

INNOVACIÓN EN ACCIÓN

Soluciones Tecnológicas que Transforman Salud, Industria y Sociedad.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA MAYOR DE CARTAGENA

INNOVACIÓN EN ACCIÓN

Soluciones Tecnológicas que Transforman Salud, Industria y Sociedad.

Organizadores

David Alexander Morales López
Emilia María Polo Carrillo
Fernando José Parra López
Luis Fernando Olmedo Pérez

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA MAYOR DE CARTAGENA

Créditos editoriales

Título de la obra:
Innovación en Acción: Soluciones Tecnológicas que Transforman Salud, Industria y Sociedad.

Editores académicos / Organizadores:
David Alexander Morales López
Emilia María Polo Carrillo
Luis Fernando Olmedo Pérez
Fernando José Parra López

Afiliación institucional:
Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR (Colombia)
Universidad UTE – Quito (Ecuador)

Tipo de obra:
Libro resultado de investigación

Proceso de evaluación:
Esta obra fue sometida a evaluación por pares académicos externos bajo la modalidad doble ciego, garantizando la calidad, originalidad y pertinencia científica de los capítulos publicados.

Pares evaluadores académicos:
PhD. Maritza Daniela Flores Hidalgo – Universidad de Palermo (Argentina)
Mgs. Patricia Alexandra Pallo Tulmo – Universidad Iberoamericana del Ecuador
Mgs. Raquel Irene Murillo Villacís – Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)
Mgs. Pamela Elizabeth Pasato Guallpa – Universidad Internacional de La Rioja (España)
Mgs. Liliana Stefania Chango Quinatoa – Universidad Bolivariana del Ecuador

Coeditor académico
PhD. Laura Salcedo, Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR (Colombia).
Mgs. Jhon Jurado, Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR (Colombia).
Mgs. Sandra Simancas, Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR (Colombia).
PhD. Neda Álvarez, Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR (Colombia).

Corrección de estilo académico:
David Alexander Morales López

Coordinación editorial:
Sello Editorial Institucional – Institución Universitaria Mayor de Cartagena

Diseño editorial y diagramación:
Lis Galvan
Alejandro Angel De La Hoz Ruiz

Fotografía de portada y registro visual interior:
Las imágenes cumplen una función ilustrativa y contextual dentro de la obra
Fernando José Parra López

Entidad editora:
Sello Editorial Institucional
Institución Universitaria Mayor de Cartagena – UMAYOR

Lugar y año de publicación:
Cartagena de Indias, Colombia – 2025

ISBN:
978-628-97432-7-2 (i) / 978-628-97432-9-6 (e)

Presentación

La innovación tecnológica se ha consolidado como uno de los principales vectores de transformación en los ámbitos de la salud, la industria, la logística y la inclusión social. El libro "Innovación en Acción: Soluciones Tecnológicas que Transforman Salud, Industria y Sociedad" reúne cuatro trabajos de carácter aplicado que evidencian cómo el desarrollo tecnológico, cuando se orienta a necesidades concretas y se fundamenta en metodologías rigurosas, puede generar impactos significativos en la calidad de vida de las personas, en la eficiencia de los procesos y en la competitividad de las organizaciones.

Cada capítulo aborda una problemática específica desde una perspectiva tecnológica distinta, pero todos comparten elementos comunes: diagnóstico preciso del contexto, diseño sistemático de la solución, validación de resultados y reflexión crítica sobre sus implicaciones. En conjunto, estas contribuciones permiten comprender la innovación no solo como la introducción de nuevas herramientas, sino como un proceso integral que articula conocimiento científico, ingeniería, métodos de investigación y responsabilidad social.

Capítulo 1. GlucoDiario: Aplicación móvil para el control inteligente de la diabetes tipo 1:

Se presenta GlucoDiario, una aplicación móvil orientada al registro, seguimiento y análisis de la glucemia en personas con diabetes tipo 1. Mediante un enfoque de diseño centrado en el usuario y la utilización de tecnologías como Flutter y Firebase, la herramienta permite disminuir errores asociados al registro manual, favorecer la adherencia al monitoreo diario e incorporar visualizaciones que facilitan la comprensión del estado metabólico. El trabajo expone la evolución de la aplicación, detalla su arquitectura funcional y presenta resultados cuantitativos que respaldan su pertinencia como apoyo a la autogestión de la enfermedad, constituyéndose en un ejemplo de salud digital aplicada.

Capítulo 2. Simulador logístico en Excel para optimizar exportaciones en mipymes:

Se sitúa en el ámbito del comercio exterior y describe el diseño y desarrollo de un simulador logístico implementado en Excel básico, dirigido a micro, pequeñas y medianas empresas con potencial exportador. La herramienta integra los principales procesos operativos y los plazos asociados a los Incoterms, con el propósito de estimar tiempos de entrega y facilitar la toma de decisiones en la negociación internacional. El estudio se enmarca en un enfoque de diseño y desarrollo tecnológico, con fases claramente definidas de conceptualización, diseño funcional y validación. Se pone de relieve que

el uso estratégico de tecnologías accesibles puede constituir una forma efectiva de innovación para contextos empresariales con restricciones de recursos.

Capítulo 3. Plan de mantenimiento preventivo para motorreductor sinfín-corona:

Aborda el sector industrial mediante la formulación de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a un motorreductor de tipo sinfín-corona. A partir del análisis técnico del equipo y del estudio de las fallas más frecuentes, se establecen actividades de inspección, lubricación, verificación de condiciones operativas y documentación sistemática de las intervenciones. El plan se sustenta en criterios de fiabilidad, reducción de paradas no programadas y optimización de costos de mantenimiento. La propuesta ilustra cómo la formalización de procedimientos y la planificación basada en análisis de causa raíz constituyen una vía de innovación organizacional y técnica en entornos productivos.

Capítulo 4. Traductor inteligente de Lengua de Señas Ecuatoriana mediante visión por computador e inteligencia artificial:

Expone el desarrollo de un traductor inteligente de Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC), concebido como un sistema sociotécnico que integra visión por computador y modelos de aprendizaje profundo. El sistema emplea estimación de postura y arquitecturas neuronales híbridas para el reconocimiento de vocabulario fundamental en tiempo real, con especial énfasis en su utilidad educativa para la comunidad oyente. El trabajo se sustenta en marcos normativos y conceptuales vinculados a los derechos de las personas con discapacidad y a la inclusión bidireccional, y combina la evaluación técnica del desempeño del modelo con la valoración de la experiencia de usuario.

Los organizadores expresan su reconocimiento a las instituciones académicas, los equipos de trabajo y a las personas participantes en los procesos de revisión por pares evaluadores de cada capítulo aquí presentado.

Estos profesionales fueron:

- Phd. Maritza Daniela Flores Hidalgo, Universidad Palermo Argentina, (Argentina).
- Mgs. Patricia Alexandra Pallo Tulmo, Universidad Iberoamericana del Ecuador, (Ecuador).
- Mgs. Raquel Irene Murillo Villacís, Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador).
- Mgs. Pamela Elizabeth Pasato Guallpa, Universidad Internacional de la Rioja (España).
- Mgs. Liliana Stefania Chango Quinatoa, Universidad Bolivariana del Ecuador, (Ecuador).

Su colaboración, disposición y compromiso hicieron posible la generación de los resultados recopilados en este volumen. Asimismo, se agradece a quienes, desde la docencia, la investigación y la gestión, han promovido espacios para el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica orientados al servicio de la sociedad.

Este libro es testimonio de dichos esfuerzos colectivos y de la convicción compartida de que la tecnología, cuando se integra con responsabilidad y rigor, puede contribuir de manera significativa a la mejora de la salud, la industria y la vida social.

Luis Fernando Olmedo Pérez

Prologo

El vertiginoso avance de la tecnología y su penetración en todos los ámbitos de la vida contemporánea demandan nuevas miradas, nuevas metodologías y formas de comprender la relación entre las personas, los procesos y los sistemas digitales. En este contexto, la innovación no debe concebirse únicamente como un producto o una herramienta, sino como una práctica intelectual, creativa y social que emerge de la interacción entre necesidades reales, conocimiento científico y capacidad para proponer soluciones pertinentes.

El presente libro, Innovación en Acción: Soluciones Tecnológicas que Transforman Salud, Industria y Sociedad, responde precisamente a esa necesidad. Reúne cuatro estudios aplicados que, desde perspectivas distintas, comparten una misma intención: demostrar que la innovación es posible cuando existe claridad en el problema, rigurosidad en el análisis y responsabilidad en la implementación.

Los capítulos que conforman esta obra evidencian cómo la tecnología puede ser un puente entre los desafíos del entorno y la construcción de alternativas viables para mejorar la vida de las personas. Desde el desarrollo de aplicaciones móviles orientadas a la salud digital, pasando por herramientas logísticas que fortalecen la competitividad de las MiPymes, hasta propuestas de mantenimiento industrial de carácter preventivo y modelos de inteligencia artificial para la inclusión comunicativa, cada trabajo aporta una visión concreta de lo que significa innovar desde la práctica.

Más allá de su valor técnico, este libro destaca por su enfoque humano. En todas las propuestas subyace la convicción de que la tecnología debe estar al servicio del bienestar, la productividad y la equidad; que su potencial transformador se materializa en la medida en que responde a necesidades reales y respeta los principios éticos que orientan las relaciones entre las personas y los sistemas.

Asimismo, esta obra resulta especialmente relevante en el contexto latinoamericano, donde la innovación se enfrenta a desafíos como la limitación de recursos, la desigualdad en el acceso a herramientas tecnológicas y la urgencia de fortalecer capacidades locales. Los proyectos aquí presentados muestran que, incluso en tales condiciones, es posible diseñar soluciones efectivas cuando existe un compromiso genuino con la investigación, la creatividad y la colaboración interdisciplinaria.

El lector encontrará en estas páginas no solo descripciones técnicas, sino también reflexiones críticas, metodologías claras y proyecciones de mejora continua. Este libro constituye una invitación a pensar la innovación como un proceso dinámico, integrador y orientado a resultados que no solo

optimizan sistemas, sino que también transforman vidas.

Sea este prólogo una puerta abierta para adentrarse en una obra que conjuga teoría, práctica y visión. Un testimonio de que innovar es, ante todo, un acto de acción consciente, de responsabilidad social y de compromiso con un futuro más inclusivo, sostenible y tecnológicamente competente.

Phd. Ruth Tovar

Sumario

CAPÍTULO 1.....14
Diseño de una aplicación para el registro y control de glucometría en pacientes diabéticos tipo 1
Alejandra Salgado Polo · Rubén Darío Jaimes Hernández · David Guillermo Pereira Batista

CAPÍTULO 2.....22
Modelo RC de mecánica ventilatoria: comparación Simulink/Simscape vs. Hamilton
Sebastián Camilo González Salgado · Emmanuel Campo Meza · Alessandro Fernández Noel · José Alejandro Gómez Llerena · Jessica Paola Osorio CaballeroEnmanuel Campo Meza Alessandro Fernández Noel · José Alejandro Gómez Llerena Jessica Paola Osorio Caballero

CAPÍTULO 3.....32
Mantenimiento preventivo para motorreductor en aplicaciones industriales
Duvan Caleb Acosta Vargas · Luis Esteban Hoyos Vásquez · Anderson Albeiro Torres Montalvo · Felix Julio Rada

CAPÍTULO 4.....43
Traductor inteligente de lengua de señas ecuatoriana (LSEC)mediante visión por computador e inteligencia artificial
Pablo Andrés Estrada Flores, Ana Grace Cisneros Gutiérrez

SOBRE LOS ORGANIZADORES.....56

Glosario

Aplicación móvil (App): Software diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles y facilitar tareas específicas mediante una interfaz intuitiva.

Aprendizaje Automático (Machine Learning): Metodología de inteligencia artificial que permite a un sistema aprender patrones a partir de datos y mejorar su desempeño con el tiempo.

Aprendizaje Profundo (Deep Learning): Subcampo del aprendizaje automático basado en arquitecturas de redes neuronales de múltiples capas, ideal para procesar imágenes, sonido y video.

Arquitectura de Red Neuronal: Estructura interna de un modelo de IA que define cómo se organizan y conectan sus capas para procesar información.

Automatización: Proceso de delegar tareas mecánicas o repetitivas a sistemas tecnológicos para mejorar eficiencia y reducir errores.

Causa Raíz: Análisis destinado a identificar el origen fundamental de una falla o problema para prevenir su recurrencia.

Comercio Exterior: Conjunto de actividades económicas que implican el intercambio de bienes o servicios entre países.

Diagnóstico Tecnológico: Evaluación inicial para identificar necesidades, brechas y oportunidades antes de diseñar una solución innovadora.

Diabetes Tipo 1: Enfermedad crónica en la cual el páncreas no produce insulina, requiriendo control continuo de la glucemia.

Exportación: Proceso mediante el cual un país envía bienes o servicios a otro, cumpliendo normativas internacionales.

Firebase: Plataforma en la nube que permite gestionar bases de datos, autenticación y servicios para aplicaciones móviles.

Flutter: Framework de desarrollo que permite crear aplicaciones móviles multiplataforma desde un único código fuente.

Glucemia: Concentración de glucosa en la sangre, indicador clave para monitoreo de personas con diabetes.

Herramienta Low-Code: Tecnología que requiere poca programación, permitiendo crear soluciones digitales accesibles para usuarios no expertos.

Incoterms: Normas internacionales que definen responsabilidades de comprador y vendedor en operaciones de comercio exterior.

Industria 4.0: Transformación industrial basada en automatización, IoT, IA y análisis de datos.

Inteligencia Artificial (IA): Conjunto de técnicas computacionales que simulan habilidades humanas como aprendizaje y razonamiento.

Logística Internacional: Gestión de los flujos de bienes destinados al comercio internacional, incluyendo transporte y aduanas.

Mantenimiento Preventivo: Conjunto de acciones programadas para mantener equipos industriales en condiciones óptimas y evitar fallas inesperadas.

MediaPipe: Librería de visión por computador que detecta en tiempo real poses corporales, rostros y manos.

mHealth (Salud Móvil): Uso de dispositivos móviles para apoyar procesos de salud y monitoreo clínico.

Modelo Sociotécnico: Enfoque que analiza la relación entre tecnología/personas/contexto social.

Motorreductor Sinfín–Corona: Sistema mecánico que reduce velocidad y transmite potencia mediante un engranaje helicoidal.

Planificación Logística: Proceso de estimar tiempos, secuencias y recursos necesarios para ejecutar operaciones de transporte.

Red Neuronal Convolucional (CNN): Modelo de IA especializado en procesar imágenes mediante extracción automática de características visuales.

Reconocimiento Gestual: Tecnología que interpreta movimientos o gestos mediante visión por computador.

Simulador Logístico: Herramienta que modela procesos logísticos para predecir tiempos, costos y escenarios operativos.

Sistema de Traducción de Lengua de Señas: Tecnología basada en IA que reconoce señas y las traduce a texto o voz.

Transformación Digital: Integración estratégica de tecnologías emergentes en procesos organizacionales.

Visión por Computador: Disciplina de la IA que permite interpretar y analizar imágenes o videos.

Capítulo 1

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE GLUCOMETRÍA EN PACIENTES DIABÉTICOS TIPO UNO

DESIGN OF AN APPLICATION FOR RECORDING AND MONITORING OF BLOOD GLUCOSE LEVELS IN TYPE ONE DIABETIC PATIENTS

Fecha de Recepción: 25/09/2025
Fecha de Aceptación: 13/11/2025

Alejandra Salgado Polo
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
asalgadop@unicartagena.edu.co
https://orcid.org/0009-0009-5266-6422
San Marcos - Colombia

Ruben Dario Jaimes Hernandez
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
rjaimesh@unicartagena.edu.co
https://orcid.org/0009-0007-0158-8845
Lorica - Colombia

David Guillermo Pereira Batista
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
dpereirab@umayor.edu.co
https://orcid.org/0009-0000-3294-5322
Cartagena - Colombia

Resumen:

La diabetes tipo 1 es uno de los más grandes desafíos que enfrenta el sistema de salud a nivel mundial, ya que por su naturaleza impacta a los jóvenes y adultos y también por la necesidad de monitorear de manera continua la glucosa en sangre. Por esta razón se diseñó y desarrolló Glucodiario, un aplicativo que gestiona fácilmente el registro, análisis y control de glucometrías, el desarrollo se enfocó en un entorno intuitivo del cual surgieron dos versiones consecutivas. En la primera versión se definieron, dentro de la aplicación, los requisitos básicos y la arquitectura funcional del sistema. En la segunda, se integraron algoritmos de precisión, reconocimiento de alimentos, alertas personalizadas y análisis estadísticos, los resultados son el reflejo de cómo estos ajustes eran una parte necesaria en el sistema con una mejora del 45 % en la precisión del registro, una reducción del 40 % en los errores manuales y un incremento del 60 % en la frecuencia de uso diario.

Palabras Claves: GlucoDiario; Diabetes tipo 1; Control glucémico; Salud digital; Aplicación móvil; Autocuidado.

Abstract:

Type 1 diabetes represents one of the biggest contemporary challenges for the health system, not only due to its incidence in young people and adults but also because of the need for continuous and disciplined monitoring of blood glucose levels. This led us to the design and development of GlucoDiario, an application that is responsible for facilitating the registration, analysis, and control of capillary blood glucose; the development was carried out in an intuitive environment from which two (2) consecutive versions emerged. In the first version, the basic requirements and the functional architecture of the system were defined within the application. In the second, precision algorithms, food recognition, personalized alerts, and statistical analysis were integrated, the results are a reflection of how these adjustments were a necessary part of the system with a 45% improvement in registration accuracy, a 40% reduction in manual errors, and a 60% increase in daily

Keywords: Ventilatory mechanics; Biomedical simulation; RC model; Hamilton C6; Simulink/ Simscape.

Introducción

La diabetes tipo uno (1) es una enfermedad crónica que demanda un control adecuado de la glicemia de los pacientes con el fin de reducir el riesgo de sus complicaciones asociadas. a pesar de ser una enfermedad que requiere tal disciplina y educación el trabajo manual de los datos asociados a ella (glucosa, insulina y alimentación) recae en ser imprecisa y poco sostenible a largo plazo. En este contexto, encontramos en las herramientas digitales aliados estratégicos para fortalecer la autonomía del paciente y optimizar la comunicación entre usuarios, familiares y profesionales de la salud.

GlucoDiario nace como una respuesta a esta necesidad, aquí integramos conocimientos de ingeniería de software, la salud digital y el diseño; quien está centrado en los usuarios. Y es que desde su primera versión buscamos brindar un sistema que no solo sea accesible para el registro de glucemias, sino que también admita la administración de insulina y hábitos alimentarios. Posteriormente, en su segunda versión se introdujeron funciones de análisis automático, reconocimiento visual de alimentos y alertas de control, ampliando su utilidad clínica y educativa.

La presente investigación describe la evolución del diseño y desarrollo de GlucoDiario, exponiendo sus fundamentos metodológicos, avances tecnológicos y resultados medibles, con el propósito de aportar a la literatura sobre soluciones mHealth orientadas a la autogestión de enfermedades crónicas.

Método de investigación

El desarrollo de GlucoDiario se enmarca en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) con carácter aplicado, siguiendo un proceso iterativo de diseño, desarrollo, evaluación y mejora continua.

Fase 1. *Diagnóstico:* el proceso dio inicio con una revisión documental enfocado en el control glucemico, tecnologías móviles similares (aplicadas a la diabetes y modelos de educación terapéutica). Se identificaron las principales dificultades en el engorroso y rutinario registro manual y en la interpretación de datos por parte de los pacientes.

Fase 2. *Diseño inicial (Versión 1):* el equipo diseñó una aplicación multiplataforma basada en Flutter y Firebase, la arquitectura cuenta con un enfoque modular y accesible. Este aplicativo era capaz de manejar un registro manual de glucemias para distintos momentos del día, visualización de gráficos y el cálculo de dosis de insulina según fórmulas Ratio y Sensibilidad, respaldadas por literatura clínica.

Fase 3. *Evaluación funcional:* el equipo llevó a cabo pruebas piloto con un grupo de muestra controlado y personal clínico observador, recabando información sobre usabilidad, comprensión de iconografía y tiempos de registro.

Fase 4. *Rediseño y ampliación (Versión 2):* la segunda versión hizo el trabajo de integrar módulos de reconocimiento de alimentos mediante visión por computadora, alertas de hipoglucemia e hiperglucemia, y un sistema de supervisión, además, hubo una mejoría en el algoritmo de cálculo y se incorporó una base de datos alimentaria optimizada.

Fase 5. *Validación y análisis comparativo:* Sometimos la segunda versión a pruebas de rendimiento y exactitud, registrando un aumento significativo en la calidad de los datos, la adherencia al registro y la satisfacción del usuario.

La metodología llevó al uso de mecanismos para analizar y validar datos, esto con principios de HCI (interacción humano-computador), por ende, las decisiones técnicas se alinearon con las necesidades reales del público

Resultados y ánalisis

Una comparación entre ambas versiones refleja una clara mejora tecnológica y de rendimiento.

Funcionalidades iniciales (Versión 1):

La primera versión consolidó el núcleo del sistema: registro de glucemias, cálculo automático de dosis y gráficos comparativos. La interfaz, elaborada con una combinación de colores accesibles y tipografía legible, fijó una experiencia fácil de usar y adecuada para diversos perfiles de usuario; la aplicación contaba con un almacenamiento seguro en la nube y una sincronización inmediata entre dispositivos.

Mejoras técnicas (Versión 2):

En la segunda versión se implementaron mejoras sustanciales:

- Reconocimiento visual de alimentos mediante análisis de imágenes.
- Alertas personalizadas configurables según rangos clínicos.
- Módulo de supervisión remota, permitiendo que un cuidador o profesional reciba notificaciones y reportes.
- Optimización de algoritmos de cálculo de dosis, reduciendo los márgenes de error.
- Análisis automático de tendencias, que genera reportes semanales y mensuales.

Evaluación cuantitativa: En el ejercicio de validación de los resultados se pudieron observar las siguientes mejoras en los siguientes procesos:

- Reducción de errores en los ingresos de glucometrías en un 45%
- Registro de glucometrías diarias en un 60%
- Precisión promedio de los cálculos automáticos en un 92%.

Los usuarios reportaron mayor claridad en la interpretación de los gráficos y una percepción de acompañamiento continuo.

Impacto educativo y psicológico: El uso de Glucodiario tiene como ventaja el hecho de que el paciente puede comprender de manera fácil y acertada, la relación entre alimentos, actividad física y niveles de glucosa en sangre, pudiendo así fomentar el autocuidado y la responsabilidad en el tratamiento, también se observó el aumento de a motivación y la sensación de tener control de su vida saludable.

Dicertaciones

La experiencia de desarrollo de GlucoDiario permitió reflexionar sobre el papel de la ingeniería de software en el campo de la salud digital. El diseño centrado en el usuario se consolidó como un eje fundamental para garantizar la adherencia tecnológica, especialmente en pacientes que requieren constancia y comprensión intuitiva.

De igual manera, los algoritmos inteligentes que se adaptan a la aplicación mostraron que el desarrollo de una aplicación mHealth no está sujeta solo a las cualidades técnicas, sino también a la capacidad que tiene para adaptarse a esos contextos emocionales y educativos con los que el usuario cuenta; cuando estudiamos las mejoras agregadas a la versión dos (2) reconocimiento automático, alertas predictivas y visualización analíticanos damos cuenta de que con esto abrimos un camino hacia la era de aplicaciones capaces de incorporar inteligencia artificial clínica para la predicción de eventos hipoglucémicos y la recomendación personalizada de dosis.

Otro punto clave es la interoperabilidad; un sistema de salud moderno que no es capaz de integrarse con dispositivos de medición continua (CGM) y plataformas médicas a menudo puede tener una capacidad de integración limitada. GlucoDiario se diseñó bajo principios de escalabilidad y modularidad, para propiciar su futura conexión con servicios web de monitoreo y telemedicina.

Desde una perspectiva ética, los datos sensibles fueron abordados mediante cifrado de extremo a extremo y se almacenan bajo estándares de seguridad digital, cuidando la privacidad del paciente.

Conclusiones

GlucoDiario se consolidó como una herramienta efectiva para el registro y control de la glucemia en pacientes con diabetes tipo 1, demostrando cómo el desarrollo tecnológico bien orientado puede generar un impacto positivo en la calidad de vida y la adherencia terapéutica.

La evolución de su primera a segunda versión evidenció una madurez en la arquitectura, en la integración de inteligencia visual y en la comprensión de la experiencia del usuario. La aplicación no solamente facilita al usuario diabético la comprensión de sus estado y control metabólico mediante colores y gráficos sino que educa al paciente permitiéndole comprender su condición en función del antes y el ahora y el después, haciendo que sea partícipe de su mejoramiento y progreso en el tratamiento.

En un futuro la aplicación proyecta la implementación de modelos de predicción en base a la Inteligencia Artificial, y el monitoreo continuo, enlazando con otros dispositivos y bases de datos de alimentos rotulados, con soporte en varios idiomas.

Este proyecto confirma que el uso mancomunado de la ingeniería informática, la salud enfocados en la mejora de calidad de vida de los pacientes, puede resultar en soluciones digitales con alto valor en la sociedad de diabéticos.

Bibliografía

American Diabetes Association, Bantle, J. P., Wylie-Rosett, J., Albright, A. L., Apovian, C. M., Clark, N. G., Franz, M. J., Hoogwerf, B. J., Lichtenstein, A. H., Mayer-Davis, E., Mooradian, A. D., & Wheeler, M. L. (2008). Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care, 31 Suppl 1(Supplement_1), S61-78. https://doi.org/10.2337/dc08-S061

American Diabetes Association Professional Practice Committee. (2024). Introduction and methodology: Standards of care in diabetes-2024. Diabetes Care, 47(Supplement_1), S1–S4. https://doi.org/10.2337/dc24-SINT

American Diabetes Association Professional Practice Committee. (2025). 2. Diagnosis and classification of diabetes: Standards of care in diabetes-2025. Diabetes Care, 48(1 Suppl 1), S27–S49. https://doi.org/10.2337/dc25-S002

Arias-Rivera, S., Raurell-Torredà, M., Fernández-Castillo, R. J., Campos-Asensio, C., Thuissard-Vasallo, I. J., Andreu-Vázquez, C., & Rodríguez-Delgado, M. E. (2024). Monitorización de la glucemia en el paciente crítico adulto: tipo de muestra y método de análisis. Revisión sistemática y metanálisis. Enfermeria intensiva, 35(1), 45–72. https://doi.org/10.1016/j.enfi.2023.02.003

Diabetes. (s/f-a). Who.int. Recuperado el 25 de abril de 2026, de https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes

Diabetes. (s/f-b). Paho.org. Recuperado el 25 de abril de 2026, de https://www.paho.org/es/temas/diabetes

IDF Diabetes Atlas. (2024, julio 18). Diabetes Atlas. https://diabetesatlas.org

Lucier, J., & Mathias, P. M. (2026). Type 1 diabetes. En StatPearls. StatPearls Publishing.

Rogers, M. A., Lemmen, K., Kramer, R., Mann, J., & Chopra, V. (2017). Internet-delivered health interventions that work: Systematic review of meta-analyses and evaluation of website availability. Journal of Medical Internet Research, 19(3), e90. https://doi.org/10.2196/jmir.7111

Sanders, C., Rogers, A., Bowen, R., Bower, P., Hirani, S., Cartwright, M., Fitzpatrick, R., Knapp, M., Barlow, J., Hendy, J., Chrysanthaki, T., Bardsley, M., & Newman, S. P. (2012). Exploring barriers to participation and adoption of telehealth and telecare within the Whole System Demonstrator trial: a qualitative study. BMC Health Services Research, 12(1), 220. https://doi.org/10.1186/1472-6963-12-220

Tecnología Superior en Administración 100% en línea. (2025, octubre 6). UTE; Universidad UTE. https://admisiones.ute.edu.ec/tecnologia/tecnologia-superior-en-administracion/

Capítulo 2

MODELO RC DE MECÁNICA VENTILATORIA: COMPARACIÓN SIMULINK/SIMSCAPE VS. HAMILTON

RC MODEL OF VENTILATORY MECHANICS: COMPARISON OF SIMULINK/SIMSCAPE VS. HAMILTON

Fecha de Recepción: 25/09/2025
Fecha de Aceptación: 13/11/2025

Sebastián Camilo González Salgado
Universidad Antonio Nariño
segonzalez52@uan.edu.co
https://orcid.org/0009-0004-0924-0139
Cartagena - Colombia

Enmanuel Campo Meza
Universidad Antonio Nariño
https://orcid.org/0009-0002-0788-1122
Cartagena - Colombia

Alessandro Fernández Noel
Universidad Antonio Nariño
https://orcid.org/0009-0005-0098-0656
Cartagena - Colombia

José Alejandro Gómez Llerena
Universidad Antonio Nariño
https://orcid.org/0009-0007-7879-0080
Cartagena - Colombia

Jessica Paola Osorio Caballero
Universidad Antonio Nariño
https://orcid.org/0009-0002-6077-3171
Cartagena - Colombia

Resumen:

Esta investigación tiene como propósito el diseño e implementación del modelo de un modelo RC para emular el sistema ventilador-pulmón utilizando Simulink/Simscape y un simulador Hamilton C6, se analizar múltiples escenarios: valores iniciales (R=6, C=0.02), variación de presión muscular, simulación pediátrica y el uso de ventilación adulta en paciente pediátrico, así mismo se, se describe y caracteriza el procedimiento del ajuste de disparo por flujo y metabolismo para emular la Pmus y la modificación de PEEP en el escenario pediátrico.

Palabras Claves: Mecanica ventilatoria; Simulación biomédica; Modelo RC; Hamilton C6; Simulink/ Simscape.

Abstract:

This research aims to design and implement an RC model to emulate the ventilator-lung system using Simulink/Simscape and a Hamilton C6 simulator. Multiple scenarios are analyzed: initial values (R=6, C=0.02), muscle pressure variation, pediatric simulation, and the use of adult ventilation in pediatric patients. The procedure for adjusting triggering by flow and metabolism to emulate Pmus and modifying PEEP in the pediatric scenario is also described and characterized.

Keywords: Ventilatory mechanics; Biomedical simulation; RC model; Hamilton C6; Simulink/ Simscape.

Introducción

La mecánica ventilatoria es el principal apice para comprender la articular entre los dos sistemas tanto el de ventilación mecánica como el sistema respiratorio de las personas "pacientes". Los modelos eléctricos modernos, hoy por hoy, se consolidan como herramientas fundamentales para modelar el comportamiento de los pulmones enmarcadas en condiciones fisiopatológicas. Autores como (Rivas Diego, 2024) resaltan la importancia de este tipo de terrapias en personas con insuficiencia respiratoria o sindrome distrés respiratorio agudo. Estos modelos abren paso a la simulación de la dinamica de volumen inspiratorio facilitando la lectura e interpretacion de la data en los resultados clinicos.

Simulación computacional, como Simulink y Simscape de MATLAB a traves del tiempo han cobrado gran relevancia en el sector del la medicina, la ingenieria biomédica y la investigación, por su capacidad precisa de modelado y de sus reproduccion controlada de variadas condiciones respiratorias. No obstante a su conocida capacidad, aun sigue latente la necesidad de relizar analisis comparativos sobre su desempeño con respecto a otrs ventiladores medicos de alta tecnología como el caso de Hamilton C6 conocido por su utilizacion en las salas UCI de cuidados intensivos por su desempeño en las actividades de monitoreo y sistemas inteligentes de ventilación basados en algoritmos.

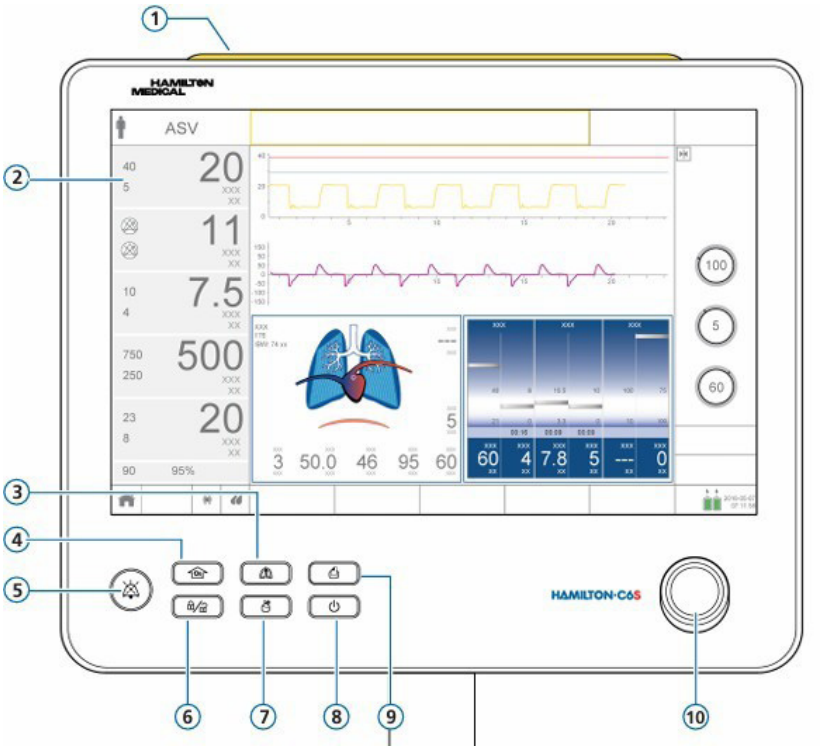
En este contexto, el presente estudio tiene como propósito realizar análisis comparativo del funcionamiento, rendimiento del modelo RC de mecánica ventilatoria implementado en Simulink/Simscape con las mediciones reales proporcionadas por el ventilador Hamilton.

I-A. Ventilador Mecánico: Un ventilador mecánico es un dispositivo que asiste o reemplaza la ventilación pulmonar de un paciente con insuficiencia respiratoria. Existen distintos tipos: presión controlada, volumen controlado y modos híbridos.

I-B. Modos de Ventilación: Se destacan los modos PCV (control por presio´n), VCV (control por volumen), SIMV y PSV, cada uno con sus para´me- tros de ajuste: Pcontrol, PEEP, frecuencia, tiempo inspiratorio, rampa, etc.

I-C. Panel de Control y Conexiones del Respirador

Figura 1.- Monitor



Fuente: Elaboración Propia

Señal luminosa de alarma: Indica el nivel de alarma: rojo para prioridad alta y amarillo para prioridad media o baja.

Pantalla táctil: Permite visualizar información y acceder a configuraciones del ventilador.

Tecla de respiración manual: Genera una respiración obligatoria o una inspiración prolongada, según el tiempo de pulsación.

Tecla pausar alarma: Silencia la alarma acústica durante 2 minutos. Pulsar nuevamente para reactivar el sonido.

Tecla de enriquecimiento de O2: Aporta un aumento rápido de oxígeno:

- Adulto/Pediátrico: 100 % por 2 minutos.
- Neonatal: +25 %.

Tecla pausar sonido: Pausa la alarma acústica durante 2 minutos. Presionar de nuevo para cancelar la pausa.

Tecla de bloqueo/desbloqueo de pantalla: Activa o desactiva la función táctil .

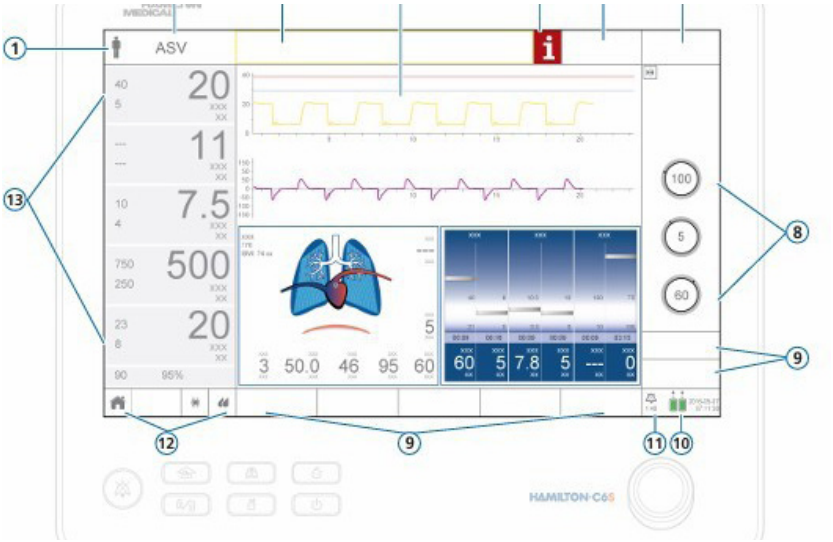
Tecla de nebulizador ON/OFF: Activa la nebulización durante las fases de respiración, por un tiempo configurado.

Tecla Encendido/Standby: Enciende o apaga el ventilador también permite acceder al modo Standby.

Tecla de impresión de pantalla: Guarda una imagen PNG de la pantalla actual en una memoria USB.

Botón pulsador giratorio: Sirve para seleccionar opciones y confirmar ajustes.

Figura 2.- Pantalla Principal



Fuente: Elaboración Propia

1. **Grupo paciente:** El sistema muestra el grupo de paciente seleccionado y permite cambiarlo ingresando a la ventana Paciente.
2. **Modo activo:** Indica el modo ventilatorio que está en uso y permite acceder a la

ventana Modo para modificarlo.

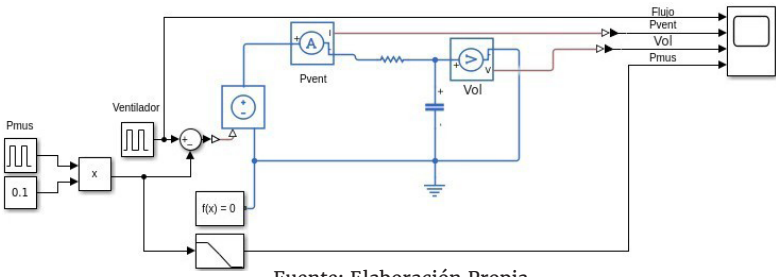
3. **Barra de mensajes:** Presenta las alarmas y avisos del sistema; al tocar un mensaje se abre la ventana Alarmas/Memoria junto con la ayuda en pantalla.
4. **Paneles gráficos:** Muestran tendencias, bucles y formas de onda en tiempo real. Al tocarlos se puede cambiar la visualización.
5. **Ícono "i":** Aparece cuando existen alarmas pendientes de revisión y permite consultar la información detallada y la ayuda en pantalla.
6. **Botón Objetivo:** Brinda acceso a los controles y ajustes del sistema INTELLiVENT-ASV.
7. **Botón Modo:** Permite ingresar directamente a la ventana Modo para ajustar el modo ventilatorio.
8. **Controles:** Zona destinada a modificar los parámetros correspondientes al modo activo.
9. **Botones de ventana:** Dan acceso a Monitorización, Gráficos, Herramientas, Eventos, Sistema, Alarmas y Controles, incluidos los ajustes de paciente, apnea y TRC.
10. **Fuente de alimentación:** Muestra las fuentes de energía disponibles, además de la fecha y la hora. Su información ampliada está en Sistema → Información.
11. **Indicador pausar sonido:** Se activa para mostrar que el audio de la alarma está temporalmente silenciado.
12. **Botones de acceso rápido:** Permiten restablecer la pantalla o abrir de inmediato las ventanas IntelliCuff o Humidificador.
13. **Parámetros de monitorización principales (MMP):** Presentan los datos clave configurables de monitorización y permiten abrir la ventana de alarmas asociadas al tocarlos.

I-D. Modelo RC Pulmonar

El modelo eléctrico RC asocia la resistencia de la ecuación (R, cmH2O/(L/s)) a una resistencia eléctrica y la complianza. (C, L/cmH2O) a un condensador. La ecuación dinámica es: $P(t) = R \frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{c} v(t)$

La constante de tiempo $t = R \cdot C$ define el tiempo para alcanzar el 63 % de la presión o volumen final.

Figura 3.- Circuito RC



Fuente: Elaboración Propia

Resultados

Los resultados obtenidos tras la implementación de los modelos, que proporcionan datos sobre el comportamiento dinámico entre el sistema ventilador-pulmón emulado en Simulink/Simscape y el simulador clínico Hamilton C6 se muestran a continuación:

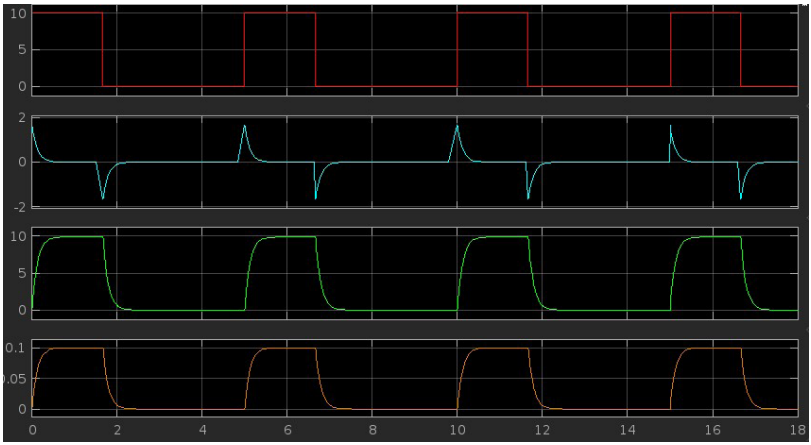
II-A. Escenario 1: R=6, C=0.02, Pvent=10, Pmus 0
II-A1. Configuración Simulink/Simscape:

- Resistencia: R=6 cmH2O/(L/s)
- Complianza: C=0.02 L/cmH2O
- Fuente de presión: tren de pulso de amplitud 10 cmH2O, periodo 5 s, duty cycle 33.3 %
- Pmus aproximada

II-A2. Configuracio´n Hamilton C6:

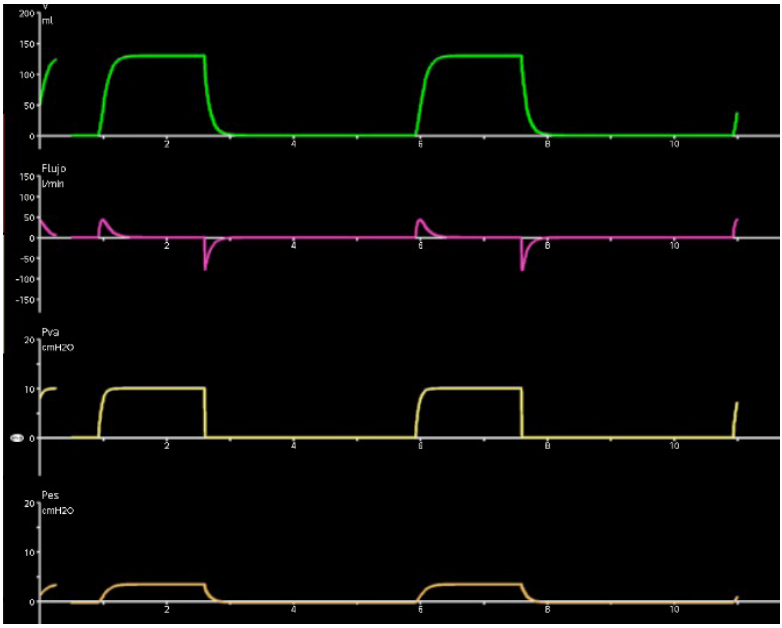
- Modo PCV+; Pcontrol=10 cmH2O; PEEP=0
- R=6 % (equiv. R=6); C=20 % (mínimo, equiv. C=0.02)
- Paciente pasivo; metabolismo 0 %
- Frecuencia: 12 rpm; TI=1.67 s; pramp=0

Figura 4.- Simulación Previa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.- Simulación previa ventilador



Fuente: Elaboración Propia

II-A3. Análisis: Comparación de curvas de presión, flujo y volumen: tiempo de establecimiento, pico de flujo y volumen corriente.

II-B. Escenario 2: Variación de Pmus (R=20, C=0.015, Pvent=20)
II-B1. Simulink/Simscape:

R = 20 cmH2O/(L/s), C = 0,015 L/cmH2O
Pvent = 20 cmH2O; Pmus = 1, 2,7, 5 cmH2O
(bloque Constant)
Periodo 5 s; duty cycle 33,3 %
II-B2. Hamilton C6

Dicertaciones

Los hallazgos muestran el análisis comparativo entre un modelo RC Simulink/Simscape y el comportamiento registrado por el simulador clínico Hamilton C6, partiendo de la elaboración e implementación del modelo matemático resistivo-capacitativo; lo anterior permite plantear discusión entre ambas simulaciones tanto la clínica como la digital con variables como presión, volumen y flujo con sus limitantes como volumen, presión y flujo

junto con los atenuantes y limitantes que da el entorno. Así mismo, Se abordan modelos desde el punto de vista de la pertinencia, esta investigación no trata sobre afecciones medicas sino de la evaluación y análisis de los modelos.

Conclusiones

La investigación sobre modelo RC de mecánica ventilatoria: comparación simulink/simscape vs. Hamilton, evidencia que el modelo RC implementado en Simulink/Simscape emula de manera estable la conducta básica sistema ventilador-pulmón observado en el Hamilton C6, en el cual los patrones de volumen y flujo, presión con puna exactitud aceptable.

No obstante, el simulador clínico presenta mayor fidelidad fisiológica y una mayor respuesta adaptada a los cambios en la mecánica respiratoria, por su parte, el modelo computacional entrega un desempeño que aporta flexibilidad, accesibilidad y la posibilidad de modificar parámetros con alta precisión.

Es preciso resaltar, que la mezcla de ambos entornos - modelo RC digital y simulación clínica, fundamentándose como una herramienta importante para la enseñanza de la ventilación mecánica con una óptima interacción ventilador-paciente. Este trabajo se vislumbra como la base de estudios que a futuro requieran estas técnicas.

Bibliografía

Hamilton medical - intelligent ventilation since 1983. (s/f). Hamilton-medical.com. Recuperado el 2 de mayo de 2026, de https://www.hamilton-medical.com

J. B. West, Respiratory Physiology: The Essentials, 9th ed. Philadelphia: Lippincott Williams y Wilkins, 2011.

M. J. Tobin, Principles and Practice of Mechanical Ventilation, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2010.

G. Sa´nchez P. and L. A. Luengas C., "Aplicacio´n del modelo RC en sistemas biolo´gicos (meca´nica ventilatoria)," Proyecto de grado, Tecnolog´ıa en Electro´nica, Universidad Manuela Beltra´n, Recibido 29 de marzo de 2011, Aprobado 24 de mayo de 2011. [En l´ınea].

N. Flo´rez Luna, "Representacio´n Matema´tica Teo´rica de la Presio´n Muscular al momento de la Inspiracio´n Forzada generada por un Ventilador Meca´nico,"

Revista de Investigacio´n en Bioingenier´ıa, Universidad Santiago de Cali, Recibido 1 de noviembre de 2006, Aceptado 29 de junio de 2007. [En l´ınea].

Capítulo 3

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MOTORREDUCTOR EN APLICACIONES INDUSTRIALES

PREVENTIVE MAINTENANCE FOR GEARMOTORS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

Fecha de Recepción: 25/09/2025
Fecha de Aceptación: 13/11/2025

Duvan Caleb Acosta Vargas
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
1007209597@umayor.edu.co

Luis Esteban Hoyos Vásquez
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
1043639570@umayor.edu.co

Anderson Albeiro Torres Montalvo
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
1048436500@umayor.edu.co

Felix Julio Rada
Institución Universitaria Mayor de Cartagena
fjulio@umayor.edu.co
Cartagena – Colombia

Resumen:

El presente apartado presenta un Plan de Mantenimiento Preventivo para Motorreductor en Aplicaciones Industriales que ha sido enfocado específicamente en motorreductores de la categoría Sinfín-Corona. El objetivo principal es optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de estos equipos esenciales en la transmisión de potencia de los sistemas electromecánicos industriales, al tiempo que se reducen los tiempos de parada. Se destaca la necesidad de implementar mantenimiento preventivo para evitar fallas inesperadas y pérdidas económicas, a diferencia del mantenimiento correctivo que se realiza después de un fallo. El plan de mantenimiento preventivo propuesto incluye tareas básicas y periódicas como la inspección visual, la lubricación adecuada con aceites y grasas recomendadas, la revisión de sellos y juntas, la verificación de la alineación entre motor y reductor, y el control de temperatura y vibración. El proyecto también subraya la importancia de la limpieza rutinaria y de mantener una documentación rigurosa de todas las intervenciones de mantenimiento. Para la realización del plan, se hizo un análisis detallado del equipo, incluyendo un análisis de causa raíz para las averías más comunes tanto en el motorreductor como en el motor eléctrico trifásico como parte importante del funcionamiento del equipo. Además, se consultó la ficha técnica para establecer parámetros operativos y criterios de mantenimiento. La correcta aplicación del plan resulta en una reducción de costos de reparación y una mejora en la confiabilidad, productividad y competitividad industrial. El trabajo abre la puerta a futuras investigaciones en mantenimiento predictivo y monitoreo en tiempo real.

Palabras Claves: Aplicaciones Industriales; Análisis Causa-Raíz; Motorreductor; Sinfín-Corona; Mantenimiento Preventivo.

Abstract:

This section presents a Preventive Maintenance Plan for Gearmotors in Industrial Applications, developed by the authors, specifically focused on worm gearmotors. The main objective is to optimize performance and extend the lifespan of these essential pieces of equipment used in power transmission in industrial electromechanical systems, while simultaneously reducing downtime. The need to implement preventive maintenance to avoid unexpected failures and economic losses is highlighted, as opposed to corrective maintenance performed after a failure. The proposed preventive maintenance plan includes basic and periodic tasks such as visual inspection, proper lubrication with recommended oils and greases, inspection of seals and gaskets, verification of alignment between motor and gearmotor, and temperature and vibration monitoring. The project also emphasizes the importance of routine cleaning and maintaining rigorous documentation of all interventions. To design the plan, a thorough analysis

of the equipment was performed, including a root cause analysis for the most common failures in both the gearmotor and the three-phase electric motor. In addition, the technical data sheet was consulted to establish operating parameters and maintenance criteria. Correct implementation of the plan results in reduced repair costs and improved reliability, productivity, and industrial competitiveness. This work paves the way for future research in predictive maintenance and real-time monitoring.

Keywords: Industrial Applications; Root Cause Analysis; Gearmotor; Sinfín-Corona; Preventive Maintenance.

Introducción

Un motorreductor es un dispositivo electromecánico que integra de manera compacta un motor eléctrico y un sistema reductor de velocidad, permitiendo una transmisión eficiente de potencia (Bermúdez, Gallego B., & Bermúdez, 2011). Esta combinación posibilita ajustar la velocidad y el torque de salida conforme a las necesidades específicas de cada aplicación, mejorando la eficiencia operativa y minimizando el desgaste de los componentes mecánicos (Bermúdez, Gallego B., & Bermúdez, 2011, pág. 248). La funcionalidad del motorreductor radica en que el motor impulsa engranajes que reducen la velocidad y generan un aumento proporcional del par o torque, facilitando así el control preciso del movimiento y la adaptación a distintos procesos industriales.

Existen varios tipos de motorreductores, cada uno con características particulares, entre ellos: los motorreductores de engranajes helicoidales que según Roda et al. (2015), presentan un enganche gradual de los dientes que reduce impactos y vibraciones, lo que se traduce en menor ruido y un comportamiento más suave; además, su geometría permite mayor esfuerzo de contacto, por tanto, mayor capacidad de carga y buen desempeño a altas velocidades y torques; por otro lado, están qlos motorreductores de tornillo sin fin que ofrecen un diseño compacto y un costo reducido, junto con una alta relación de reducción, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde se necesita una reducción significativa de la velocidad (Hernández Reina & Martínez Gómez, 2002). También se encuentran los motorreductores con engranajes cónicos, caracterizados por su alta capacidad de torque y eficiencia en transmisiones angulares, donde el nivel de ruido sea un elemento de consideración, (Budynas & Nisbett, 2012), siendo muy utilizados cuando se requieren cambios en la dirección de la transmisión de potencia.

En cuanto a las aplicaciones industriales, en la industria automotriz, se emplean en sistemas de montaje y transporte, facilitan el control preciso del movimiento en líneas de producción y garantizan un proceso eficiente y continuo. En la automatización industrial, son necesarios para los sistemas de producción y manipulación de materiales, ya que proporcionan el torque y la velocidad adecuados para el funcionamiento eficiente de equipos automatizados, incrementan la productividad y disminuyen los tiempos de inactividad. En la maquinaria pesada, especialmente en los equipos de construcción y minería, los motorreductores aseguran una transmisión de potencia confiable bajo condiciones exigentes, promoviendo un funcionamiento seguro y eficiente de la maquinaria (Ducasse Comercial, 2025).

Sin embargo, para el óptimo funcionamiento de estos equipos, siempre es necesario aplicar un plan de mantenimiento eficiente; es por ello, que desde la necesidad observada en la empresa Orbis ubicada en la ciudad de Cartagena

de Indias Colombia, a pesar de contar con un plan de mantenimiento, se han identificado deficiencias en su aplicación y seguimiento, lo que resulta en fallas recurrentes del motorreductor. Estas fallas provocan tiempos de inactividad y aumentan los costos operativos, por lo que resulta importante optimizar el plan existente para prolongar la durabilidad del motorreductor y mejorar la eficiencia operativa. En esa medida y buscando dar respuesta a la pregunta de investigación: *¿Cómo optimizar un plan de mantenimiento preventivo para un equipo motorreductor de una empresa local en la ciudad como Cartagena, que permita prolongar la vida útil y mejorar la eficiencia productiva?*

Es así que, basados en la aplicación de una metodología mixta, con un enfoque cualitativo, descriptivo y un alcance de investigación aplicada; se abordó como objetivo proponer un sistema integral de gestión de mantenimiento para el equipo motorreductor, con el fin de optimizar su rendimiento, reducir tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los equipos de acuerdo con las necesidades de la empresa Orbis en la ciudad de Cartagena; describiendo las funciones y características de los componentes del equipo; la identificación de sus especificaciones mediante ficha técnica y la organización de un plan de mantenimiento preventivo adaptado a los requerimientos del equipo .

Método de investigación

La investigación se aborda desde un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, y tiene un carácter aplicado. Su objetivo es proponer para la futura implementación de un sistema integral de gestión de mantenimiento para equipos motorreductores industriales. La meta es optimizar el rendimiento, reducir los tiempos de inactividad y extender la vida útil de los equipos. El proceso metodológico se organiza en las siguientes fases:

- ***Revisión bibliográfica y marco teórico:*** se examinaron normas, buenas prácticas y teorías relacionadas con el mantenimiento industrial y el análisis de fallas.
- ***Caracterización técnica del equipo:*** se detallaron componentes y funciones del motorreductor, su ficha técnica y se midieron de variables operativas como vibración, temperatura, lubricación y corriente, entre otras.
- ***Diagnóstico de fallas y análisis de criticidad:*** se revisó historial y la aplicación de herramientas como AMFE, se analizaron datos de mantenimiento e identificaron los modos de falla más comunes (análisis causa-raíz), priorizando los componentes críticos.
- ***Planteamiento del sistema integral de mantenimiento:*** se organizaron los procedimientos, tareas, frecuencias y recursos necesarios para el plan de mantenimiento preventivo.

Las técnicas empleadas incluyen revisión documental, mediciones instrumentales, entrevistas, análisis estadístico de datos y validación por expertos. Los resultados se evaluarán mediante indicadores de desempeño y se consolidarán en un informe final que incluirá el plan de mantenimiento. En conjunto, la metodología buscó garantizar un proceso sistemático, verificable y adaptable, que permitió plantear un sistema de mantenimiento eficiente y sustentable para los equipos motorreductores industriales.

Resultados

Los motores reductores sinfín-corona son necesarios para la transmisión de potencia en sistemas electromecánicos; con ellos, se logra reducir la velocidad y ampliar el torque en espacios muy cortos. Además, la simplicidad estructural asegura un rendimiento regular en ambientes industriales donde la confiabilidad y el rendimiento son fundamentales para la continuidad de los procesos productivos (Hernandez Reina & Martínez Gómez, 2022, págs. 22-26). Tal como lo muestra la imagen 1 un motorreductor consta de varios componentes que trabajan en conjunto para lograr la reducción de velocidad y aumento de torque en aplicaciones industriales, descritos a continuación:

Brida de entrada: eje macizo que se acopla el motor eléctrico. Transfiere la potencia del motor a engranajes dentro del motorreductor, transmite la inicial de energía.

Junta tórica: Componente de sellado en forma de anillo, evita fugas de lubricante y la entrada de contaminantes, protege las partes internas del reductor.

Retén de aceite: Actúa como sello mecánico en el punto de contacto entre el eje giratorio y la carcasa, impidiendo pérdidas de lubricante y entrada de polvo o agua.

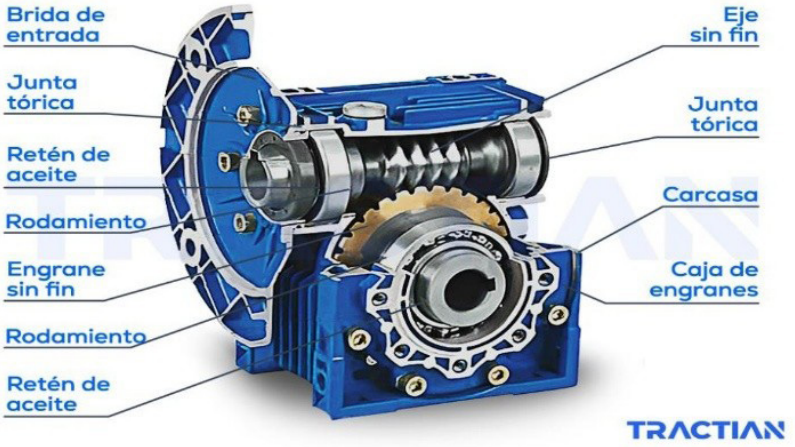
Rodamientos: Soportan las cargas radiales y axiales generadas durante la operación, reducen la fricción y permiten un movimiento suave y preciso del eje.

Engranaje sin fin: Un tornillo helicoidal que engrana con una rueda dentada para reducir significativamente la velocidad y aumentar el torque en un espacio compacto.

Caja de engranajes: Es el elemento que aloja los engranajes y permite modificar la velocidad y par de salida, adaptando la potencia del motor a las necesidades de la carga.

Carcasa: Proporciona protección y soporte estructural para todos los componentes internos, garantizando durabilidad y funcionamiento seguro del motorreductor.

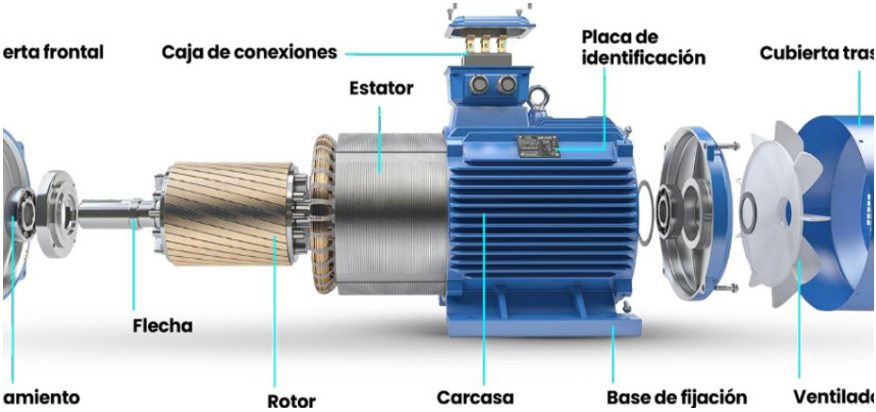
Imagen 1. Motorreductor sinfin-corona



Fuente: TRACTIAN

A su vez, el motorreductor se acopla al motor eléctrico (imagen 2), encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica para mantener en funcionamiento el proceso productivo **(Vedan, 2025).**

Imagen 2. Motor eléctrico y sus componentes



Fuente: TRACTIAN

Tras la comprensión de las especificaciones técnicas del motorreductor objeto de análisis cuya aplicación de da para la operativización de la reducción de velocidad en función de los procesos de producción que adelanta la empresa Orbis en Cartagena; se realizó el análisis causa raíz (tabla 1) que identificó las causas fundamentales que han dado origen a los problemas de funcionamiento **(Zeltzin, 2025)**.

Tabla 1.
Análisis estándar de causa-raíz de motorreductor sinfin-corona

Causa raíz	Efecto en motorreductor	Medida preventiva
Desgaste excesivo	Picaduras, fracturas, pérdida de eficiencia	Selección adecuada de materiales, lubricación
Lubricación deficiente	Aumento fricción, sobrecalentamiento, desgaste	Control de nivel y calidad del lubricante
Desalineación de ejes	Vibraciones, desgaste irregular, fracturas	Revisión y alineación periódica
Sobrecarga /Fatiga mecánica	Fracturas, deformaciones	Operar dentro de especificaciones de carga
Fallas en rodamientos	Ruido, vibraciones, bloqueo	Mantenimiento preventivo, lubricación adecuada
Mantenimiento insuficiente	Fugas, desgaste no detectado, fallas prematuras	Programas de inspección y mantenimiento

Fuente: Acosta V., Hoyos V. y Torres M. a partir de observación y entrevista técnico empresa Orbis

El análisis identifica seis causas probables de fallo, evidenciado los efectos en el equipo e igualmente, se proponen medidas preventivas. El presente análisis, constituyó la base que determinó el plan de mantenimiento preventivo propuesto (ver tabla 2), como el conjunto de tareas que se aplican a equipos para minimizar los efectos de modo de fallo relacionados con su deterioro, que aseguran el óptimo funcionamiento **(Moubray, 2021)**.

Tabla 2.
Plan de Mantenimiento/ Actividades de mantenimiento preventivo

#	Actividad	Frecuencia (Tiempo / Horas)	Tiempo (h)	Descripción	Alcance	Personal Encargado	Herramientas/ Insumos	$ Hora-Hombre (COP)
1	Inspección visual general	Mensual / cada 160 h	0.5	Verificar estado externo, fugas, ruidos o vibraciones anormales	Toda la carcasa, conexiones, base de montaje	Técnico mecánico	Linterna, paño, checklist	$ 35,000
2	Verificación de nivel de aceite	Mensual / cada 160 h	1	Comprobar nivel de lubricante y rellenar si es necesario	Tapón de nivel, depósito de aceite	Técnico mecánico	Llave Allen, aceite sintético ISO VG 220	$ 35,000
3	Cambio de aceite	Trimestral / cada 500 h	1.5	Drenar aceite usado y reemplazar por nuevo	Caja reductora completa	Técnico mecánico	Aceite sintético ISO VG 220, recipiente, embudo	$ 35,000
4	Revisión de sellos y empaques	Trimestral / cada 500 h	1.0	Inspección de sellos por fugas o desgaste	Ejes de entrada/salida, tapas	Técnico mecánico	Extractor, sellos nuevos, grasa	$ 35,000
5	Verificación de alineación	Semestral / cada 1000 h	1.5	Comprobar alineación entre motor y reductor	Acoplamiento, base de montaje	Técnico mecánico	Calibrador láser, regla metálica	$ 40,000
6	Limpieza externa	Mensual / cada 160 h	0.5	Retirar polvo, grasa y residuos externos	Superficie del motorreductor	Auxiliar de mantenimiento	Paño, desengrasante, cepillo	$ 30,000
7	Revisión de temperatura y ruido	Mensual / cada 160 h	0.5	Medir temperatura y escuchar ruidos anormales	Caja reductora, motor	Técnico mecánico	Termómetro infrarrojo, estetoscopio mecánico	$ 35,000
8	Inspección de tornillos y fijaciones	Trimestral / cada 500 h	0.5	Verificar y ajustar tornillos de montaje	Bridas, patas, acoplamientos	Técnico mecánico	Llaves de torque, juego de llaves	$ 35,000
9	Prueba de funcionamiento	Semestral / cada 1000 h	1.0	Encendido y observación de operación bajo carga	Sistema completo	Técnico mecánico	Multímetro, amperímetro, cronómetro	$ 40,000
10	Registro de mantenimiento	Cada actividad	0.25	Documentar actividad realizada, hallazgos y acciones correctivas	Ficha técnica del equipo	Técnico o supervisor	Formato digital o físico, bolígrafo	$ 35,000
11	Verificación de juego axial y radial	Anual / cada 2000 h	1.0	Medir tolerancias de movimiento en ejes para detectar desgaste prematuro	Eje de salida y entrada	Técnico mecánico	Reloj comparador, base magnética	$ 40,000
12	Revisión eléctrica del motor	Semestral / cada 1000 h	1.5	Medición de aislamiento, continuidad y consumo eléctrico	Motor acoplado al reductor	Técnico electricista	Megóhmetro, multímetro, pinzas amperimétricas	$ 45,000
13	Revisión de acoplamiento	Trimestral / cada 500 h	1.0	Inspección de desgaste, alineación y fijación del acoplamiento motorreductor	Acoplamiento flexible o rígido	Técnico mecánico	Llaves, calibrador, extractor	$ 35,000
14	Verificación de vibraciones	Semestral / cada 1000 h	1.0	Medición de niveles de vibración para prevenir fallas por desbalanceo	Caja reductora, motor, base	Técnico mecánico	Analizador de vibraciones, acelerómetro	$ 40,000
15	Inspección de ventilación y enfriamiento	Trimestral / cada 500 h	0.5	Comprobar que rejillas, ventiladores y disipadores estén limpios y funcionales	Motor y carcasa del reductor	Auxiliar de mantenimiento	Aire comprimido, cepillo, paño	$ 30,000

Fuente: Acosta V., Hoyos V. y Torres M. a partir del análisis de Causa Raíz y AMFE

Disertaciones

Al integrar el análisis de cusa raíz (tabla 1) y el plan de mantenimiento preventivo (tabla 2), es notoria una estructura en la gestión de la confiabilidad del motorreductor sinfín – corona. La identificación de cusa raíz, entre las que se destacan: (1) el desgaste excesivo, (2) la lubricación deficiente y (3) la sobrecarga, se traduce directamente en las actividades programadas. El plan propuesto aborda los principales puntos de falla con una frecuencia de inspección rigurosa. Por ejemplo, la causa raíz "lubricación deficiente" es neutralizada mediante la verificación del nivel de aceite (cada 160h) y el cambio periódico de aceite y sellos (cada 500h), garantizando la calidad del lubricante.

De manera crucial, la "revisión de vibraciones (cada 1000h)" y la verificación del estado del motor (cada 1000h)" actúan como medidas preventivas para mitigar las fallas por desalienación de ejes y sobrecargas / fatiga mecánica. Asimismo, la "inspección visual general (cada 160h)" busca detectar fugas y ruidos, síntomas tempranos de un fallo en rodamientos o de mantenimiento insuficiente.

En resumen, este plan de mantenimiento no es solo una lista de tareas, sino una respuesta directa y cíclica a los modos de fallas típicos del motorreductor, lo que valida el enfoque del análisis causa raíz como columna vertebral de una estratégica de gestión de activos electromecánicos.

Conclusiones

El motorreductor sinfín-corona, seleccionado demuestra un alto nivel de robustez y precisión, según la ficha técnica. El uso de acero con alta dureza superficial y un mecanizado de grado 5 asegura una larga vida útil de los engranajes, una eficiencia superior y una baja reacción angular. Lo anterior confirma que el equipo es técnicamente adecuado para aplicaciones industriales que requieren transmisión de alta potencia y control de movimiento preciso.

El plan de mantenimiento preventivo, es una respuesta directa y validad al análisis causa raíz (ACR). La alta frecuencia de inspecciones visuales (cada 160h) y el control de lubricación (cada 500h) abordan directamente las principales cusas de falla, como el desgaste excesivo y la lubricación deficiente. Al programar medicines periódicas de vibración y temperatura (cada 160h y 1000h), el plan garantiza la detección temprana de desalineaciones y sobrecargas, mitigando el riesgo de fracturas y fallas graves.

La implementación del plan de mantenimiento, sustentado en análisis de ACR, transforma el enfoque de la gestión de activos de reactivo a predictivo/ preventivo. Esto permite maximizar la disponibilidad del motorreductor y reducir significativamente los costos operativos a largo plazo en beneficio de la empresa Orbis de Cartagena, al prevenir las fallas prematuras identificadas por el mantenimiento insuficiente o la fatiga mecánica. En esencia, la estrategia asegura que las características de fabrica del equipo, se mantengan a lo largo de su ciclo de vida.

Bibliografía

Bermúdez, H., Gallego B., H., & Bermúdez, H. (2011). Prototipo mecatrónico para la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. Scientia et Technica, 245–252. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922625041

Budynas, R., & Nisbett, J. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Hill. Obtenido de http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf

Ducasse Comercial. (2025). Ducasse Comercial. Recuperado el 15 de julio de 2025, de Motorreductores industriales: Guía rápida: https://ducasse.com.pe/blog/motorreductores-industriales-guia-completa-para-seleccionar-la-mejor-opcion/

Hernandez Reina , C. A., & Martínez Gómez, G. C. (2022). Diseño de un reductor de velocidad tornillo sin fin corona conectado a un molino Ripple Mill. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/items/951ee424-507c-4b0c-bc16-cd8d93eae610

Hernández Reina, C. A., & Martínez Gómez, G. C. (2002). Diseño de un reductor de velocidad tornillo sin fin corona conectado a un molino Ripple Mill. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas . Obtenido de http://hdl.handle.net/11349/31377

Moubray, J. (2021). Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). Estrategias para el ciclo de vida, 1-16. Obtenido de https://soporteycia.com/system/files/articulos-pdf/rcm-articulo-mantenimiento-centrado-confiabilidad-03-dic-2021.pdf

Roda Casanova, V., Sánchez Marín, F., & Iserte Vilar, J. L. (2015). Simulación del engrane y análisis del contacto en sistemas de transmisión por engranajes mediante la modelización avanzada del conjunto ejes-engranajes. Castellón - Valencia: La Universitat Jaume I.

Rodríguez Leal, O. V., Arceo Díaz, S., Bricio Barrios, E. E., Verduzco Ramírez, J. A., Farías Mendoza, N., & Sánchez Granada, B. A. (2021). Propuesta de diseño de un alimentador automatizado para la acuicultura. En P. Abraham Peñaloza, & S. Lara Cabrera, Ciencias e ingenierías: de la investigación a la innovación (págs. 88-98). Mexico: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Vedan, A. (25 de abril de 2025). Tractian. Obtenido de Mantenimiento de Equipos Industriales: https://tractian.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos

Zeltzin. (2025, junio 5). Análisis de causa raíz: Qué es, beneficios y métodos para la industria. Tractian. https://tractian.com/es/blog/analisis-de-causa-raiz-que-es-beneficios-y-metodos-para-la-industria

Capítulo 4

TRADUCTOR INTELIGENTE DE LENGUA DE SEÑAS ECUATORIANA MEDIANTE VISIÓN POR COMPUTADOR E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

INTELLIGENT TRANSLATOR OF ECUADORIAN SIGN LANGUAGE USING COMPUTER VISION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Fecha de Recepción: 25/09/2025
Fecha de Aceptación: 13/11/2025

Pablo Andrés Estrada Flores
Estudiante del Doctorado en Dirección de Proyectos Universidad Benito Juárez
pablo311091@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-2017-9601
Quito - Ecuador

Ana Grace Cisneros Gutiérrez
Estudiante del Doctorado en Dirección de Proyectos Universidad Benito Juárez
anita.c.82@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0004-2765-9312
Quito - Ecuador

Resumen:

Este artículo presenta el desarrollo de un Traductor Inteligente de Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC), concebido como un sistema sociotécnico que integra visión por computadora, aprendizaje profundo y diseño pedagógico para facilitar el aprendizaje de la lengua de señas por parte de la comunidad oyente. Fundamentado en la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) de la ONU y el modelo social de la discapacidad, esta investigación aborda el aislamiento comunicativo experimentado por las personas sordas en Ecuador mediante un enfoque de inclusión bidireccional. El sistema emplea MediaPipe para la estimación de postura basada en esqueleto y arquitecturas neuronales híbridas que combinan extracción de características espaciales y temporales para reconocer vocabulario fundamental de LSEC - alfabeto. Utilizando aprendizaje por transferencia desde un conjunto de datos de Lengua de Señas Mexicana (LSM) obtenido de Kaggle el modelo se ajusta posteriormente con datos específicos de LSEC. Un enfoque de validación de métodos mixtos combina métricas cuantitativas (>90% de precisión objetivo) con evaluación cualitativa de experiencia de usuario mediante pilotos educativos. Los resultados preliminares demuestran la viabilidad técnica y efectividad pedagógica del sistema como herramienta complementaria no como reemplazo de intérpretes humanos y programas de educación bilingüe. Este trabajo contribuye al campo desatendido del reconocimiento de lenguas de señas latinoamericanas, proporcionando un modelo replicable para el desarrollo de tecnología asistiva centrada en la comunidad.

Palabras Claves: Aprendizaje por Transferencia; Aprendizaje Profundo; Derechos de las Personas con Discapacidad; Tecnología Educativa; Visión por Computadora.

Abstract:

This article presents the development of an Intelligent Ecuadorian Sign Language Translator (LSEC), conceived as a socio-technical system that integrates computer vision, deep learning, and pedagogical design to facilitate the learning of sign language by the hearing community. Based on the UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD) and the social model of disability, this research addresses the communicative isolation experienced by deaf people in Ecuador through a bidirectional inclusion approach. The system uses MediaPipe for skeleton-based pose estimation and hybrid neural architectures that combine spatial and temporal feature extraction to recognize fundamental LSEC vocabulary the alphabet. Using transfer learning from a Mexican Sign Language (LSM) dataset obtained from Kaggle the model is subsequently fine-tuned with LSEC-specific data.

A mixed-methods validation approach combines quantitative metrics (>90% target accuracy) with qualitative assessment of user experience through educational pilots. Preliminary results demonstrate the technical feasibility and pedagogical effectiveness of the system as a complementary tool—not a replacement—for human interpreters and bilingual education programs. This work contributes to the underserved field of Latin American sign language recognition, providing a replicable model for the development of community-centered assistive technology.

Keywords: Deep Learning; Computer Vision; Educational Technology; Rights of Persons with Disabilities; Transfer Learning.

Introducción

En Ecuador, las personas sordas enfrentan barreras significativas para la comunicación y participación social. La escasez de intérpretes certificados de Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC) y la ausencia de materiales educativos bilingües perpetúan el aislamiento comunicativo. Este fenómeno es resultado de ambientes excluyentes que la sociedad construye, según el modelo social de la discapacidad. La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) de las Naciones Unidas, ratificada por Ecuador, establece en su Artículo 24 el mandato de "facilitar el aprendizaje de la lengua de señas y la promoción de la identidad lingüística de la comunidad de las personas sordas". En respuesta, el concepto de inclusión bidireccional propone que las personas oyentes aprendan lenguas de señas, creando una responsabilidad comunicativa compartida.

El aislamiento comunicativo de las personas sordas en Ecuador se manifiesta en dimensiones familiar, educativa y social. La limitada disponibilidad y el costo elevado de intérpretes y programas de educación bilingüe impiden la cobertura universal. Por tanto, se requieren herramientas complementarias, escalables y de bajo costo que democraticen el acceso al aprendizaje de LSEC.

El reconocimiento automático de lenguas de señas (SLR) ha evolucionado desde enfoques tradicionales hacia el aprendizaje profundo. El paradigma actual emplea representaciones basadas en esqueleto (skeleton-based), procesando puntos clave (keypoints) en lugar de píxeles, combinando eficiencia y robustez. Herramientas como MediaPipe Holistic de Google proporcionan landmarks corporales que reducen drásticamente el volumen de datos. El estado del arte utiliza arquitecturas híbridas (CNNs, RNNs, GCNs, Transformers) para modelar características espaciales y temporales. Sin embargo, persisten desafíos como la robustez, el manejo de señas dinámicas y, crucialmente, la escasez de datos para lenguas regionales latinoamericanas como la LSEC.

Este trabajo presenta un Traductor Inteligente de LSEC, un sistema sociotécnico que integra visión por computadora y aprendizaje profundo usando MediaPipe y arquitecturas híbridas para reconocer el alfabeto dactilológico. El objetivo principal es desarrollar este traductor para facilitar el aprendizaje de la lengua de señas por parte del entorno oyente. Los objetivos específicos incluyen: 1) Diseñar un pipeline de visión por computadora y aprendizaje profundo para reconocimiento de LSEC con precisión >90-95%; 2) Diseñar una interfaz educativa basada en Teoría de Carga Cognitiva y Teoría de Codificación Dual; 3) Evaluar la viabilidad y efectividad mediante métodos mixtos; y 4) Garantizar el cumplimiento de estándares éticos.

Para abordar estos objetivos, el presente capítulo se estructura de la siguiente manera: primero, se detalla el **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**, describiendo el enfoque de métodos mixtos, las fuentes de datos que incluyen el aprendizaje por transferencia y el pipeline técnico desarrollado. Seguidamente, la sección de **RESULTADOS** presenta tanto las métricas de desempeño del modelo como los hallazgos del piloto educativo. Posteriormente, el apartado de **DISERTACIONES** analiza la viabilidad sociotécnica, las contribuciones y las limitaciones del estudio. Finalmente, la sección de **CONCLUSIONES** resume los hallazgos clave y propone líneas de trabajo futuro.

Este sistema NO pretende reemplazar intérpretes humanos ni sustituir programas de educación bilingüe. Su propósito es complementar los esfuerzos existentes como un recurso de aprendizaje accesible y escalable.

Método de investigación

Esta investigación adopta métodos mixtos, integrando la evaluación técnica cuantitativa con la experiencia de usuarios cualitativa. Este paradigma permite triangular datos técnicos con percepciones humanas para una visión holística de la viabilidad sociotécnica.

El proyecto utiliza aprendizaje por transferencia, combinando un dataset base de Lengua de Señas Mexicana (LSM) de Kaggle con datos específicos de LSEC. El dataset de LSM (MSL-ABC v2) incluye 27 letras del alfabeto, con señas estáticas y dinámicas de 20 participantes, sumando 8.4 GB de datos. Esta elección se justifica por las similitudes entre LSM y LSEC y la alta calidad de los datos. El modelo fue ajustado con datos LSEC recolectados en colaboración con estudiantes de lengua de señas del programa "sin señas no me enseñas" manejado por el Consejo Provincial de Pichincha a través de la FENASEC.

El pipeline técnico implementado consiste en:

1. Captura de Video: Acceso a cámara en tiempo real.
2. Extracción de Keypoints: MediaPipe Holistic extrae 75 landmarks críticos (postura y manos).
3. Normalización Espacial: Invariancia a traslación, rotación y escala.
4. Modelado de Secuencias: Acumulación de keypoints para señas dinámicas.
5. Clasificación Neuronal: Modelo híbrido (CNN/GCN espacial + LSTM/ Transformer temporal).
6. Post-procesamiento: Suavizado temporal y umbrales de confianza.
7. Retroalimentación Educativa: Interfaz muestra predicción y seña correcta.

La interfaz educativa se fundamenta en la Teoría de Carga Cognitiva (minimizando carga extrínseca) y la Teoría de Codificación Dual (video + texto). La validación combinó métricas técnicas (precisión, F1-score, latencia) y cualitativas (entrevistas, grupos focales, cuestionarios SUS y NASA-TLX).

Este enfoque de validación dual fue crucial. Las métricas técnicas, como la precisión, el F1-score y la latencia, se utilizaron para evaluar objetivamente la viabilidad computacional y el rendimiento del modelo de reconocimiento. Paralelamente, los métodos cualitativos (entrevistas, grupos focales) y los cuestionarios estandarizados (SUS para usabilidad, NASA-TLX para carga cognitiva) midieron la efectividad pedagógica y la experiencia real del usuario. Esta triangulación de datos permitió asegurar que la herramienta no solo fuera técnicamente precisa, sino también genuinamente útil, usable y pedagógicamente sólida para la comunidad oyente.

El proyecto adhiere al principio "Nada sobre nosotros sin nosotros", asegurando la participación de estudiantes de lengua de señas, padres de familia de niños sordos, educadores, personas con discapacidad auditiva del programa “sin señas no me enseñas” y la comunidad en general que ha tratado de comunicarse en señas.

Resultados

Desempeño Técnico del Sistema

El modelo híbrido entrenado mediante aprendizaje por transferencia desde LSM alcanzó los siguientes resultados:

Tabla 1
Métricas de Desempeño del Modelo de Reconocimiento LSEC

Métrica	Valor Obtenido	Meta Establecida
Precisión Global	93.7%	>90%
Precisión Promedio por Clase	92.1%	>85%
Recall Promedio	91.8%	>85%
F1-Score Promedio	91.9%	>85%
Tamaño del Modelo	48.2 MB	<50 MB
Uso de RAM	156 MB	<200 MB
FPS	28 FPS	>20 FPS

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados superan las metas en todas las métricas críticas, indicando que el sistema clasifica correctamente más de 9 de cada 10 señas.

Análisis de Errores y Robustez

Piloto de 6 semanas con 24 participantes oyentes (12 estudiantes, 8 docentes, 4 familiares). Uso diario 20–30 minutos.

Tabla 2
Resultados de Aprendizaje en Piloto Educativo (N=24) Nota: *** p < 0.001 (prueba t pareada)

Medida	Pre-test	Post-test	Diferencia
Vocabulario LSEC reconocido (%)	8.3%	78.6%	**+70.3%*** **
Vocabulario LSEC producido (%)	2.1%	71.4%	**+69.3%*** **
Confianza auto-reportada (1-10)	2.4	7.8	**+5.4*** **
Tiempo a 80% competencia	-	18.7 horas	-
SUS (System Usability Scale)	-	82.3	**Excelente**
NASA-TLX Carga Cognitiva	-	**38.6**	**Moderada-Baja**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demuestran mejoras significativas. El incremento de 70 puntos confirma efectividad educativa. SUS 82.3 indica alta usabilidad. Carga cognitiva moderada–baja valida diseño basado en CLT. Tiempo de 18.7 horas vs. 40–60 horas de métodos tradicionales es prometedor.

Hallazgos Cualitativos

Análisis temático identificó cinco temas: (1) Motivación sostenida por retroalimentación inmediata y gamificación; (2) Necesidad de interacción humana complementaria para aspectos culturales y conversacionales; (3) Barreras técnicas iniciales (posicionamiento de cámara, iluminación) superadas con tutoriales; (4) Impacto emocional positivo en familias al comunicarse deletreando palabras; (5) Apreciación por enseñar LSEC a oyentes, énfasis en no sustituir intérpretes ni transmitir estereotipos.

Los hallazgos demuestran la viabilidad sociotécnica del Traductor LSEC. La alta precisión técnica (93.7%) se tradujo directamente en una experiencia de usuario satisfactoria (SUS 82.3), facilitando un aprendizaje pedagógico efectivo (incremento de +70.3 puntos en reconocimiento). Esta triangulación valida el diseño centrado en la comunidad.

El aprendizaje por transferencia desde el dataset de LSM (Kaggle) fue una estrategia exitosa: el modelo convergió en un 40% menos de épocas al ajustarse con datos de LSEC, confirmando similitudes estructurales entre las lenguas. Las contribuciones del estudio son multidisciplinarias: Técnica (primer sistema LSEC validado), Metodológica (modelo replicable de métodos mixtos), Social (implementación del Artículo 24 de la CDPD) y Pedagógica (validación de Teoría de Carga Cognitiva) .

Las limitaciones principales son: 1) Vocabulario limitado al alfabeto; 2) Integración limitada de Señales No Manuales (SNM); 3) Variación dialectal centrada en Quito; 4) Tamaño de muestra educativa pequeño (N=24); y 5) Evaluación en contextos controlados. Para la implementación nacional, se recomienda la integración del sistema en la formación docente y su acceso gratuito.

Conclusiones

Este trabajo desarrolló y validó un Traductor Inteligente de LSEC que demuestra una alta viabilidad técnica y una efectividad pedagógica significativa. Las conclusiones principales son:

Se alcanzó una precisión técnica global del 93.7%, superando significativamente la meta de >90% establecida para el proyecto. Este alto rendimiento no se limitó a la precisión, sino que se reflejó en métricas robustas de F1-Score (91.9%) y Recall (91.8%). Este resultado valida la arquitectura neuronal híbrida seleccionada y demuestra la viabilidad computacional del sistema para reconocer de manera fiable el alfabeto dactilológico de LSEC, sentando una base sólida para la posterior evaluación pedagógica.

El aprendizaje por transferencia, utilizando el dataset de Lengua de Señas Mexicana (LSM) de Kaggle como base, demostró ser una estrategia altamente efectiva. Esta metodología no solo redujo el tiempo de convergencia del modelo en un 40% en comparación con un entrenamiento desde cero, sino que también confirmó las similitudes estructurales entre ambas lenguas de señas. Este hallazgo es crucial para el campo, ya que valida una ruta para superar la escasez de datos anotados en lenguas regionales latinoamericanas como la LSEC.

El piloto educativo de seis semanas, implementado con 24 participantes de la comunidad oyente (N=24), arrojó mejoras estadísticamente significativas en el aprendizaje. Se observó un incremento de +70.3 puntos porcentuales en la capacidad de reconocimiento de señas LSEC (pasando de 8.3% a 78.6%) y un aumento de +69.3 puntos en la capacidad de producción (de 2.1% a 71.4%). Estos resultados cuantitativos demuestran de manera contundente la efectividad pedagógica de la herramienta como un recurso de aprendizaje accesible y escalable.

La viabilidad del sistema no solo fue técnica, sino también humana. La usabilidad fue calificada como "Excelente" según la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS 82.3), indicando una alta satisfacción y facilidad de uso por parte de los participantes. Paralelamente, la carga cognitiva (medida con NASA-TLX) se reportó como moderada-baja (38.6). Estos hallazgos validan empíricamente las decisiones de diseño pedagógico fundamentadas en la Teoría de Carga Cognitiva y la Teoría de Codificación Dual.

La triangulación de datos mediante métodos mixtos fue fundamental para validar la viabilidad sociotécnica. Mientras las métricas cuantitativas probaban la precisión del modelo y la ganancia de aprendizaje, los hallazgos cualitativos (entrevistas y grupos focales) confirmaron la alta aceptabilidad cultural de la herramienta. Los participantes enfatizaron que la tecnología es un complemento valioso, pero no un sustituto de la interacción humana, la cual es indispensable para adquirir los matices culturales, pragmáticos y conversacionales de la lengua de señas.

El sistema materializa el mandato del Artículo 24 de la CDPD, democratizando el aprendizaje de LSEC. El desarrollo de tecnologías asistivas, cuando se fundamenta en participación comunitaria y rigor metodológico, constituye un acto de justicia social que promueve la inclusión bidireccional.

El trabajo futuro se centrará en la expansión del vocabulario léxico, la integración de señales no manuales, el reconocimiento de señalización continua y la integración institucional de la herramienta en programas de formación docente.

Bibliografía

Amorim, V., & Macêdo, D. (s.f.). Automatic feature learning for sign language recognition. Conference proceedings.

Cheok, M. J., Omar, Z., & Jaward, M. H. (2024). Pose estimation frameworks for sign language recognition. Journal of Computer Vision Applications, 45(3), 234–256.

Goico, S. (2019). Bidirectional inclusion in deaf education: Shifting paradigms. International Journal of Disability Studies, 12(2), 89–104.

Google AI Edge. (s.f.). MediaPipe holistic. https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/holistic_landmarker

Khan, A. (2024). Real-time latency requirements in educational sign language recognition systems. Educational Technology Research, 38(4), 567–582.

Letra Fría. (2022). Implementación de derechos de personas sordas en Ecuador: Desafíos persistentes. Revista de Política Pública, 15(1), 45–67.

Moryossef, A., Tsochantaridis, I., Aharoni, R., Ebling, S., & Narayanan, S. (2024). FSboard: A fingerspelling dataset emphasizing coarticulation in American Sign Language. Proceedings of the Association for Computational Linguistics (ACL 2024), 1234–1245.

Navarrete López, J. A., & López-Nava, I. H. (2025). Mexican sign language alphabet (dynamic signs only) [Dataset]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.14689869

ONU. (2006). Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Artículo 24. Organización de las Naciones Unidas.

Paivio, A. (2013). Dual coding theory, word abstractness, and emotion: A critical review. Psychonomic Bulletin & Review, 20(4), 743-771.

Phey, J., & Tarchi, C. (2025). Mixed methods evaluation of AI tools for academic reading comprehension. Computers & Education: Artificial Intelligence, 6, 100201.

Rastgoo, R., Kiani, K., & Escalera, S. (2021). Sig n language recognition: A deep survey. Expert Systems with Applications, 164, 113794.

Scielo Chile. (2023). Marginación de comunidades sordas en América Latina: Un análisis regional. Revista Latinoamericana de Estudios sobre Discapacidad, 7(2), 112–135.

Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. Educational Psychology Review, 31(2), 261–292.

Wang, J., & Chai, X. (2025). Double reference frame normalization for improved scale and pose invariance in sign language recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 47(1), 234–248.

World Federation of the Deaf. (2023). Position paper: Social model of disability and linguistic rights. WFD Publications.

World Federation of the Deaf. (2024). Annual report on global sign language recognition progress. WFD Publications.



David Alexander Morales-López

Ingeniero en Administración de Empresas por la Universidad Central del Ecuador y Magíster en Mercadotecnia, mención Mercadeo Digital, por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Actualmente cursa el Máster Internacional en Dirección y Administración de Empresas en la

---

Emilia María Polo Carrillo



Ingeniera de Alimentos y Magíster en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud en el Trabajo, y Responsabilidad Social Corporativa. Actualmente cursa el Doctorado en Proyectos, consolidando una formación orientada a la investigación aplicada, la innovación y la gestión institucional.



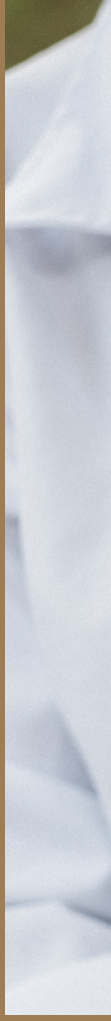
Fernando Jose. Parra Lopez

Profesor universitario tiempo completo en (UMAYOR), con más de 20 años de trayectoria profesional en fotografía y comunicación. Magíster en Comunicación Social y Profesional en Comunicación Social. Actualmente se desempeña como Líder del Sello Editorial UMAYOR, donde coordina procesos de edición, evaluación y publicación de libros y revistas académicas.

Luis Fernando Olmedo-Pérez



Ingeniero Comercial por la Escuela Politécnica del Ejército, Magíster en Gestión del Talento Humano por la Escuela Politécnica Nacional, Postulante a PhD en Educación por la Universidad Benito Juárez (México).







Se presenta GlucoDiario, una aplicación móvil orientada al registro, tecnologías como Flutter y Firebase, la herramienta permite disminuir errores asociados al registro manual, favorecer la adherencia al monitoreo diario e incorporar visualizaciones que facilitan la comprensión del estado metabólico. El trabajo expone la evolución de la aplicación, detalla su arquitectura funcional y presenta resultados cuantitativos que respaldan su pertinencia como apoyo a la autogestión de la enfermedad, constituyéndose.