clave

Análisis de datos, Automatización, Emprendedores con recursos limitados, Estrategia de negocio, Innovación, Inteligencia Artificial (IA), Marketing digital, Productividad, Ventaja competitiva.

Abstract

Digitalization and AI have transformed entrepreneurship, allowing small businesses to compete with large companies without significant investments. This article, presents a guide for entrepreneurs with limited resources to use AI as a strategic partner. The methodology focuses on four phases: 1. Research and Validation; 2. Strategic Planning; 3. Operations and Marketing; and 4. Growth and Adaptation. In conclusion, AI is a competitive necessity, not a luxury, that enhances the agility, efficiency, and creativity of entrepreneurs, leveling the playing field for success in today's world.

Keywords

Artificial Intelligence (AI), Business strategy, Competitive advantage, Data Analysis, Automation, Digital marketing, Entrepreneurs with limited resources, Innovation, Productivity.

Introducción

La digitalización ha democratizado el emprendimiento, eliminando barreras y reduciendo la inversión inicial; sin embargo, este auge ha creado un entorno competitivo. Para destacar, los emprendedores necesitan herramientas inteligentes que optimicen recursos y permitan tomar decisiones estratégicas sin grandes presupuestos; la clave para prosperar, es ser ágil, eficiente e innovador.

La Inteligencia Artificial (IA) entra en juego como el activo más valioso, no es exclusiva de gigantes tecnológicos; hoy existen innumerables herramientas de bajo costo que pueden automatizar tareas, analizar datos y crear contenido, lo cual permite a los emprendedores operar con una eficiencia similar a la de grandes empresas; para ello, la IA se convierte en un socio que trabaja



24/7, liberando de cargas al emprendedor para concentrarse en la visión y creatividad de su negocio. Su adopción es una necesidad competitiva crucial.

El objetivo del presente artículo, es desmitificar la IA, así como presentar una metodología clara y práctica para que cualquier persona pueda iniciar y hacer crecer su negocio; se busca empoderar a emprendedores con recursos limitados, demostrando cómo la tecnología nivela el campo de juego y convierte una idea en un negocio exitoso.

Marco Teórico

1. Fundamentos de la Inteligencia Artificial (IA) para negocios

Según Russell y Norvig (2021), “la inteligencia artificial es el estudio de agentes que perciben su entorno y toman acciones que maximizan sus posibilidades de alcanzar sus objetivos”; esta definición, nos permite comprender que la IA no es solo un concepto futurista, sino una disciplina que busca replicar y optimizar la toma de decisiones humana; esto nos lleva a considerar que, a través de la IA, las máquinas pueden realizar tareas complejas con una rapidez y eficiencia que superan las capacidades humanas, permitiendo que los emprendedores se dediquen a perfeccionar sus estrategias y a desarrollar nuevas habilidades. El informe de Deloitte Insights (2024) revela que 80% de los líderes empresariales consideran que la IA generativa mejorará su eficiencia operativa; de hecho, un 40% de las empresas ya están experimentando un aumento en la productividad laboral gracias a la IA. Estos datos demuestran que, aunque el número exacto pueda variar entre informes, la conexión entre la implementación de IA y las mejoras en la eficiencia, es un hecho bien establecido y respaldado por la investigación.

La Inteligencia Artificial ha evolucionado a una herramienta de productividad indispensable, que está redefiniendo el mundo laboral, pues no solo automatiza tareas, sino que también optimiza procesos y potencia la toma de decisiones, permitiendo a individuos y empresas, incluso a emprendedores con recursos limitados, lograr más con menos esfuerzo.

El impacto más notable de la IA se refleja en el aumento de la productividad; PWC (2025) revela que los sectores más expuestos a la IA han experimentado un crecimiento en ingresos por empleado tres veces mayor (27%), en comparación con aquellos menos expuestos (9%); este fenómeno se debe a la capacidad de la IA para automatizar y agilizar procesos, permitiendo a los trabajadores concentrarse en tareas de mayor valor, como la automatización de tareas repetitivas, dejando a la IA hacerse cargo de tareas monótonas, como la gestión de correos electrónicos, la programación de reuniones y la atención al cliente básica a través de chatbots, liberando a los emprendedores para que se enfoquen en la estrategia, la creatividad y la construcción de relaciones y, por otro lado, la optimización de procesos, donde la IA puede perfeccionar rutas de entrega para reducir costos y tiempo; en marketing, los algoritmos analizan el comportamiento del cliente, a fin de crear campañas publicitarias personalizadas y de alto impacto, maximizando el retorno de la inversión.

Contrario a la creencia de que la IA eliminará empleos, el mismo informe de PWC (2025) muestra que está creando una sinergia entre humanos y tecnología; la IA está haciendo que los trabajadores puedan obtener salarios más elevados, donde los puestos de trabajo con roles altamente expuestos a la IA crecieron un 38% y las ofertas de empleo que requieren habilidades en IA, como la ingeniería de prompts, ofrecen salarios significativamente más altos;



<https://358agencia.com/estrategias-marketing-digital>

ejemplo de ello es que en México, estas ofertas mantuvieron un crecimiento constante del 33.6% entre 2021 y 2024, demostrando la creciente demanda de talento con esas competencias.

La IA democratizó el acceso a herramientas de análisis de datos, lo que ha permitido a los emprendedores de bajos recursos, tomar decisiones más informadas y estratégicas, como en el caso de análisis predictivo de tendencias de mercado, identificar riesgos potenciales y sugerir nuevas oportunidades de negocio; además, impulsa un cambio en las habilidades que las empresas buscan, logrando que la capacitación en IA no requiera estudios avanzados.

2. Desafíos y oportunidades del emprendimiento con recursos limitados

Emprender con recursos limitados implica desafíos, pero también oportunidades; la clave es convertir cada reto en un catalizador para la innovación.

Los emprendedores con recursos limitados enfrentan un panorama lleno de retos. El más evidente es la falta de capital, que restringe la inversión en infraestructura, marketing y personal. Según un estudio de Kuratko y Hodgetts (2020), el acceso al financiamiento es el principal obstáculo para el crecimiento de las pequeñas empresas, lo que lleva a la creación de una brecha de recursos. Esta limitación impide contratar personal especializado en áreas como finanzas o marketing digital, y dificulta la inversión en tecnología costosa, dejando a las PYMES en desventaja frente a competidores con mayores presupuestos y economías de escala.

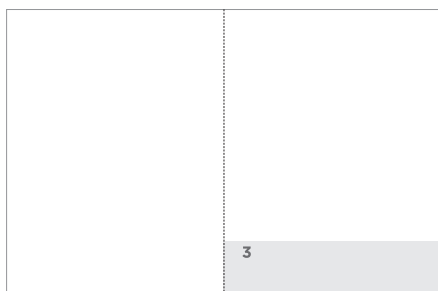
La falta de tiempo es otro desafío crítico; el Banco Mundial (2020) documentó el tiempo que un emprendedor promedio dedica a trámites como el pago de impuestos, la obtención de permisos de construcción o la apertura de un negocio; esto es importante conocerlo, porque para un emprendedor con recursos limitados, cada hora invertida en burocracia es una hora perdida para la producción o la venta, confirmando que la falta de tiempo para la gestión administrativa limita la expansión.

A pesar de estos desafíos, la escasez de recursos obliga a la creatividad y a la búsqueda de soluciones inteligentes, convirtiéndose en oportunidades para el crecimiento; en lugar de competir en costos, pueden centrarse en la eficiencia operativa y uso de la tecnología para optimizar procesos.

1. Optimización de marketing: Los emprendedores pueden centrarse en estrategias de bajo costo, como el marketing de contenidos y las redes sociales orgánicas; según HubSpot (2021), priorizar los blogs y el marketing de contenidos, tienen 13 veces más probabilidades de generar un retorno de inversión positivo.

2. Gestión de clientes (CRM): Utilizar herramientas gratuitas o de bajo costo, para gestionar las relaciones con los clientes, permite mantener una comunicación personalizada; Salesforce Research (2020), encontró que el uso de sistemas CRM puede aumentar la retención de clientes en un 27%; destacando que el CRM permite a los equipos de ventas y servicio al cliente, tener una visión integral del cliente, facilitando la personalización de las interacciones y la anticipación de sus necesidades, construyendo una lealtad duradera.

3. Eficiencia operativa: La automatización de tareas es vital; cada una que se consiga automatizar, desde la facturación hasta la programación de



<https://www.udit.es/como-se-entrelaza-el-analisis-de-datos-y-la-inteligencia-artificial-ia>

publicaciones, libera tiempo para actividades que realmente impulsan el negocio y, según Li *et al.* (2021), esto reduce en promedio el 40% de los errores operativos.

Es importante que los emprendedores no consideren a la IA como un lujo tecnológico, más bien, como un socio que nivela el campo de juego para superar las brechas de recursos y competir de forma efectiva.

3. La IA como aliado estratégico para emprendedores

Uno de los mayores beneficios de la IA, es su capacidad para “automatizar tareas repetitivas”, liberando el tiempo del emprendedor, para enfocarse en actividades que generan más valor. Estas herramientas pueden encargarse de procesos como el envío de correos electrónicos, publicaciones en redes sociales o responder a preguntas frecuentes de clientes.

La consultora PWC (2024), destaca que la IA está haciendo que los trabajadores sean más productivos, liberándolos de las tareas más monótonas, lo que permite a los emprendedores operar con eficiencia similar a la de las grandes empresas, sin contratar a un equipo numeroso; por ejemplo, los “chatbots” pueden gestionar cientos de consultas de clientes al mismo tiempo, resolver dudas básicas y escalar casos complejos a un humano.

Las herramientas de IA pueden analizar datos para identificar patrones y predecir tendencias; lo que facilita el tomar “decisiones informadas” y estratégicas con base en evidencia; Salesforce Research (2020), resalta que el análisis predictivo basado en IA permite a las empresas comprender a sus clientes, anticipar sus necesidades y personalizar su oferta.

Sobre esto, Díaz-Avelino *et al.* (2024) menciona que la IA ayuda a la adaptación de nuevas regulaciones, impulsa la innovación y otorga a los emprendedores una posición diferenciadora, al optimizar recursos y responder a cambios del entorno.

4. Consideraciones y futuro de la IA en el emprendimiento

Es vital ser conscientes de los posibles sesgos de los algoritmos y la necesidad de un uso responsable; se requiere transparencia y ética en el uso de la IA para evitar discriminaciones.



La adopción de nuevas tecnologías requiere entender la curva de aprendizaje y su resistencia, por lo que es clave seleccionar las herramientas adecuadas y superar la resistencia con educación.

La IA proyecta un futuro donde continuará revolucionando áreas clave, como Rodríguez (2018) afirma: “la IA cambiará de manera radical todo nuestro entorno empresarial y cotidiano,” destacando que las áreas de IA generativa y la personalización masiva, serán fundamentales para nuevos modelos de negocio.

Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este artículo es de tipo cualitativa, basada en la consulta bibliográfica y el análisis documental (Hernández, 2010); este enfoque nos ha permitido construir un marco teórico sólido y riguroso, fundamentado en la revisión de diversas fuentes de información. Para llevar a cabo la investigación, se siguió un proceso estructurado en tres fases principales: 1. Búsqueda y recopilación de información; 2. Análisis crítico y síntesis documental; 3. Redacción y estructuración del artículo.

Antes de pensar en herramientas o tecnologías, la base de todo negocio exitoso es encontrar una oportunidad real, lo cual se logra con una investigación profunda, incluso con recursos limitados.

Fase 1: Investigación y validación asistida por IA

Para iniciar, no emprendas basándote en suposiciones; primero utiliza recursos gratuitos como Google Trends, redes sociales y foros en línea (Reddit, Quora) para identificar tendencias y escuchar directamente las necesidades y frustraciones de la gente; por ejemplo, si notas que muchas personas en un foro de jardinería se quejan de no encontrar macetas ecológicas y duraderas, ahí hay una necesidad real y un posible nicho de mercado. Un negocio no es solo el producto o servicio a ofrecer, es la solución a un problema; la clave es definirlo claramente. Siguiendo el ejemplo anterior, el problema no es la falta de macetas, sino la carencia de opciones sostenibles que ayuden a ser más amigables con el medio ambiente; tu negocio será la solución a ese problema específico.



1. Investigación de Mercado Inteligente

Una vez que has identificado una oportunidad, con ayuda de la IA valida tu idea; tradicionalmente, la investigación de mercado requería una gran inversión de tiempo y dinero, pero estas herramientas pueden procesar rápidamente grandes volúmenes de datos en redes sociales, foros y comentarios de clientes para identificar tendencias, opiniones y sentimientos hacia productos o servicios.

Según Li *et al.* (2021), la aplicación de IA para el procesamiento de lenguaje natural permite a las empresas “analizar comentarios de usuarios a gran escala para descubrir preferencias, necesidades y puntos débiles”, esto ayuda a los emprendedores a entender lo que la gente realmente necesita y a ajustar su propuesta de valor antes de invertir.

Para ello, Google Bard o ChatGPT, pueden analizar la información de foros y resumir los problemas o tendencias principales; por ejemplo, puedes copiar y pegar comentarios de Reddit y pedirles que identifiquen las quejas más comunes. Por otro lado, Brandwatch o Talkwalker Alerts, plataformas de escucha social (algunas con versiones gratuitas o de prueba), permiten monitorear menciones de palabras clave (Ej. “macetas ecológicas”) en internet para medir el interés de la gente en tiempo real.

2. Encontrando tu Nicho y Competidores

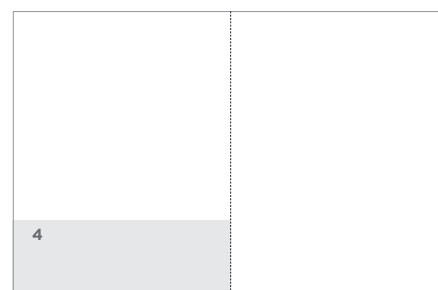
Con la IA puedes encontrar tu nicho de mercado y analizar a la competencia; utiliza herramientas de análisis de datos, para identificar brechas en el mercado que las grandes empresas no han abordado; por ejemplo, si notas que las grandes marcas de jardinería no tienen una línea de productos 100% ecológicos, la IA puede ayudarte a confirmar que existe una demanda sin cubrir; Méndez (2019) concluye que la investigación de mercado digital “proporciona a las PYMES la capacidad de segmentar mercados de forma más precisa y de identificar nichos de alta rentabilidad”; lo cual demuestra que dichas herramientas pueden nivelar el campo de juego, al permitirte conocer a tus competidores y encontrar tu lugar en el mercado.

Para ello, SEMrush o Ahrefs, con versiones gratuitas o de prueba, analizan las palabras clave que usa tu competencia y te muestran qué términos de búsqueda usa la gente para encontrar productos o servicios como los tuyos, lo que te ayuda a descubrir nichos de mercado con poca competencia. Por otro lado, a ChatGPT o Bard, proporciónales la URL del sitio web de tu competencia y pide un análisis de su estrategia de mercado; pueden resumir los productos que venden, clientes a los que se dirigen y posibles debilidades que podrías explotar.

3. Validando tu Idea con Feedback Automatizado

La IA permite validar tu idea con feedback rápido y automatizado; en lugar de organizar costosos grupos focales, puedes usar plataformas de encuestas inteligentes o chatbots, para recopilar opiniones de tu público objetivo; estas herramientas pueden analizar las respuestas de forma automática, así como identificar patrones y tendencias para evaluar la viabilidad de tu propuesta.

El análisis predictivo ayuda a los emprendedores a tomar decisiones basadas en datos; Salesforce Research (2020), menciona que el análisis de datos de los clientes “permite a las empresas anticipar las necesidades de los consumidores



<https://www.datacentermarket.com/estendencias-tic/como-elegir-la-mejor-plataforma-de-analisis-de-datos-corporativa>

y personalizar las ofertas”, lo que es fundamental para validar si tu idea resonará con tu público antes de que gastes recursos en un lanzamiento.

Con Google Forms o SurveyMonkey, puedes crear encuestas gratuitas y luego usar una IA como ChatGPT para analizar los resultados; solo copia y pega las respuestas y pide que identifique las tendencias, opiniones recurrentes y puntos clave del feedback. Con Tidio o Intercom puedes configurar preguntas automáticas para los visitantes de tu sitio web, recopilando información sobre sus necesidades y su interés en tu producto o servicio.

Fase 2: Diseño y planificación estratégica con IA

1. Creación de tu Producto o Servicio con IA

Utiliza herramientas de IA generativa para crear maquetas, logotipos y prototipos en cuestión de minutos, permitiéndote iterar y refinar tu producto o servicio de manera ágil y económica.

Accenture (2023), destaca que la IA generativa “está reduciendo significativamente el tiempo y el costo del desarrollo de prototipos”, lo que permite a los emprendedores probar diferentes conceptos sin incurrir en grandes gastos iniciales. Por ejemplo, un emprendedor de ropa puede generar múltiples diseños de camisetas, y un desarrollador de aplicaciones puede crear maquetas de la interfaz de usuario con solo describir sus ideas.

Canva AI te puede servir para diseñar logotipos, publicaciones en redes sociales y materiales de marketing con IA generativa; Midjourney o DALL-E, para crear imágenes y prototipos visuales a partir de descripciones de texto; Uizard o Framer, para crear prototipos de aplicaciones y sitios web en segundos, a partir de bocetos o descripciones simples.

2. Proyecciones y Gestión Financiera

Con ayuda de la IA puedes analizar las proyecciones financieras, riesgos, datos históricos, tendencias del mercado y factores externos, para prever flujos de caja, identificar riesgos potenciales y optimizar la asignación de recursos, todo sin necesidad de ser un experto en finanzas.

McAfee & Brynjolfsson (2017), resaltan que la IA “puede realizar análisis predictivos complejos que superan la capacidad de los analistas humanos”; esto se traduce en una toma de decisiones más sólida y fundamentada para los negocios de bajo presupuesto; por ejemplo, una IA podría analizar los precios de las materias primas y las fluctuaciones del mercado para sugerir el mejor momento para comprar el inventario.

Excel con IA te permite analizar tablas de datos, detectar tendencias y generar gráficos predictivos automáticamente; QuickBooks, software de contabilidad te ayuda a categorizar gastos, detectar anomalías y generar reportes financieros simples; Financier AI, te permite realizar el análisis de datos financieros y la creación de proyecciones para pequeños negocios.

3. Estructurando tu Plan de Negocio

La investigación de McKinsey & Company (2024) subraya que la IA generativa puede “acelerar el trabajo de conocimiento, como la redacción de documentos estratégicos, en hasta un 70%”; esto permite a los emprendedores crear un

plan de negocio completo y profesional en una fracción del tiempo que tomaría con métodos tradicionales.

Con ChatGPT o Google Gemini puedes redactar secciones de tu plan de negocio, como el resumen ejecutivo, la descripción de tu empresa o el análisis de mercado; LivePlan también tiene funciones que te permiten generar proyecciones financieras de manera automática.

Fase 3: Operación y marketing impulsados por IA

1. Marketing Personalizado y Segmentación

Con la IA puedes segmentar audiencias, basándote en comportamientos, intereses y demografía, asegurando que tus mensajes lleguen a las personas con más probabilidades de convertirse en clientes.

McKinsey & Company (2021), resalta que las empresas que utilizan la IA en marketing “mejoran la eficiencia en la inversión publicitaria en un 15-20% y aumentan las tasas de conversión hasta en un 20%”; ello demuestra que la IA convierte un presupuesto limitado en una ventaja competitiva.

Meta Ads (Facebook e Instagram), puede segmentar audiencias y optimizar la entrega de anuncios de forma automática, mostrando tus campañas a los usuarios con más probabilidad de interactuar. Jasper.ai o Copy.ai, generan textos publicitarios, descripciones de productos y correos electrónicos que resuenan con la audiencia de tu nicho. Google Analytics 4 (GA4), te ayuda a entender qué funciona y qué no.

2. Atención Automatizada al Cliente

Para ofrecer un servicio de calidad al cliente, que fomente la lealtad del consumidor, puedes emplear chatbots y asistentes virtuales básicos que mejoran su experiencia las 24/7; los cuales pueden responder a preguntas frecuentes, rastrear pedidos y resolver problemas simples.

Deloitte (2023) muestra que las empresas que implementan IA en la atención al cliente “mejoran la eficiencia operativa en un 30% y aumentan la satisfacción del cliente en un 15%”, lo que significa que puedes brindar un excelente servicio sin incurrir en costos significativos de personal.

Tidio ofrece un chatbot gratuito que puedes integrar fácilmente en tu sitio web para responder preguntas comunes y capturar información de contacto; Chatfuel o ManyChat, permiten crear chatbots sin código para plataformas como Facebook Messenger, ayudándote a automatizar las conversaciones con clientes potenciales y actuales.

3. Optimizando tus Procesos

Un emprendedor puede utilizar la IA para la gestión de inventarios, la logística y la toma de decisiones operativas; al analizar datos en tiempo real, la IA puede predecir cuándo necesitas reabastecer un producto, optimizar las rutas de envío y sugerir el precio ideal de venta para maximizar las ganancias. McKinsey & Company (2023) indican que 52% de las empresas que han adoptado IA,



<https://fourier.com.mx/recopilacion-de-los-mejores-consejos-de-marketing-digital>



reportan una disminución de costos en sus operaciones, lo que se traduce en una reducción de pérdidas por exceso de inventario, además de una cadena de suministro más ágil y económica.

Zapier conecta diferentes aplicaciones y automatiza flujos de trabajo repetitivos, sin escribir código. Forecasty.ai, predice la demanda de productos, ayudándote a optimizar tu inventario.

Fase 4: Crecimiento y adaptación con IA

1. Análisis de Datos para Decisiones Estratégicas

La IA puede monitorear el rendimiento del negocio, analizando grandes volúmenes de datos en tiempo real; esto te permite entender qué está funcionando, para tomar decisiones con base en evidencia.

Según NewVantage Partners (2021) el 92% de las empresas que implementan IA están obteniendo beneficios medibles de sus inversiones en datos; para un pequeño negocio, esto significa que la IA puede identificar los productos más rentables, los canales de marketing más efectivos y los picos de demanda, permitiéndote ajustar tu estrategia sobre la marcha.

En este proceso, te puedes apoyar de Power BI o Tableau Public, herramientas que te permiten crear visualizaciones interactivas de datos de ventas, inventario y marketing, facilitando la identificación de patrones.

2. Escala tu Negocio

Un estudio de IBM (2020) sobre la adopción de IA, resalta que ésta es clave para “identificar nuevas oportunidades de crecimiento, al analizar grandes conjuntos de datos de mercado y de la industria”; por ejemplo, podrías analizar datos demográficos y de comportamiento para sugerir en qué nueva ciudad o país deberías empezar a vender, o qué nuevo producto deberías desarrollar para un segmento de mercado sin explotar.

Los programas que proveen el potencial para este análisis son, entre otros, Google Trends e IBM Watson Discovery.

3. Detectando Riesgos y Oportunidades

Los sistemas de IA pueden detectar cambios en el comportamiento del consumidor, nuevas tendencias de la competencia o posibles amenazas de manera proactiva, lo que te ofrece la ventaja de anticipar el futuro en lugar de solo reaccionar a él.

Según Capgemini (2020), la IA ayuda a las empresas a “mejorar la toma de decisiones estratégicas en un 70%”. Para un emprendedor, la IA podría detectar una caída en la demanda de un producto o una nueva tecnología de la competencia que podría impactar tu negocio, permitiéndote mitigar los riesgos y aprovechar nuevas oportunidades.

Google Alerts te permitirá configurar alertas para recibir notificaciones sobre noticias de tu competencia, menciones de tu marca o palabras clave de la industria.

Análisis de resultados

La inteligencia artificial es una herramienta poderosa para emprendedores, pero su implementación enfrenta desafíos clave, es crucial dominar estos aspectos para mitigar riesgos y asegurar un crecimiento sostenible, reconociendo que los emprendedores deben entender el potencial de las herramientas de IA, no para ser expertos en programación, sino para aplicarlas eficazmente al negocio; la capacitación es una inversión directa en la capacidad de la empresa para innovar.

El uso de la IA introduce consideraciones éticas importantes; los algoritmos pueden tener sesgos, lo que quizá cause cierta discriminación en la fijación de precios o la selección de candidatos; es responsabilidad del emprendedor asegurar que sus herramientas de IA sean justas y transparentes; un uso ético, protege la reputación de la empresa y genera confianza en los clientes.

Al usar IA, se confía información a terceros, lo que plantea un desafío crítico de seguridad de datos; una brecha de seguridad compromete la información sensible y destruye la confianza del cliente; por tanto, es vital investigar las políticas de privacidad y seguridad, ya que la protección de datos debe ser una prioridad y no una ocurrencia tardía.

Para los emprendedores con recursos limitados, la clave es la optimización de costos; muchas herramientas de IA ofrecen versiones gratuitas o de bajo costo; la estrategia más efectiva es comenzar con herramientas gratuitas como ChatGPT o Canva AI para validar el negocio y automatizar tareas básicas, escalando la inversión solo cuando el negocio genere ingresos.

Conclusión

A lo largo de este artículo, hemos desmitificado la idea de que la inteligencia artificial es una tecnología exclusiva para grandes corporaciones; la IA se ha posicionado como un socio estratégico esencial para cualquier emprendedor, democratizando el acceso a herramientas que antes eran inalcanzables.

La clave del éxito no depende de un gran capital inicial, sino de la capacidad para ser ágil y eficiente; a través de esta metodología, hemos visto cómo la IA puede ser un motor de crecimiento desde la etapa de validación de ideas hasta la operación diaria y expansión del negocio; donde las herramientas gratuitas y de bajo costo permiten identificar oportunidades reales, diseñar y planificar sus productos y servicios, optimizar operaciones y marketing, así como escalar y adaptarse a un entorno en constante cambio.

La IA no reemplaza al emprendedor, sino que lo potencia; libera su tiempo de tareas repetitivas para que pueda enfocarse en la creatividad, la estrategia y la construcción de relaciones; sin embargo, esto conlleva la responsabilidad de un uso ético y seguro, priorizando la transparencia y la protección de los datos de los clientes.

Concluimos que la IA no es un lujo, sino una necesidad competitiva; su adopción estratégica puede ser la diferencia entre un negocio que sobrevive y uno que prospera, permitiendo a los emprendedores con recursos limitados, convertir sus grandes ideas en exitosas realidades.



<https://www.computing.esa-fondoque-es-el-big-data-y-como-funciona>

Bibliografía

- Accenture. (2023). *Generative AI: A new era for innovation*. Accenture. Recuperado el 06/08/2025. <https://www.accenture.com/us-en/insights/consulting/generative-ai>
- Banco Mundial. (2020). *Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies*. Recuperado el 08/08/2025. <https://www.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/media/Annual-Reports/English/DB20-FullReport-FullPDF.pdf>
- Capgemini. (2020). *The Future of AI in Business: The Journey to Intelligent Enterprise*. Recuperado el 14/08/2025. Recuperado de <https://www.capgemini.com/us-en/research/the-future-of-ai-in-business/>
- Deloitte. (2023). *The future of CX: The rise of AI-powered personalization*. Recuperado el 11/08/2025. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/consulting/lu-the-future-of-cx.pdf>
- Deloitte Insights. (2024). *State of Generative AI in the Enterprise, 2024: From hype to tangible results*. Recuperado el 11/08/2025. <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/business-strategy-growth/state-of-generative-ai.html>
- Díaz-Avelino, J. R. et al., (2024). *Integrando IA en los nuevos paradigmas de las ciencias económicas y gestión empresarial*, Santo Domingo, Ecuador: Grupo AEA Ecuador.
- Hernandez Sampieri, R. (2010), *Metodología de la Investigación*, 5a. Ed., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- HubSpot. (2021). *The state of inbound marketing trends*. Recuperado el 18/08/2025. <https://www.hubspot.com/state-of-inbound>
- Kuratko, D. F., & Hodgetts, R. M. (2020). *Entrepreneurship: A contemporary approach*. Cengage Learning.
- IBM. (2020). *AI Adoption and the Impact of the AI Ladder*. Recuperado el 13/08/2025. <https://www.ibm.com/downloads/cas/2J4O0P8J>
- Li, Y., Wang, Y., Zhang, W., & Li, D. (2021). *A review of business process automation*. Journal of Industrial Information Integration.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2017). *The business of AI*. Harvard Business Review.
- McKinsey & Company. (2021). *The AI-driven enterprise: How AI is transforming business*. Recuperado el 06/08/2025. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-ai-driven-enterprise>
- McKinsey & Company. (2023). *The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year*. Recuperado el 07/08/2025. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>
- McKinsey & Company. (2024). *The economic potential of generative AI*. Recuperado el 07/08/2025. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>
- Méndez, M. (2019). *Marketing de contenidos como herramienta de bajo costo para las PYMES*. Cuadernos de Gestión.
- NewVantage Partners. (2021). *Big Data and AI Executive Survey 2021*. Recuperado el 08/08/2025. <https://www.newvantage.com/2021-big-data-and-ai-executive-survey-report/>
- PwC. (2024). "Barómetro global de la IA en el mundo laboral 2024". Recuperado el 08/08/2025. <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2024/pwc-2024-global-ai-jobs-barometer.html>
- PwC. (2025). *El impacto de la IA en el trabajo: Barómetro global de la IA en el mundo laboral 2025 de PwC*. Recuperado el 08/08/2025. <https://www.pwc.com/mx/es/prensa/barometro-laboral-ia-2025.html>
- Rodriguez, Pablo (2018). *IA Como cambiará el mundo y tu vida*. Massachusetts, EU. Titivillus.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Salesforce Research. (2020). *State of the Connected Customer*. Salesforce. Recuperado el 03/08/2025. <https://www.salesforce.com/resources/research-reports/state-of-the-connected-customer/>
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Brothers.

Fotografías

- <https://www.equipostrytalento.com/noticias/2021060310-razones-por-las-que-incorporar-el-marketing-digital-en-la-estrategia-de-las-empresas>
- <https://358agencia.com/estrategias-marketing-digital>
- <https://www.udit.es/como-se-entrelaza-el-analisis-de-datos-y-la-inteligencia-artificial-ia>
- <https://www.datacentermarket.com/estendencias-tic-como-elegir-la-mejor-plataforma-de-analisis-de-datos-corporativa>
- <https://fourier.com.mx/recopilacion-de-los-mejores-consejos-de-marketing-digital>
- <https://www.computing.es/fondo-que-es-el-big-data-y-como-funciona>

Modelo de Extracción de Información de un Archivo Digital a Través de Inteligencia Artificial Mediante Patrones de Reconocimiento de Caracteres

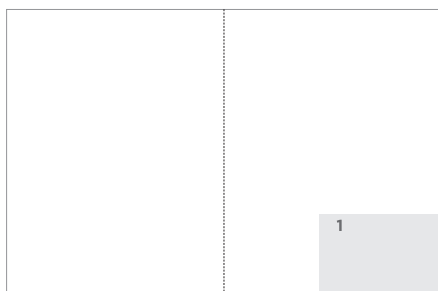
Dr. Juan Manuel Stein Carrillo*, Francisco Alberto López González**,
Dr. Adolfo Meléndez Ramírez* y Dr. Hugo Nathanael Lara Figueroa*

Acerca de los autores

*Académico-Investigador Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec, Centro de Cooperación Academia Industria.

**Estudiante de la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec.





<https://impulso06.com/big-data-facil-dominando-el-procesamiento-por-lotes>

Resumen

El modelo consiste en utilizar inteligencia artificial para extraer información de un archivo digital, mediante el reconocimiento de patrones de caracteres. Para ello, se emplean algoritmos de procesamiento de imágenes y de aprendizaje automático. El procedimiento comienza por analizar el archivo digital, identificando áreas de texto o caracteres. Luego, se utilizan técnicas de segmentación y reconocimiento de caracteres para convertir los datos en texto legible. Esto se realiza mediante el entrenamiento previo de un modelo de inteligencia artificial con una gran cantidad de datos de caracteres. Una vez que se ha extraído el texto, se puede utilizar para diversas aplicaciones, como el procesamiento automático de documentos, la búsqueda de información o la clasificación de datos. El punto principal es que esta técnica proporciona una manera eficiente y precisa de extraer información de archivos digitales utilizando inteligencia artificial y patrones de reconocimiento de caracteres.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Patrones, Procesamiento de Imágenes, Aprendizaje Automático, Extracción de Información.

Abstract

The model involves using artificial intelligence to extract information from a digital file through character pattern recognition. To do this, image processing and machine learning algorithms are employed. The process begins by analyzing the digital file, identifying areas of text or characters. Then, segmentation and character recognition techniques are used to convert the data into readable text. This is done by pre-training an artificial intelligence model with a large amount of character data. Once the text has been extracted, it can be used for various applications, such as automatic document processing, information search, or data classification. The key point is that this technique provides an efficient and accurate way to extract information from digital files using artificial intelligence and character pattern recognition.

Keywords: Artificial Intelligence, Pattern Recognition, Image Processing, Machine Learning, Information Extraction.



Introducción

En la era digital actual, la cantidad de información que se genera y almacena en formato digital es abrumadora. Empresas, instituciones y usuarios individuales manejan grandes volúmenes de datos que están almacenados en archivos digitales, como documentos, imágenes, y textos. La extracción de información relevante de estos archivos de manera eficiente, se ha convertido en un desafío crucial para optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) y el reconocimiento de patrones de caracteres, han surgido como herramientas fundamentales para desarrollar modelos avanzados de extracción de información.

Reconocimiento de Caracteres y su Importancia en la Extracción de Información

El reconocimiento de caracteres es una rama de la inteligencia artificial que se centra en reconocer y clasificar letras, números y otros símbolos en imágenes o documentos escaneados. Este proceso es necesario para convertir información no estructurada en datos digitales que puedan ser procesados y analizados por sistemas informáticos. Al extraer datos, el reconocimiento de caracteres permite obtener cierta información como nombres, fechas, números de identificación, etcétera, para ser ubicados y capturados a partir de archivos digitales.

Smith, J. A., & Johnson, M. B. (2019) plantean que los avances en los algoritmos de aprendizaje profundo han mejorado enormemente la precisión del reconocimiento de caracteres. Se ha demostrado que los modelos de red neuronal convolucional -CNN- (ver Figura 1) y de red neuronal recurrente (RNN) son eficaces para interpretar y extraer información de documentos con diferentes formatos. Estos modelos pueden aprender patrones complejos y



<https://artyplan.com/noticias/impresion-inteligente-transformando-la-gestion-documental-con-inteligencia-artificial/>

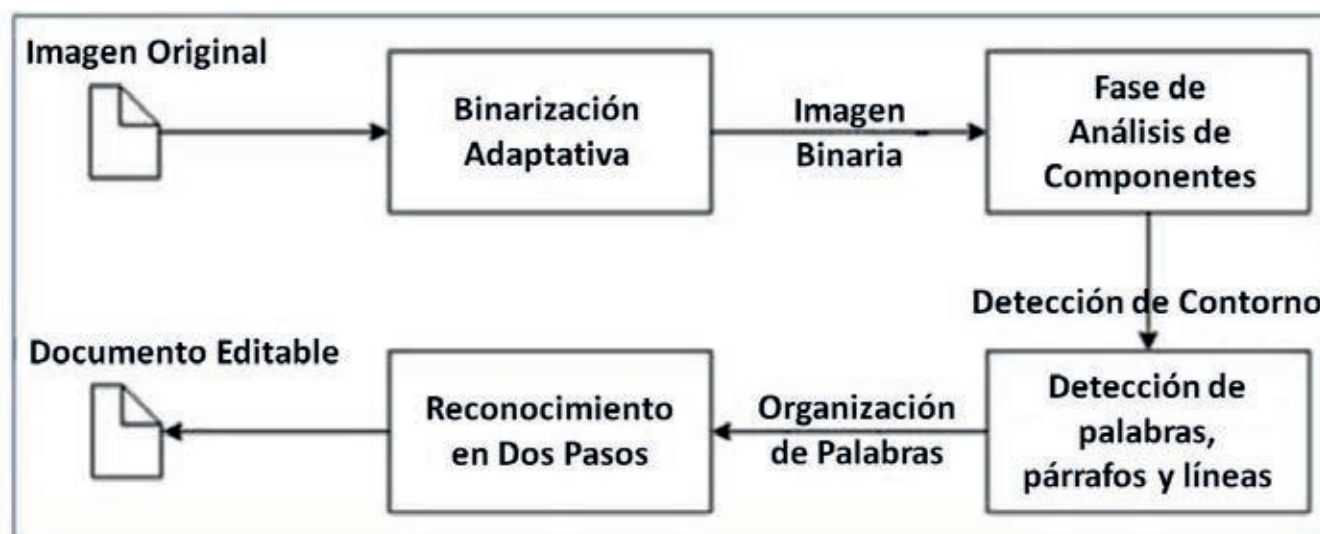


Figura 1a

Modelo de Red Neuronal Convolucional (CNN)

adaptarse a variaciones de caracteres, lo que los hace altamente adaptables a la variedad de archivos digitales disponibles.

Desarrollo de un Modelo de Extracción de Información

La construcción de un modelo de extracción de datos implica la integración de diversas técnicas de inteligencia artificial, especialmente en el reconocimiento de caracteres. Primero se realiza un paso de preprocesamiento, donde se ajusta la calidad de la imagen, se normaliza el formato del texto y se elimina el posible ruido. Luego se utiliza un modelo de reconocimiento de caracteres entrenado para identificar y clasificar elementos de texto relevantes. El entrenamiento del modelo implica la alimentación de grandes conjuntos de datos etiquetados, permitiendo que el sistema aprenda a reconocer patrones específicos. La retroalimentación continua y la mejora del modelo son fundamentales para adaptarse a nuevos tipos de documentos y variaciones en la presentación de la información (ver Figura 2).

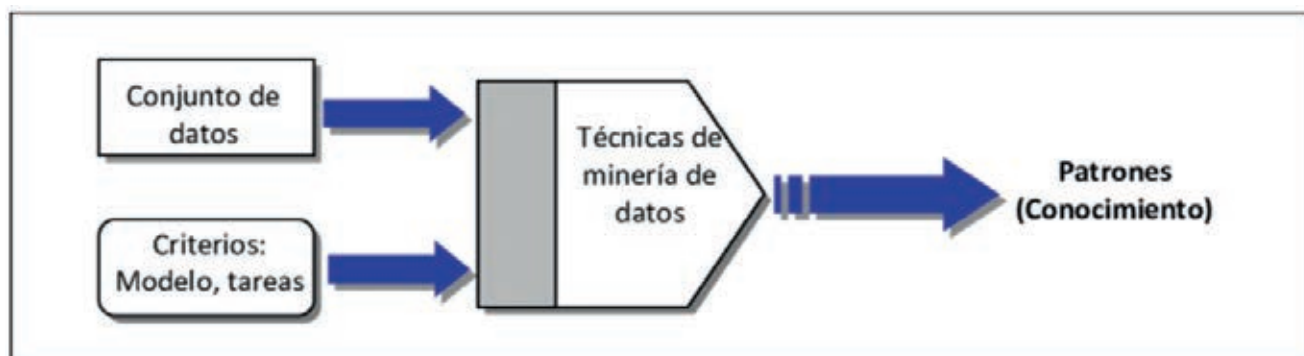


Figura 2

Modelo de Extracción de Información.

El punto clave es el conjunto de datos, ya que brinda la “educación” de nuestro modelo de Deep Learning para que empiece a funcionar apropiadamente. García, C. D., & Rodríguez, E. F. (2020), comentan que un modelo de Deep Learning que no ha sido entrenado eficazmente, no tendrá la capacidad de realizar distinciones de las imágenes o inclusive de variables y, por ende, fallará en su objetivo de reconocimiento.

El modelo ideal consiste en maximizar el uso de un gran número de imágenes para crear este set de datos y de ese conjunto, se deberán asignar al menos dos o tres subconjuntos antes de aplicar el entrenamiento. Este primer subconjunto (inicio del “entrenamiento”) es usado para realizar el entrenamiento principal y real del modelo, lo cual implica definir valores matemáticos de peso de cada uno de los ítems de esta red neuronal.

El segundo set de datos es conocido como “validación” y sirve para supervisar todo el proceso de la formación de la red neuronal, diferenciando entre resultados esperados y reales.

El tercer subconjunto conocido como “de prueba” es totalmente opcional, sin embargo, ayuda para valorar el rendimiento del modelo una vez entrenado.



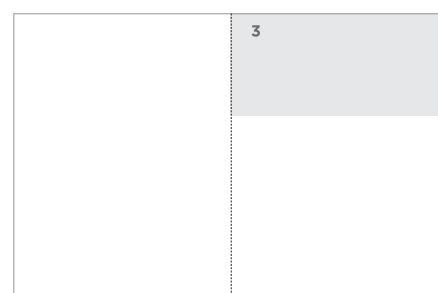
Esta es una función similar a una evaluación del desempeño, que también sirve para la mejora continua del modelo.

Para la construcción de un buen set de datos, es necesario que las imágenes coincidan con lo que realmente se espera obtener como objetivo real. Además, es importante contar con un mayor número de variables a tomar en cuenta, ya que eso ayudará a mejorar el entrenamiento. De igual modo, es preferible contar con un entorno mantenido tanto para la captura de datos como para el procesamiento de las imágenes productivas.

Aplicaciones y Beneficios del Modelo

Aplicar un modelo de minería de datos basado en inteligencia artificial y reconocimiento de patrones, ofrece muchas ventajas y posibilidades de uso. En la industria, facilita la automatización de tareas administrativas, acelera los procesos de toma de decisiones y mejora la eficiencia operativa. Además, pueden ser una ayuda invaluable en situaciones legales y médicas, donde la información precisa y oportuna es fundamental.

La capacidad de estos modelos para procesar grandes volúmenes de datos de manera rápida y precisa, representa reducciones significativas en los costos operativos y la minimización del error humano. Thompson, L. K., & Williams, R. S. (2018) refieren que la introducción de sistemas de recolección de datos, contribuye a la creación de bases más completas y confiables, lo que repercute positivamente en la calidad de la información disponible para la toma de decisiones estratégicas.



<https://www.iprofesional.com/tecnologia/402890-que-es-el-procesamiento-del-lenguaje-natural>

Bibliografía

García, C. D., & Rodríguez, E. F. (2020). "Deep Learning Approaches for Document Information Extraction". *International Conference on Artificial Intelligence*, 76-88.

Smith, J. A., & Johnson, M. B. (2019). "Advances in Character Recognition for Digital File Information Extraction." *Journal of Artificial Intelligence Research*, 25(3), 123-145.

Thompson, L. K., & Williams, R. S. (2018). "Enhancing Data Retrieval: A Comprehensive Study of AI-Based Text Recognition Systems." *Journal of Information Science*, 42(2), 234-251.

Conclusiones

En definitiva, se puede afirmar que el desarrollo de un modelo de extracción de información de archivos digitales mediante inteligencia artificial y reconocimiento de patrones, supone un importante paso adelante en la gestión y utilización de grandes volúmenes de datos. La combinación de algoritmos avanzados de aprendizaje profundo y técnicas de procesamiento de imágenes, permite la creación de sistemas robustos y versátiles, que pueden recuperar información precisa de manera eficiente.

El impacto de estos modelos, abarca desde la automatización de procesos comerciales hasta la mejora en la atención médica y la asistencia jurídica. A medida que avanza la tecnología, es probable que los modelos de recopilación de datos evolucionen y se adapten a nuevos desafíos, proporcionando soluciones cada vez más especializadas y eficientes para la gestión de datos en la era digital.

Su implementación implica que este modelo necesita una mejora continua basada en el entrenamiento, y algunos ajustes, con la finalidad de llegar a un nivel óptimo de reconocimiento. Esto a su vez, conlleva el seguir trabajando en sus mejoras, al obtener una retroalimentación derivada de su utilización y de diversas pruebas, con el objetivo de que siga siendo un modelo funcional.



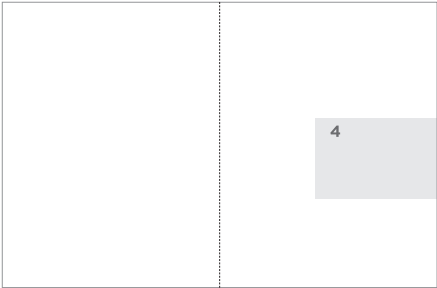
Fotografías

<https://impulso06.combig-data-facil-dominando-el-procesamiento-por-lotes>

<https://artyplan.com/noticias/impression-inteligente-transformando-la-gestion-documental-con-inteligencia-artificial/>

<https://www.iprofesional.com/tecnologia/402890-que-es-el-procesamiento-del-lenguaje-natural>

<https://comunicagenia.comblogtipos-documentos-hacer-inteligencia-artificial>



<https://comunicagenia.comblogtipos-documentos-hacer-inteligencia-artificial>

Nebulizador Electrónico: una Aplicación de Microcontroladores en la Aerosolterapia

Dra. Griselda Cortés Barrera¹, Dr. Jorge Alfredo Manjarrez Rodríguez²,
Mtro. Edgar Corona Organiche³ y Dr. Jiménez Alfaro Abraham Jorge⁴



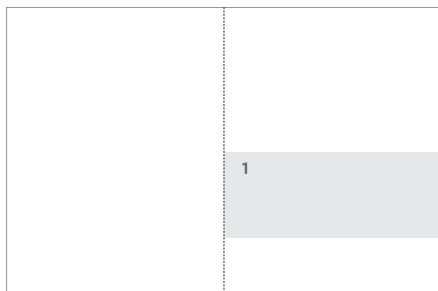
Acerca de los autores

^{1,3 y 4} Académico del Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec, Laboratorio Nacional CONAHCYT en Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos.

² Académico del Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Resumen

Las enfermedades respiratorias, como el COVID-19, continúan representando un riesgo significativo para la salud pública, especialmente por la exposición a partículas infecciosas en ambientes públicos y privados. Ante esta problemática, la aerosolterapia ha demostrado ser una alternativa eficaz, al permitir la administración directa de medicamentos al tracto respiratorio, optimizando su efecto terapéutico.



<http://swww.ui1.esblog-ui1nadando-hacia-la-salud-respiratoria-un-nuevo-paradigma-en-la-rehabilitacion-pulmonar>

Este artículo presenta el diseño de un Nebulizador Automático tipo malla, orientado a la aerosolterapia, capaz de proporcionar tratamientos eficientes con mínimos efectos adversos. El dispositivo está diseñado para adaptarse a automóviles, hogares y áreas hospitalarias, facilitando la atención simultánea a múltiples usuarios con afecciones respiratorias. La construcción del prototipo se basó en la metodología INFOTEC para el desarrollo del sistema embebido. Las pruebas realizadas mostraron un alto grado de eficacia en la humidificación, con un rango de aspersión entre 6.25 y 18.75 m².

Palabras clave: Aerosolterapia, Salud respiratoria, Enfermedades, Infecciones, Nebulizadores, Sistemas Embebidos, Áreas médico-clínicas.

Abstract

Respiratory diseases, such as COVID-19, continue to pose a significant risk to public health, particularly due to exposure to infectious particles in both public and private environments. In response to this issue, aerosol therapy has proven to be an effective alternative by enabling the direct administration of medication to the respiratory tract, thereby optimizing its therapeutic effect.

This article presents the design of an Automatic Mesh-Type Nebulizer, intended for aerosol therapy, capable of delivering efficient treatments with minimal side effects. The device is designed to be adaptable for use in automobiles, homes, and hospital areas, facilitating simultaneous treatment for multiple users with respiratory conditions. The prototype was developed using the INFOTEC methodology for embedded system design. Tests conducted demonstrated a high level of effectiveness in humidification, with a spray coverage range between 6.25 and 18.75 m².

Keywords: Aerosol therapy, Respiratory health, Diseases, Infections, Nebulizers, Embedded systems, Medical-clinical areas.



Introducción

En abril de 2018, la Asociación Colombiana de Medicina abordó el problema de las enfermedades respiratorias mediante el desarrollo de un sistema capaz de nebulizar soluciones y fármacos en pacientes con respiración espontánea, utilizando oxígeno como propelente e integrando un control preciso de la fracción inspirada de dicho gas.

Desde hace tiempo, las enfermedades respiratorias y la propagación de virus que afectan la salud, han estado relacionadas con la exposición a partículas infecciosas e irritantes (Cortés Téllez y otros, 2019). Diversas propuestas han incorporado sistemas de nebulización en contextos de higiene y prevención. Un ejemplo de ello es el trabajo de E. Negrodo Rojo *et al.*, presentado el 16 de noviembre de 2021, titulado “Tratamiento con aerosolterapia en pacientes pediátricos”, donde se plantean soluciones para enfermedades respiratorias y se establece una metodología adecuada para la aplicación del tratamiento en pacientes (Negredo Rojo *et al.*, 2021).

La literatura reciente muestra que la aerosolterapia, junto con los nebulizadores, se emplea como herramienta terapéutica de apoyo para el personal del sector salud. La nebulización no se limita únicamente al tratamiento de enfermedades respiratorias, sino que también se considera uno de los métodos más eficaces para administrar medicamentos. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan los hospitales -especialmente en contextos como el vivido durante la pandemia por COVID-19- es que cada paciente requiere un dispositivo exclusivo. Además, muchos de estos dispositivos no pueden utilizarse en ambientes domésticos, ya que dependen del suministro de oxígeno para su funcionamiento.

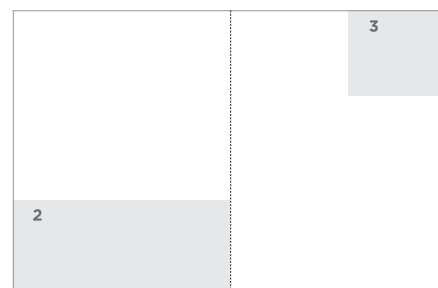
Este trabajo propone un prototipo de nebulizador tipo malla, diseñado para administrar tratamientos con la máxima eficacia terapéutica en las vías respiratorias y con mínimos efectos adversos. A diferencia de los dispositivos tradicionales, este prototipo puede utilizarse en espacios abiertos como viviendas, hospitales o incluso en el interior de un automóvil. Su principal ventaja es que permite que la nube generada se disperse en el ambiente y sea inhalada por múltiples usuarios al mismo tiempo, sin requerir oxígeno adicional.

Para la construcción del prototipo, se implementó la metodología INFOTEC, específicamente el Ciclo de Procesos de Desarrollo para un Sistema Embebido, abarcando hasta las fases de integración y pruebas.

La estructura del presente documento se organiza de la siguiente manera: Descripción de los nebulizadores y sus aplicaciones, Fundamentos teóricos del circuito eléctrico utilizado, Metodología y arquitectura de la solución propuesta, Integración de hardware y software y Pruebas realizadas y resultados obtenidos.

Desarrollo

Los prototipos automatizados de nebulización para aerosolterapia son escasos. Aunque eficaces frente a diversas enfermedades respiratorias, su



<https://www.avancesenrespiratorio.compacientes>
<https://www.tecmeshn.com/producto/nebulizador-portatil-ultrasonico/>

uso requiere precaución, ya que una aplicación incorrecta puede provocar efectos adversos. Los sistemas de nebulización tipo malla destacan por su alta eficiencia, aunque tienen un alcance limitado, siendo adecuados incluso para uso pediátrico.

Aerosolterapia y su enfoque a las distintas enfermedades e infecciones respiratorias

La aerosolterapia es un procedimiento que administra sustancias en forma de aerosol directamente a las vías respiratorias, lo que permite alcanzar mayores concentraciones en el árbol bronquial y el lecho pulmonar (Cortés Téllez *et al.*, 2019).

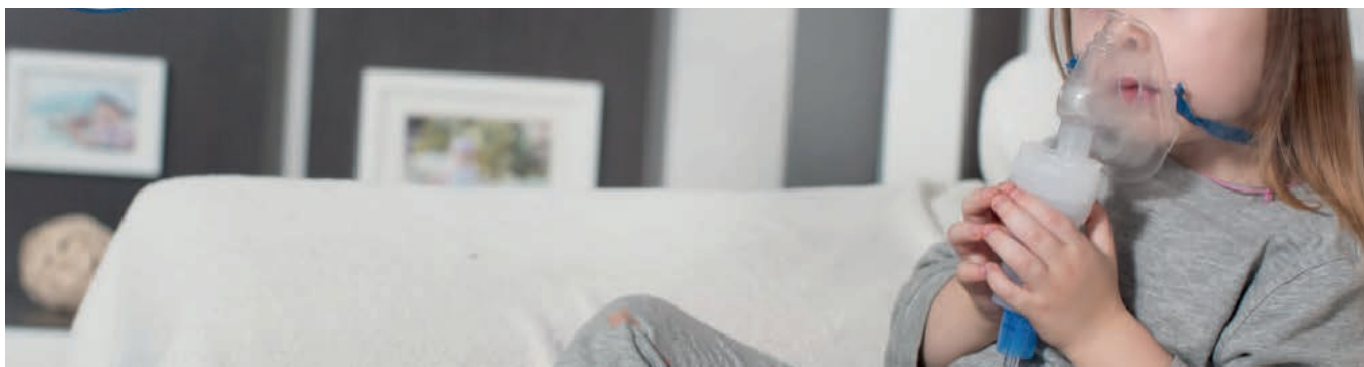
En hospitales se utilizan distintos tipos de nebulizadores para este fin: ultrasónicos, jet y de malla vibratoria. Estos últimos emplean una malla microscópica que, al vibrar a alta frecuencia, convierte el líquido en microgotas de manera uniforme. Un estudio comparativo entre nebulizadores tipo jet y tipo malla demostró que, en la mayoría de los diez casos analizados, los de tipo malla ofrecieron una mejor distribución y mayor efectividad (Gimeno Beltrán *et al.*, 2023).

Todo circuito necesita ciertas bases para darle integridad, las cuales se describen a continuación:

Leyes de Kirchhoff: Gustav Rober Kirchhoff fue un físico alemán (1824-1887) quien anunció por primera vez “las leyes de la conservación de energía”, para el análisis de circuitos eléctricos, basadas en la conservación de la energía y la carga (Gómez, 2007).

Ley de ohm: descrita por el físico alemán George Simón Ohm (1789 - 1854), quien descubrió que el efecto de la corriente en diversos elementos, la intensidad y la tensión, tenían una relación proporcional, denominándolas como resistencia e impedancia eléctrica, para una misma tensión, la corriente aumenta a medida que disminuye la resistencia. La relación se expresa matemáticamente como $V=I \times R$. (J. Cembranos, 2000).

Tipos de corriente eléctrica: se clasifican en dos tipos, corriente continua (CC) y alterna (CA). La primera, es el tipo de energía que fluye “flujo de electrones” de forma constante en una sola dirección (Zuluaga, 1992). La corriente alterna cuenta con dos características: 1) *La señal varía en el tiempo*, 2) *Tiene un periodo, y se repite después de cierto tiempo*” (Macías García, Contreras Hinojosa, & Anaya Zamora, 2017).



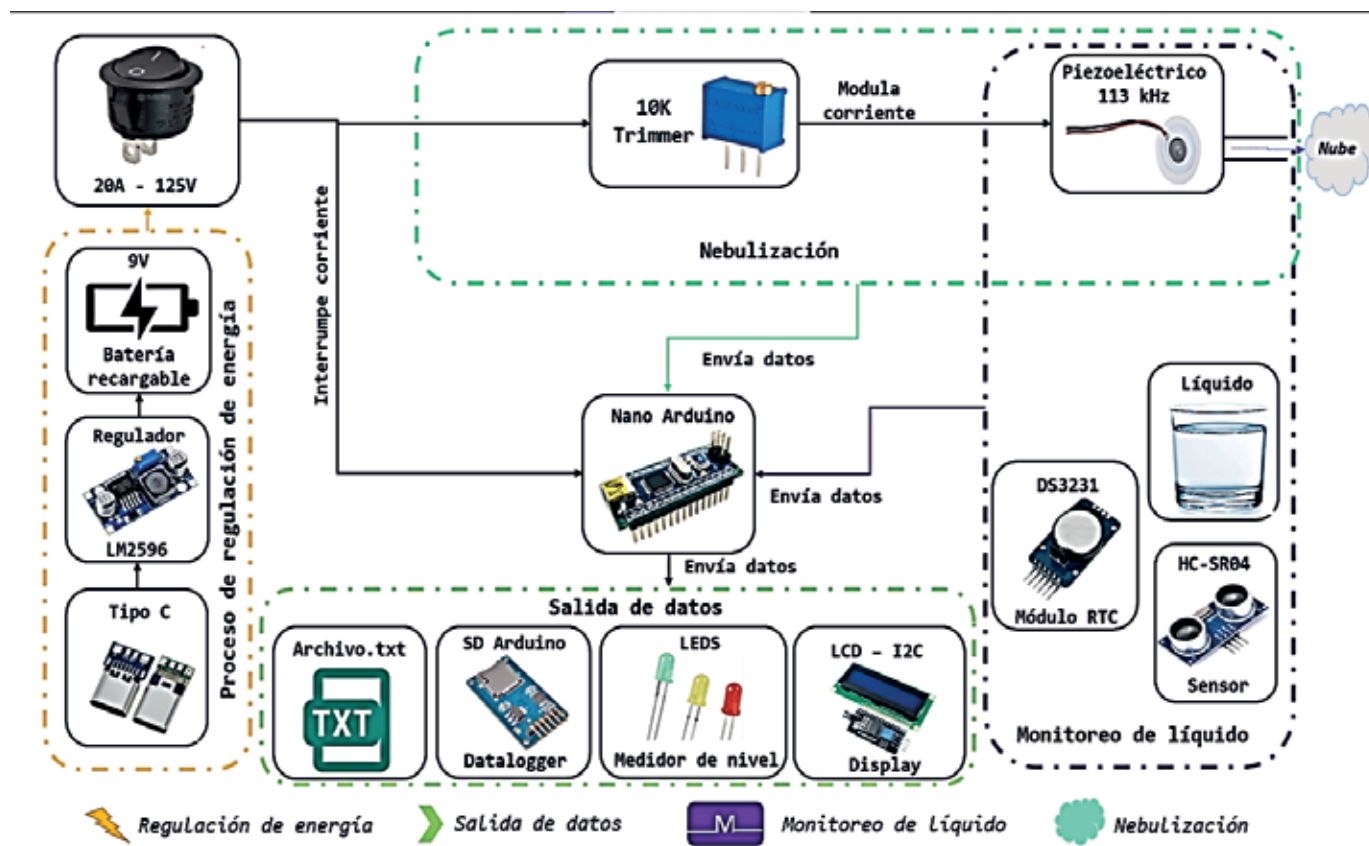


Figura 1

Arquitectura general del nebulizador electrónico.

Arquitectura del dispositivo nebulizador

La Figura 1 muestra la arquitectura general para la construcción del sistema embebido del nebulizador, y se compone por cuatro fases principales para su funcionamiento, las cuales se describen a continuación:

Proceso de regulación de energía: obtiene la energía entrante a través de un bus tipo C (alimenta la carga de energía entrante al dispositivo); la energía es regulada por el componente LM2596, el cual evita que la carga queme el dispositivo y alimenta el circuito general, utilizando una batería de 9V.

Nebulización: sección que convierte en microgotas el líquido insertado en el contenedor; utiliza un piezoeléctrico de 113 khz y un timer de 10k, controlado por una Nano Arduino.

Monitoreo de líquido: identifica e influye en el funcionamiento del sistema de nebulización. Utiliza un sensor HC-SR04, un módulo RTC (DS3231) y se comunica con el módulo de nebulización para generar la aspersión.

Salida de datos: los datos que se generan, se almacenan con un *datalogger* "registrador de datos" y en el módulo SD en un archivo *txt*, la información se muestra en un *display LCD* con I2C y un semáforo de leds.



<https://E-H8vKeWEAM6WPX>

Diagrama general del circuito

La Figura 2a presenta el circuito basado en un modelo de tipo malla, diseñado para contribuir a la mejora de los actuales sistemas de nebulización.

A continuación, se describen los componentes que conforman su operatividad: a) Batería de 9V: manda la energía suficiente para que opere el circuito, b) Interruptor: protege contra imprevistos por en el uso del dispositivo, c) Nano Arduino: maneja la lógica y codificación de operabilidad, d) Transistor 2n7000: switch que se controla desde el microcontrolador, e) Sensor HC-SR04: mide la porción del contenido en el recipiente, f) Piezoeléctrico 113 kHz: convierte un líquido en microgotas homogéneas, g) pantalla LCD con I2C: muestra los datos de funcionamiento, h) Módulo SD: almacena los datos de uso más relevantes.

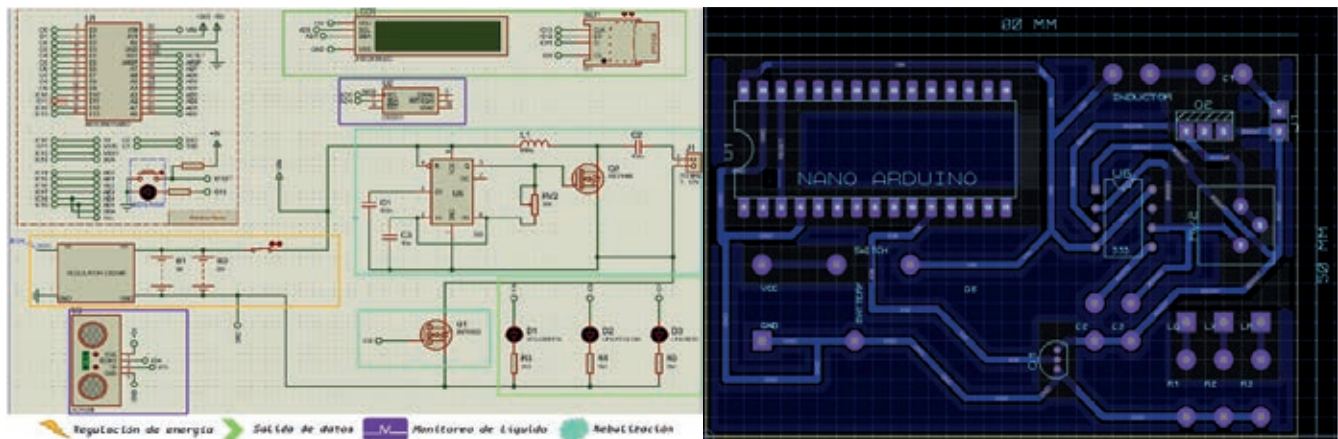


Figura 2

Diagrama general de circuito y tarjeta de impresión del PCB.

La Figura 2b muestra el diseño de tarjeta PCB lista para imprimir; se utilizó el formato *Gerber* de la herramienta ARES en el simulador PROTEUS.

La Figura 3 muestra el diagrama de circuito analógico del sistema embebido, utilizando varios piezoeléctricos para identificar la cobertura de aspersión. A continuación, se describen los componentes utilizados:



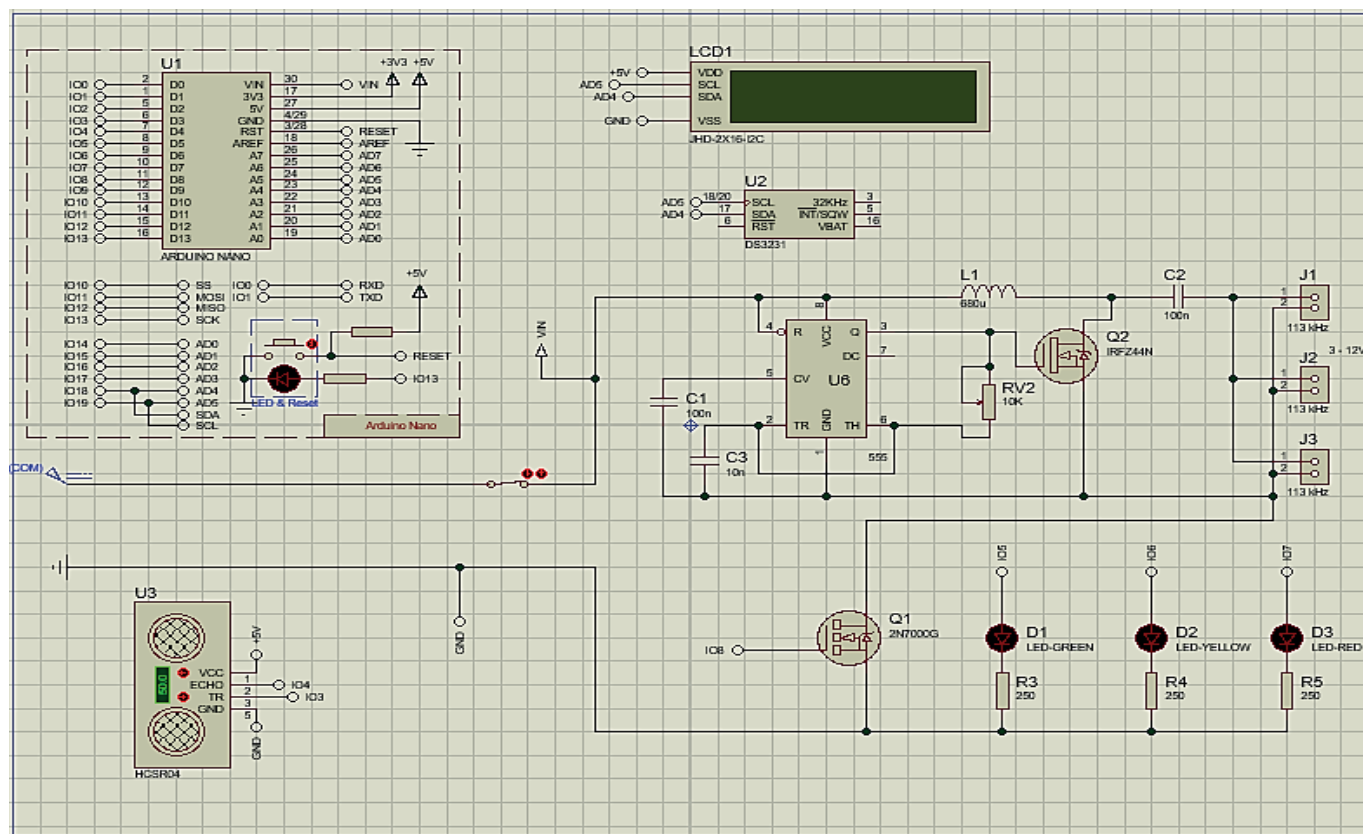


Figura 3

Circuito de nebulización para 18.5 m².

Nebulización: los componentes analógicos son el temporizador TLC555, inductor 680u, *trimmer* 10k, transistor IRFZ44N, capacitores cerámicos 100nF y 10nF, y piezoeléctrico de 113kHz; un MOSFET IRFZ44N. El pin 4 actúa como *reset*, mientras que los pines 2 (disparo) y 6 (umbral) se conectan a un capacitor 103 (10nF) y al extremo negativo del *trimmer*.

Para aumentar el área de alcance entre 12.5 - 18 m², se utilizan de 2 a 3 piezoeléctricos conectados en paralelo. Este modelado requiere un voltaje de 9V-12V y 0.7A - 1.5 A de corriente. El componente de inducción utilizado para el funcionamiento de nebulización es de 220 - 680 uH, no se tiene indiferencia en gran medida con la aspersión, ya sea el inductor está dentro del rango, véase Figura. 3.

Algoritmo para el dispositivo de nebulización

El algoritmo automatiza el funcionamiento del dispositivo mediante funciones programadas, sensores y módulos integrados. Los principales datos obtenidos son: *Porción de líquido*: que estima la cantidad de líquido nebulizado; *Fecha y hora*: permite calcular la duración del ciclo de nebulización; *Estatus de apagado*: notifica cuando se ha completado un ciclo, y *Conteo de uso*: registra el número de usos para estimar la vida útil del dispositivo.

- a) Se crea un objeto para el módulo de reloj en tiempo real RTC DS3231, utilizando la librería RTCLib.h. Si no está disponible, se requiere manejo de errores de codificación.



<https://www.terapiacpap.com/que-es-compresor-nebulizarsrslid=AfmBOqWK18JDBENELD2U3oLecM7yEfOgGAHc1CX6tDAo-MigomuvB0I>

b) Se inicializan los objetos para el *display* LCD 16x2 y el módulo SD, haciendo uso de las librerías: LiquidCrystal_I2C.h, Wire.h, SPI.h y SD.h.

c) Se definen las constantes y las variables para controlar los pines digitales y analógicos del Arduino Nano, necesarios para la operación de los componentes.

d) En el método *void setup()*, se inicializa la comunicación serial a 9600 baudios. Se configuran los pines como entrada o salida, controlando así la alimentación y el apagado del sistema de nebulización. También se implementan condicionales para detectar los módulos SD y RTC; si no se detectan correctamente, se activa un bucle infinito que detiene el resto del programa.

e) Dentro de *void loop()*, se incluye una condicional para el objeto myFile, que verifica si el módulo SD y la memoria microSD están activos para registrar los datos en un archivo .txt. De no cumplirse esta condición, el sistema no avanza a la etapa de medición de líquido.

f) Una vez verificado lo anterior, se evalúa el nivel del líquido utilizando un sensor ultrasónico, clasificándose en un rango que va de porción alta a nula, lo cual determina la continuidad del proceso de nebulización. La Figura 4 presenta el diagrama de flujo que se implementa para el control del nebulizador:

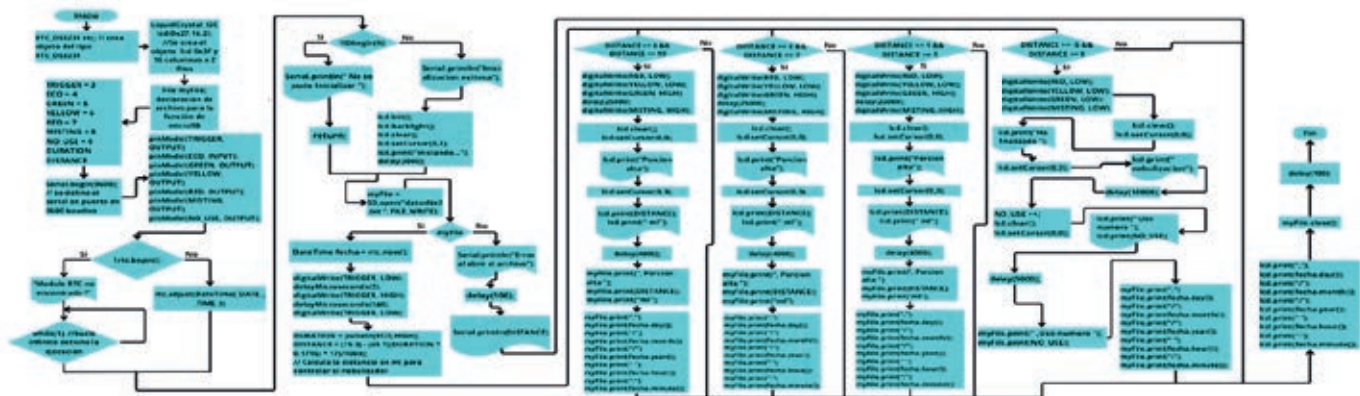


Figura 4

Diagrama de flujo general.

Monitoreo de funcionamiento del prototipo

Para el funcionamiento del prototipo, se configuró el pin digital 3 como 'trigger', con un pulso de 117 microsegundos, precedido por dos microsegundos de apagado. La variable 'DURATION' mide el tiempo que tarda el eco en recibirse, correspondiente a una distancia de 21 mm. Con esta duración, se calcula la variable 'DISTANCE' y se estima el volumen en mililitros, usando la fórmula para un contenedor rectangular.

$$\text{Ec. 1 } ml = Di - \left(\frac{A \cdot (DURATION + 0.1715) \cdot C}{1000} \right)$$

Donde D_i representa la diferencia total de lo que se pretende medir en inversa,
 $ml = \frac{mm^3}{1000mm^3}$, A es el ancho de contenedor, DURATION * 0.1715 indica el alto del
 contenedor, donde $0.1715 = \frac{0.343mm}{2}$, y C representa el volumen del contenedor.
 Tomando en consideración que se tiene un contenedor de 45*20*17 mm

$$\text{Ec. 2 } ml = \frac{45mm \cdot 20mm \cdot 17mm}{1000mm^3}$$

La ecuación permite medir los cuatro niveles del líquido para el buen funcionamiento del dispositivo (*alta*: 8 a 17.38 ml, *media*: 4 a 7 ml, *baja*: establecida 1 a 3 ml y *nula*: 5 a 0 ml) y el área a cubrir se secciona en rangos, véase Figura 5a. También se muestran las combinaciones establecidas para cada nivel, dentro de las condiciones que definen el nivel de porción del líquido, se activa una orden de los modos “encendido - apagado” utilizando los pines de los leds (*green*, *yellow*, *red*) y el *misting*: es el pin de nebulización que activa la parte analógica del prototipo (nivel considerado como alta porción de líquido).

ALTA PORCIÓN • RED = LOW • YELLOW = LOW • GREEN = HIGH • MISTING = HIGH	MEDIANA PORCIÓN • RED = LOW • YELLOW = HIGH • GREEN = LOW • MISTING = HIGH
BAJA PORCIÓN • RED = HIGH • YELLOW = LOW • GREEN = LOW • MISTING = HIGH	NULA PORCIÓN • RED = LOW • YELLOW = LOW • GREEN = LOW • MISTING = LOW



Figura 5

Niveles programados de porción del líquido y maquetado electrónico.

Funcionamiento del Nebulizador

El sistema programado se compila y manda al microcontrolador con el entorno de trabajo para Arduino, el puerto USB establecido y el bus de datos del microcontrolador. Los datos del funcionamiento son registrados en microSD, mostrados en el *display* LCD y controlados con un nano Arduino. Para su operación, se aplican las funciones para un *datalogger* y registra en un .txt los siguientes datos: *Porción de líquido* obtenido en la distancia “ml”, *Fecha actual* (dd, mm, aa, hh y mm), el *Estatus de apagado* se registra al cumplirse la condicional de porción nula, arrojando la leyenda “Ha finalizado nebulización” y el *Contador de uso del dispositivo*: se obtiene cuando se cumple la condicional de nivel nulo, incrementando la variable “NO USE”.

Componentes electrónicos: dos baterías de 9V-400mAh, regulador de voltaje LM2596, interruptor, tarjeta PCB de 8 cm x 5 cm, módulo SD, módulo RTC-DS3231, sensor ultrasónico HCSR04, display LCD -16 x 2 cm con I2C, leds (verde, amarillo y rojo) y piezoeléctrico 113 kHz.

Pruebas de conformidad de sistema

Las pruebas se realizaron en espacios cerrados (oficinas y casas habitación) utilizando: nebulizador, jeringa de 3 ml, agua o aromatizante diluido y guantes estériles. Se llevaron a cabo 20 sesiones en cinco días para evaluar la funcionalidad del dispositivo. La Figura 6 muestra que de las 20 activaciones del sensor ultrasónico, 12 fueron precisas y 8 presentaron errores en la detección de la porción líquida. En total, el 60 % de las mediciones fueron exitosas y 40 % tuvo fallas.

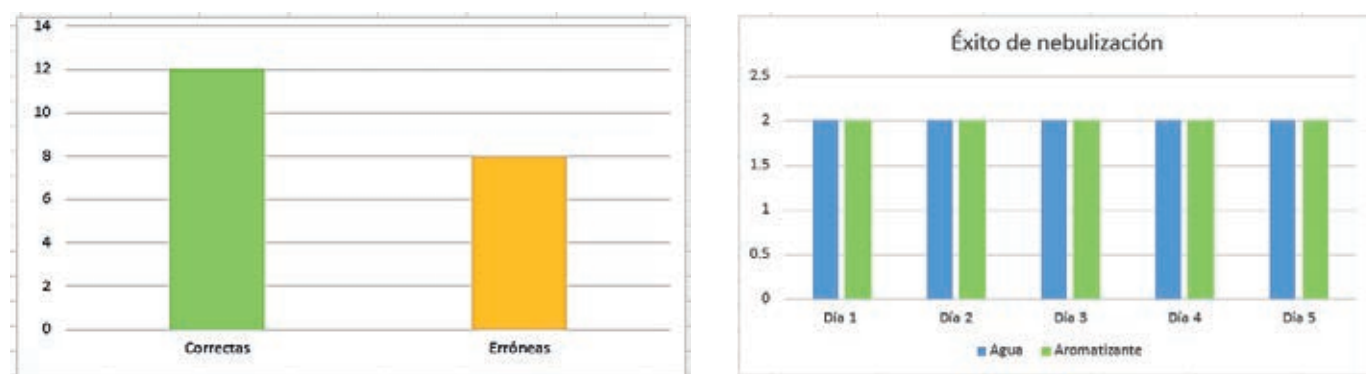


Figura 6

Resultados de pruebas con el sensor ultrasónico y estatus con líquidos nebulizado.



La Figura 7 muestra el orden de funcionamiento para la nebulización: a) *inicio*: muestra leyenda “Iniciando” y la fecha, b) *encendido*: cuando no está nebulizando el dispositivo, el *display LCD* se mantiene con la fecha de encendido, c) *niveles de porción del líquido* (*alta, media, baja, nulo*) y d) *contador*: determina el número de veces que opera el dispositivo de manera exitosa.

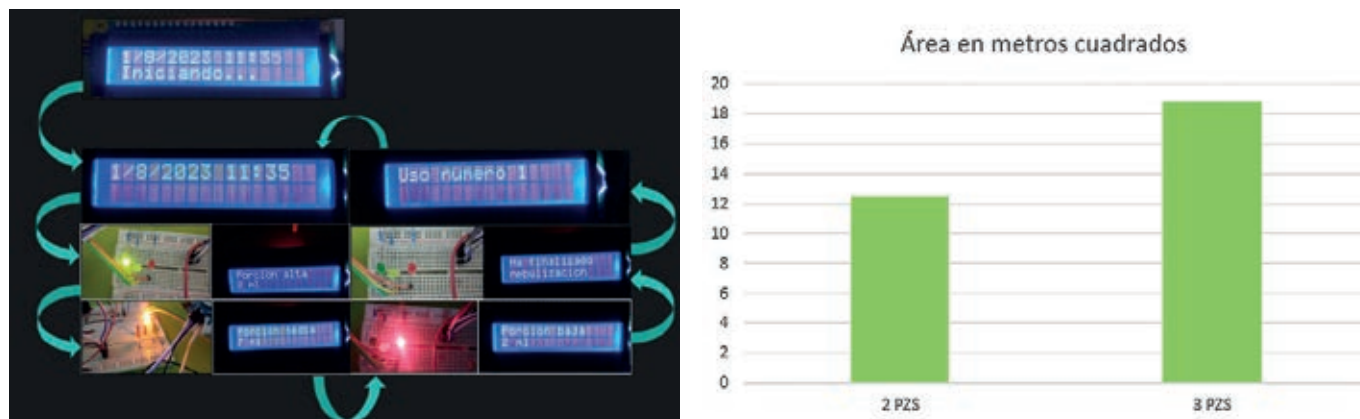


Figura 7

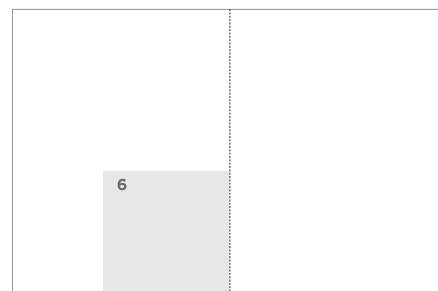
a) Ciclo de funcionamiento. b) Alcance de la volatilización con piezoeléctricos.

La aspersión promedio con un piezoeléctrico cubre un rango de 6.25 m² en 5-10 min. La Figura 7b muestra el área de cobertura del espacio aumentando la cantidad de piezoeléctricos, tomando en consideración el integrar dos componentes con 7 ml de agua, 3.5 ml en cada contenedor, se humidifican entre 5-12 min., abarcando 12.5 m². Utilizando tres piezoeléctricos, se inyectan 9 ml de agua, 3.5 ml de líquido en cada recipiente, y se humidifican entre 5-10 minutos abarcando 18.75 m².

Conclusiones

Los sistemas de nebulización tienen aplicaciones amplias en la ciencia, la ingeniería y la salud, aunque son pocos los dispositivos que incorporan automatización y avances en software, especialmente para contextos clínicos. El alcance de dispersión del aerosol depende del consumo energético del prototipo. Para un funcionamiento óptimo, se requieren dos baterías recargables de 9V y 200 mAh conectadas en paralelo, lo que eleva la corriente disponible a 400 mAh.

La automatización del dispositivo fue exitosa, con resultados favorables en la mayoría de las pruebas. Los sistemas de malla destacan por su eficacia, aunque presentan un alcance de aspersión limitado; si se necesita mayor cobertura, se recomienda optar por tecnologías ultrasónicas o térmicas. Para ampliar el alcance, es necesario incrementar la cantidad de elementos piezoeléctricos. El prototipo incluye dos piezoeléctricos y dos depósitos de entre 7 y 9 ml, lo que permite una nebulización de entre 5 y 12 minutos, cubriendo un área máxima de 18.75 m².



<https://www.amazon.com.mx/gp/bestsellers/shpc9845791011>

Bibliografía

Cortés Téllez, A., Che Morales, J. L., & Ortiz Fariás, D. L. (2019). Estrategias actuales en el manejo de las secreciones traqueobronquiales. *Neumología y Cirugía de Tórax*, LXXVIII(3), 313-323. doi:<https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462019000300313&script=sci-arttext>

Gimeno Beltrán, L. M., Melero Quilez, C., Lasa García, P., Lario Quilez, L., Mora Francia, S., & Mingotes Gallego, M. (2023). Distribución de fármacos de nebulizadores de malla vibrante frente a nebulizadores tipo jet. *Revista Sanitaria de Investigación*, IV(1), 6. doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8806809>

Gómez Gómez, M. (2007). *Electrónica General*. Ciudad de México, Madrid, España: Alfaomega.

J. Cembranos, F. (2000). *Electrónica General*. Madrid: International Thompson Editores Spain-Paraninfo.

Fotografías

<http://swwww.ui1.esblog-ui1nadando-hacia-la-salud-respiratoria-un-nuevo-paradigma-en-la-rehabilitacion-pulmonar>

<https://www.avancesenrespiratorio.compacientes>
<https://www.tecmedshn.com/producto/nebulizador-portatil-ultrasonico/>

<https://E-H8vKeWEAM6WPX>

<https://www.terapiacpap.comque-es-compresor-nebulizarsrsltid=AfmBOoqWK18JDBENELD2U3oLecM7yEfOgGAHc1CX6tDAo-MigomuvB0I>

<https://www.amazon.com.mxgpbestsellershpc9845791011>



#ElPoderDeLaEducación



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLOGÍA
NACIONAL DE MÉXICO



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO



ESTADO DE
MÉXICO
¡El poder de servir!

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

