



Diciembre 2025 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.14 • ISSN: 2683-2968.

TIES es una revista de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 (CC BY-NC 4.0).

© 2025 TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior es editada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC). Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México. Número de reserva de Derechos otorgado por INDAUTOR: 04-2019-011816190900-203.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista del Comité editorial, del Editor o de la UNAM.



Índice

Editorial

Chatbot Mar para Primeros Auxilios Psicológicos: una innovación en la
atención inmediata de crisis por accidentes de tránsito 1

Desarrollo de un Software para Administración de Empaques de Aguacate
SIAEA 20

Modelado de un sistema de reinscripciones escalable sobre una nube
híbrida usando Learning Analytics 35

Editorial

Zygmunt Bauman advertía en su libro *Los retos de la educación en la modernidad líquida* que uno de los desafíos actuales para la educación es “aprender el arte de vivir en un mundo sobresaturado por la información”.

Sin duda alguna, esta premisa, expuesta por el profesor polaco, deviene principalmente de los avances tecnológicos alcanzados en el siglo XXI. Nunca antes la “modernidad líquida” cobra tanta relevancia ante esos restos del pasado representados por lo sólido. Hoy en día, hay muchas innovaciones en procesos, conocimientos y tecnologías que cambian de manera constante y responden a diferentes necesidades. Esto representa un reto para las instituciones de educación superior (IES), quienes reflexionan y actúan sobre la manera de incorporar tales hallazgos en sus procesos de gestión, así como en sus métodos de enseñanza y aprendizaje.

Bajo este contexto, en el número 14 de la *Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior TIES*, publicamos una edición con tres abordajes significativos. Es una tríada con diferentes perspectivas para aprender el arte de vivir, como decía Bauman. Con la guía y experiencia de las autoras y autores, conoceremos distintas maneras para desarrollar y aprovechar los avances tecnológicos, con el propósito de fortalecer a las IES y reforzar su compromiso con la sociedad.

Iniciamos con el artículo titulado *Chatbot Mar para Primeros Auxilios Psicológicos: una innovación en la atención inmediata de crisis por accidentes de tránsito*, texto interdisciplinario presentado por Marlene Lizette Reyes Álvarez, Azalea Reyes Aguilar e Iván Vladimir Meza Ruiz. En éste, los autores diseñan e implementan una herramienta para brindar primeros auxilios psicológicos (PAP) para el apoyo y contención ante situaciones de crisis provocadas por accidentes viales.

El segundo artículo en esta edición es *Desarrollo de un Software para Administración de Empaques de Aguacate SIAEA*, donde los autores Jorge Alberto Lázaro Méndez, José Rebrindanard Rubalcava López, Roberto Loaeza Valerio y Susana Alejandra López Jiménez

nos presentan un desarrollo tecnológico, gestado desde la IES, que impacta directamente en la comunidad responsable de la producción de aguacates del estado de Michoacán en México. Ante el reciente aumento en la producción de este fruto, identificado por los autores, desarrollan un software de gestión para mejorar las operaciones de empaque del producto final, contribuyendo así a optimizar los procesos y la gestión de operaciones.

Cerramos esta edición con la contribución de Iker Alberto Cedillo Martínez y Luis Francisco, quienes abordan un tema coyuntural en el contexto del auge de la inteligencia artificial: el análisis de datos a través de *Learning Analytics* (LA). Con el artículo *Modelado de un sistema de reinscripciones escalable sobre la nube híbrida usando Learning Analytics*, los autores plantean un proceso viable para modelar un sistema de reinscripciones aplicando LA para la recolección y el correspondiente análisis de datos, con el propósito de mejorar la calidad de los servicios ofrecidos por las IES a partir de los datos generados por las trayectorias académicas de los estudiantes. No cabe duda de que este desarrollo tecnológico, además de su relevancia técnica, abre las puertas a un campo multidisciplinario donde especialistas de diversas áreas estén involucrados para consolidar modelos como el que se presenta.

Al adentrarse en la lectura, estarán inmersos en un espacio de conceptos y propuestas que fluyen y se reconfiguran en un estado líquido que se amoldará a partir de sus propias necesidades y bagaje. Esperamos que este número 14 de la revista TIES sea una invitación a surcar esta modernidad líquida a partir de las notables propuestas de sus autores.

Arturo Muñiz Colunga



Chatbot *Mar* para Primeros Auxilios Psicológicos: una innovación en la atención inmediata de crisis por accidentes de tránsito

Marlene Lizette Reyes Alvarez

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Departamento de Ciencias de la Computación, Ciudad de México, México.
ORCID: 0009-0006-8641-3982

Azalea Reyes Aguilar

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, Departamento de Psicobiología y Neurociencias, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0001-7990-9812

Ivan Vladimir Meza Ruiz

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Departamento de Ciencias de la Computación, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0002-7239-1480

Recepción: 29 de septiembre de 2025.

Aceptación: 28 de noviembre de 2025.

Diciembre 2025 • número de revista 14 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2025.14.116>

Chatbot Mar para Primeros Auxilios Psicológicos: una innovación en la atención inmediata de crisis por accidentes de tránsito

Resumen

Este artículo presenta a *Mar*, un chatbot diseñado como propuesta exploratoria para brindar Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) en crisis derivadas de accidentes viales. Basado en el Manual ABCDE de intervención en crisis e implementado en una plataforma web híbrida con detección de intención, *Mar* fue evaluado positivamente por especialistas y voluntarios en una prueba piloto. Los hallazgos destacan su potencial como herramienta de apoyo psicológico en emergencias viales, aunque aún requiere validación en escenarios reales y con población general.

Palabras Clave: chatbots, primeros auxilios psicológicos, accidentes de tránsito, salud mental digital, inteligencia artificial, evaluación de usabilidad.

Chatbot Mar for Psychological First Aid: An Innovation in Immediate Crisis Care for Traffic Accident Victims

Abstract

This article presents Mar, a chatbot developed as an exploratory proposal to provide Psychological First Aid (PFA) in crises derived from traffic accidents. Based on the ABCDE Crisis Intervention Manual and implemented on a hybrid web platform with intent detection, Mar was positively evaluated by specialists and volunteers in a pilot test. The findings highlight its potential as a psychological support tool in traffic emergencies, although further validation is still required in real-world scenarios and with the general population.

Keywords: *Scientific information, Information and development, Computer program, Higher education, Technology transfer.*

Introducción

En los últimos años, ha aumentado el uso de sistemas basados en Inteligencia Artificial (IA). Sin embargo, su adopción en salud mental ha sido más lenta debido a la resistencia histórica a las intervenciones digitales [1]. Aunque desde los años 2000 se buscó aplicar chatbots en este ámbito, estos esfuerzos no generaron avances significativos hasta el impulso derivado de la pandemia en 2020 [2]. Diversos estudios respaldan la eficacia de los chatbots terapéuticos basados en inteligencia artificial para tratar depresión, ansiedad y estrés [3]. Entre los trabajos más relevantes, destacan los de Fitzpatrick *et al.* [4], Inkster *et al.* [5], Mehta *et al.* [6] y Malik *et al.* [7].

Fitzpatrick *et al.* [4] evaluaron Woebot, un chatbot basado en herramientas de Terapia Cognitivo Conductual (TCC) desarrollado en Stanford, con 70 jóvenes que completaron los siguientes instrumentos: el PHQ-9 (depresión) y el GAD-7 (ansiedad). Tras dos semanas, quienes usaron el chatbot mostraron una reducción significativa en depresión, mientras que el grupo control no presentó mejoras; en ambos grupos disminuyó la ansiedad. Resultados similares fueron reportados por Mehta *et al.* [6] al evaluar al chatbot Youper con 5,943 usuarios durante 30 días, encontrando una reducción significativa en ansiedad en las primeras dos semanas. Finalmente, investigadores de Dartmouth analizaron al chatbot Therabot en un ensayo clínico con 106 participantes y observaron reducciones del 51% en depresión, 31% en ansiedad y 19% en preocupaciones sobre imagen corporal y peso, superando al grupo control. Aunque aún requiere supervisión clínica, el estudio resalta el alto potencial de estos chatbots para ofrecer apoyo inmediato a personas sin acceso regular a servicios de salud mental [8].

A pesar de que los estudios muestran resultados positivos, los chatbots presentan limitaciones importantes. La participación limitada de profesionales de la salud mental en su diseño puede generar omisiones clínicas [9], y su incapacidad para captar lenguaje no verbal o transmitir empatía como un profesional humano afecta la adherencia y la efectividad [4]. Aun así, la evidencia respalda su utilidad como herramientas complementarias: no buscan

reemplazar al psicólogo, sino ofrecer disponibilidad continua y apoyo oportuno [7]. Su valor aumenta ante barreras de acceso a la atención en salud mental, como listas de espera, costos elevados, dificultades de transporte, preferencia por la autoayuda y estigma [10].

La falta de acceso oportuno a servicios de salud mental puede tener consecuencias graves, especialmente en situaciones de crisis [6]. Una crisis implica una fuerte desorganización emocional y la incapacidad de recurrir a los mecanismos habituales de afrontamiento [11]. En este contexto, los chatbots se convierten en un recurso valioso que complementa la labor del psicólogo al ofrecer apoyo inmediato, accesible y de bajo costo cuando no es posible recibir atención profesional de forma directa. Bajo esta premisa, surgió Mar, un chatbot diseñado para brindar Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) de manera continua, disponible las 24 horas del día y los 365 días del año.

Los Primeros Auxilios Psicológicos (PAP) son una intervención temprana que se aplica en las primeras horas después de una crisis para brindar información, consuelo, apoyo emocional y apoyo instrumental. Su objetivo principal es facilitar el restablecimiento inicial y ofrecer herramientas que ayuden a afrontar la situación [12].

Los PAP ofrecen múltiples beneficios: pueden aplicarse en intervenciones breves de minutos u horas y brindar una respuesta inmediata y efectiva [13]. También pueden implementarse de manera remota, lo que aumenta su flexibilidad y facilita el acceso en distintos contextos [14]. Esta versatilidad permite que las personas reciban contención en el mismo momento y lugar del evento, sin necesidad de esperar horas o días para obtener apoyo [11]. Además, no se limitan a profesionales de la salud mental: bomberos, policías, personal de enfermería y otras personas pueden aplicarlos siempre que cuenten con la capacitación adecuada [11]. Everly y Flynn demostraron que tanto personal de salud pública como equipos de emergencia pueden ser entrenados para brindar PAP de forma efectiva [15]. En esta línea, cualquier persona puede ofrecer esta intervención, siempre que tenga formación en escucha activa, contención emocional, evaluación y priorización de necesidades, técnicas básicas de regulación emocional y criterios para reconocer límites y derivar cuando sea necesario [11].

Es importante aclarar que los PAP no constituyen psicoterapia, ya que no implican una evaluación formal, un diagnóstico ni una planificación terapéutica. Se basan en investigación científica y emplean técnicas validadas, incluyendo estrategias derivadas de la Terapia

Cognitivo-Conductual, como la respiración diafragmática y el grounding [16,17]. Más que una intervención completa, los PAP representan una respuesta temprana cuyo propósito es brindar contención inicial, sin sustituir la atención terapéutica posterior [12].

Los accidentes de tránsito son un escenario donde los PAP resultan especialmente útiles, incluso mediante herramientas digitales como los chatbots. Constituyen uno de los eventos traumáticos más frecuentes: en México, ocurren cerca de mil accidentes diarios, lo que sitúa al país en el séptimo lugar mundial y el tercero en Latinoamérica en muertes por esta causa [18]. Además de las secuelas físicas, estos eventos pueden generar trastornos de pánico, estrés agudo o postraumático, depresión, alteraciones del sueño y dificultades cognitivas [19]. Sin embargo, la atención psicológica suele quedar relegada frente a la atención médica.

En este contexto, el chatbot Mar se propone como una herramienta de apoyo inmediato y accesible para situaciones de crisis. Su función es brindar contención y canalización en distintos momentos y entornos, con el objetivo de favorecer el restablecimiento emocional de la persona usuaria y facilitar el contacto con servicios de emergencia cuando sea necesario.

Diseño del chatbot *Mar*

El diseño del chatbot *Mar* se basó en investigación documental sobre crisis, PAP y chatbots, tomando como eje el Manual ABCDE, uno de los pocos protocolos de PAP con respaldo científico. Este manual fue evaluado por CIGIDEN y la Pontificia Universidad Católica de Chile, mostrando que las personas que recibieron PAP, según sus pautas, presentaron menos síntomas de TEPT, menos licencias médicas y menor consumo de sustancias [13]. Posteriormente, Figueroa *et al.* reevaluaron el protocolo en personas con trauma reciente y encontraron mayor alivio inmediato y menos síntomas de TEPT un mes después [12]. Aunque no previene el desarrollo de TEPT, sí reduce la intensidad de los síntomas a corto plazo, razón por la cual se utilizó como base de la intervención.

Asimismo, para superar limitaciones presentes en otros chatbots, *Mar* incorporó técnicas de entrevista motivacional para mejorar la empatía y la adherencia, además del uso

de emojis positivos (😊, ❤️, 😊, ❤️, 😊) para favorecer una comunicación cercana [20]. También se diseñó con la imagen de un perro golden retriever/labrador, razas asociadas a intervenciones terapéuticas, con el fin de fortalecer la adherencia, aunque este aspecto requiere mayor validación, Fig. 1.

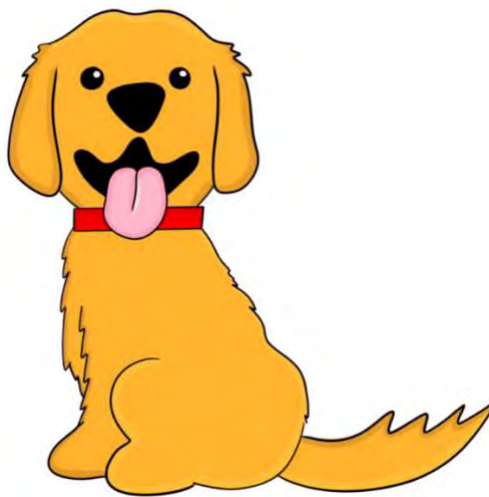


Fig. 1. Imagen del personaje Mar.

Estructura conversacional chatbot *Mar*

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de estas etapas de los PAP brindados por el chatbot *Mar* según el Manual ABCDE.

Escucha activa. El chatbot brinda un espacio seguro donde la persona usuaria decide libremente si desea expresar cómo se siente. Para iniciar, le pregunta directamente si desea compartir cómo se siente, qué pasó o en qué está pensando. Si elige hacerlo, puede escribir con libertad y con el nivel de detalle que desee. En caso de que la persona usuaria decida no compartir, el chatbot continúa con el siguiente paso. El chatbot no interrumpe ni presiona, respeta las pausas y garantiza la confidencialidad, recordándole que es un agente virtual y que nadie más leerá lo que escriba. Cuando la persona usuaria termina de redactar su mensaje, el chatbot agradece lo compartido mediante un mensaje empático y comprensivo, reforzando la sensación de apoyo y validando su experiencia emocional: “*Gracias por*

compartir esto conmigo ❤️. Recuerda que estamos junt@s en esto. Espero poder brindarte herramientas y estrategias que te sean de utilidad 😊."

Ejercicio de reentrenamiento de la respiración. En este paso, el chatbot explica que, tras un accidente de tránsito, es común experimentar malestar, confusión, palpitaciones o dificultad para respirar, y propone trabajar juntos para disminuir estos síntomas mediante un ejercicio de respiración. Antes de comenzar, pregunta a la persona usuaria si desea realizarlo y respeta plenamente su decisión. Para facilitar la práctica de este ejercicio, se elaboró un video de aproximadamente cinco minutos, inspirado en la técnica descrita en el Manual ABCDE [21] y en el material demostrativo de la Facultad de Medicina UC [22]. El chatbot ofrece primero una explicación sencilla sobre el propósito del ejercicio y el ritmo recomendado de respiración en cuatro tiempos (inhalar, retener y exhalar). Luego, el personaje Mar realiza una breve demostración y guía a la persona usuaria para que practique la técnica a su propio ritmo, marcando los tiempos de manera acompañada y contenida. Al finalizar, el chatbot agradece a la persona por realizar el ejercicio y le recuerda que puede practicarlo en cualquier momento en que experimente malestar.

Grounding. El chatbot emplea la técnica "5-4-3-2-1" para ayudar a la persona usuaria a enfocarse en el momento presente y disminuir pensamientos negativos. Dado que esta técnica puede intensificar el malestar si la persona aún está en el lugar del incidente, sólo se recomienda realizarla en un entorno seguro, procurando dirigir la atención hacia estímulos agradables. Si la persona acepta, se le pide identificar cinco cosas que pueda ver, cuatro que pueda sentir, tres que pueda oír, dos que pueda oler y una que pueda saborear [23]. Una vez completado el ejercicio, Mar le recuerda a la persona usuaria que puede utilizar esta técnica siempre que lo necesite para recuperar calma y orientación.

Categorización de necesidades. Según el Manual ABCDE, este paso busca ayudar a la persona usuaria a identificar sus necesidades más urgentes después del incidente. El chatbot Mar la guía para distinguir entre necesidades inmediatas, como contactar a un familiar o recibir atención médica, y necesidades que pueden esperar, como reparar el automóvil. Mar pregunta de forma directa si existe alguna necesidad urgente y, si la persona menciona más de una, la acompaña a ordenarlas según su nivel de urgencia, comenzando por aquellas relacionadas con la salud física y emocional. También sugiere recurrir a servicios de emergencia o redes de apoyo cuando sea necesario. En ningún momento le dice a la persona

usuaria qué debe hacer ni toma decisiones por ella; su función es acompañar y ayudar a clarificar, no dirigir.

Directorio. Este paso busca facilitar la derivación a servicios de emergencia y promover el contacto con seres queridos, dada la importancia del apoyo social en una crisis. El chatbot Mar pregunta a la persona usuaria si desea comunicarse con alguien cercano para recibir contención emocional y, además, proporciona un directorio confiable con seis contactos: tres de emergencia (911, Locatel y CAPUFE) y tres de atención psicológica (Consejo Ciudadano, Línea de la Vida y el Programa de Atención Psicológica a Distancia de la UNAM). El directorio se presenta como una imagen descargable con enlaces activos y también está disponible en el menú inicial del chatbot para acceso inmediato. Todos los números fueron verificados rigurosamente para asegurar su eficacia en situaciones de emergencia.

Psicoeducación. Antes de concluir, el chatbot Mar ofrece información clara sobre reacciones comunes tras un evento traumático, con el fin de que la persona usuaria comprenda sus síntomas, sepa qué puede esperar y pueda identificar cuándo es necesario buscar ayuda de emergencia. Esta información, presentada en imágenes descargables, abarca síntomas emocionales, físicos, cognitivos e interpersonales. También se sugieren estrategias de autocuidado, como mantener rutinas, dormir bien, practicar el ejercicio de respiración, convivir con seres queridos, realizar actividad física y evitar alcohol o drogas. Finalmente, se describen señales de alerta, como la persistencia o el incremento de los síntomas, la dificultad para cuidarse, la desconexión emocional o la presencia de pensamientos de autolesión, y se invita a la persona usuaria a acudir al directorio de contactos o al portal Mi Salud¹.

¹ Disponible en sitio: <https://misalud.unam.mx/> (visitado en septiembre, 2025).

Cierre de la conversación. El chatbot Mar procura mantener una interacción cálida y empática durante toda la intervención. Al finalizar, agradece a la persona usuaria por la conversación y le recuerda que puede regresar en cualquier momento que lo necesite.

Implementación del chatbot

Para implementar el chatbot, se utilizó una plataforma desarrollada *in house*, diseñada para crear agentes híbridos que siguen un guion conversacional correspondiente a la intervención de Primeros Auxilios Psicológicos, mientras integra mecanismos de inteligencia artificial que enriquecen la interacción y permiten detectar la intención de las personas usuarias. La plataforma ofrece una interfaz web típica de chatbot, (Fig. 2.), donde se muestra el historial de la conversación, el turno más reciente y un campo para introducir mensajes. Su desarrollo se basa en las librerías FastAPI para la interfaz web, WebSocket para establecer el canal de comunicación dedicado a la conversación y Transformers para el modelado e identificación de la intención de la persona usuaria. Actualmente, para proteger la privacidad, la plataforma no almacena ninguna información de las personas usuarias.



Fig. 2. Interfaz del chatbot Mar.

Evaluación del chatbot *Mar*

Una vez finalizados el diseño y la construcción, se evaluó el chatbot *Mar* para verificar que cumpliera sus objetivos, ofreciera un servicio de calidad y mejorara continuamente su desempeño. Esta evaluación es esencial para garantizar una experiencia positiva y asegurar su efectividad en el contexto de uso.

Para esta evaluación, se planteó un enfoque cuantitativo y cualitativo. Para la evaluación cuantitativa, se elaboró un cuestionario compuesto por trece preguntas en escala Likert, dirigidas a valorar la capacidad del chatbot para brindar Primeros Auxilios Psicológicos y su funcionamiento técnico. En esta escala, 1 correspondía a “no cumple” y 4 a “cumple completamente”. Para la evaluación cualitativa, se incluyó una pregunta abierta destinada a recopilar observaciones y comentarios adicionales de las personas evaluadoras.

El cuestionario se estructuró en dos categorías. La primera se centró en la implementación de los PAP, donde se evaluó la empatía y sensibilidad del chatbot, la efectividad de las técnicas de relajación (reentrenamiento de la respiración y grounding), la utilidad de la categorización de necesidades, la calidad de la información del directorio y de la psicoeducación, así como el impacto de la imagen de Mar en la adherencia a la intervención. La segunda categoría abordó la experiencia general de uso, considerando la facilidad de interacción, la pertinencia de las respuestas, el efecto de los emojis en la empatía, la calidad de los materiales didácticos (video e imágenes descargables) y la disposición de los usuarios a recomendar la herramienta.

La evaluación del chatbot *Mar* contó con un panel de doce especialistas, seis en psicología y seis en tecnología. Para el grupo de psicología, se incluyó a profesionales con licenciatura en Psicología, experiencia en psicoterapia y formación en Primeros Auxilios Psicológicos. Para el grupo de tecnología, se seleccionó a personas con estudios en ingeniería, programación, informática o áreas afines, con experiencia en implementación tecnológica y conocimientos en inteligencia artificial. Además, se realizó una prueba piloto con seis personas voluntarias que habían experimentado previamente un estado de crisis. La evaluación se llevó a cabo en una única sesión de 20 a 30 minutos, durante la cual interactuaron con el chatbot y respondieron el cuestionario diseñado para este fin.

Análisis e Interpretación de los Resultados

Los resultados del cuestionario arrojaron un promedio general de 3.6 sobre 4, lo que sugiere una valoración positiva tanto de la funcionalidad del chatbot como de la implementación de los PAP. Este resultado, cercano al máximo, muestra una buena aceptación, aunque señala la necesidad de optimizar algunos aspectos antes de una implementación a gran escala. Los resultados se presentan en la Tabla I.

Tabla I

Resultados de la evaluación del chatbot Mar (medias por grupo y categoría)

Indicador	Psicología	Tecnología	Prueba piloto
Categoría A – Eficacia Primeros Auxilios Psicológicos			
Empatía y sensibilidad	3.33	3.50	3.83
Técnicas de relajación	3.50	3.83	3.50
Respiración	3.83	3.50	3.83
Categorización de necesidades	3.00	3.50	3.67
Directorio	3.83	3.67	3.83
Psicoeducación	3.67	3.50	4.00
Imagen del personaje Mar	3.67	3.67	4.00
Categoría B – Funcionamiento			
Claridad de instrucciones	3.83	3.83	4.00
Facilidad de uso	3.83	3.50	3.50

Respuestas pertinentes	3.33	3.50	3.67
Uso de emojis	3.67	3.50	3.67
Material didáctico	3.67	3.67	3.83
Recomendación	3.67	3.17	3.67

Dentro de la categoría A, se observa un consenso entre las personas expertas en psicología, las expertas en tecnología y las personas voluntarias de la prueba piloto al señalar como fortalezas la derivación a través del directorio y la imagen del personaje *Mar*. En cuanto a las áreas de oportunidad, cada grupo destacó aspectos distintos según su enfoque. Las personas expertas en psicología subrayaron la necesidad de mejorar la categorización de necesidades; las personas voluntarias consideraron que las técnicas de relajación (el reentrenamiento de la respiración y el *grounding*), podían fortalecerse; y las personas expertas en tecnología enfatizaron la importancia de perfeccionar específicamente el ejercicio de reentrenamiento de la respiración. Esta observación se detalló en las sugerencias, donde se propuso añadir subtítulos al video para hacerlo accesible a quienes no puedan escuchar el audio.

En la categoría B, también presentada en la Tabla I, las personas expertas en psicología, las expertas en tecnología y quienes participaron en la prueba piloto coincidieron en que las principales fortalezas del chatbot fueron la claridad de las instrucciones y la calidad del material didáctico, incluyendo el video y las imágenes descargables del directorio y de la psicoeducación. Sin embargo, surgieron diferencias respecto a las áreas de mejora. Para las personas expertas en psicología, las respuestas pertinentes fueron identificadas como un aspecto a perfeccionar. En el caso de las personas expertas en tecnología, se observó variabilidad en la intención de recomendación, aunque señalaron que, si se corrigen detalles técnicos como los colores empleados o la velocidad de los mensajes, recomendarían el chatbot por considerarlo efectivo. Por su parte, para las personas participantes de la prueba piloto, el área de oportunidad más evidente fue la facilidad de interacción.

En conjunto, estas diferencias muestran que cada grupo evaluador puso la atención en aspectos particulares del chatbot, lo que enriquece la retroalimentación al ofrecer perspectivas complementarias.

El análisis de la pregunta abierta aportó información cualitativa valiosa: el chatbot Mar fue percibido como una herramienta innovadora, útil para restablecerse tras una crisis y brindar apoyo emocional. Las y los evaluadores destacaron la empatía del personaje Mar y la calidad del material didáctico, especialmente el video de reentrenamiento de la respiración. Entre las sugerencias de mejora, señalaron incorporar botones de respuesta, añadir subtítulos al video, ajustar la velocidad de los mensajes y perfeccionar la categorización de necesidades. Estas áreas deberán trabajarse en futuras versiones.

Estos hallazgos sugieren que Mar constituye una base prometedora para el diseño de intervenciones digitales en crisis, cuyo perfeccionamiento requerirá pruebas con muestras más amplias y en contextos reales de emergencia.

Los resultados coinciden con investigaciones previas sobre chatbots en salud mental, como las de Fitzpatrick et al. [4], Inkster et al. [5], Mehta et al. [6] y Malik et al. [7], que reconocen limitaciones, pero también destacan su utilidad como herramientas de apoyo alternativo e innovador en la atención psicológica. No obstante, es importante señalar los riesgos: estudios recientes advierten que los chatbots pueden fallar en adaptarse al contexto, generar respuestas inapropiadas y no brindar la atención necesaria a personas en alta vulnerabilidad emocional, lo que podría agravar su malestar [24]. Por ello, aunque Mar representa una propuesta prometedora para la atención inmediata tras accidentes de tránsito, su uso debe formar parte de una estrategia más amplia de atención en salud mental, con supervisión, derivación y validación continua.

Conclusión

El presente trabajo expuso al chatbot *Mar*, una herramienta para la atención inmediata de crisis por accidentes de tránsito, dentro del campo de la salud mental, el cual históricamente ha mostrado resistencia a incorporar tecnologías. En situaciones donde la atención debe ser inmediata, los chatbots pueden convertirse en un recurso valioso al ofrecer PAP de manera

oportuna. No buscan sustituir al psicólogo, sino cubrir un espacio crítico en el que los profesionales de la salud mental no siempre están disponibles. Gracias a su diseño, *Mar* potencialmente puede brindar apoyo las 24 horas del día y los 365 días del año, acompañando a la persona usuaria sin importar dónde se encuentre.

Aunque el chatbot aún está en proceso de validación, *Mar* fue bien recibido por profesionales de la psicología y la tecnología, lo que sugiere que podría convertirse en una herramienta accesible e innovadora para brindar apoyo inmediato en crisis, siempre que continúe su validación y adaptación. Su desarrollo fue liderado por una estudiante en proceso de titulación de Psicología y supervisado por dos catedráticos e investigadores de la UNAM: una profesora de la Facultad de Psicología y un profesor de la Facultad de Ingeniería, además de contar con la colaboración de un estudiante de servicio social de Ingeniería. Esto lo distingue de otros proyectos, que suelen involucrar únicamente a expertos en tecnología. Asimismo, mientras que la mayoría de los chatbots en salud mental se enfocan en depresión o ansiedad desde un enfoque cognitivo-conductual, *Mar* coloca en el centro la intervención en crisis mediante PAP y se dirige a un nicho muy específico: los accidentes de tránsito.

Este proyecto demuestra que la combinación entre intervención en crisis, protocolos de PAP e IA puede llegar a generar herramientas innovadoras de apoyo psicológico inmediato, aportando tanto al ámbito académico como a la práctica clínica. El trabajo no concluye aquí: se busca ampliar la validación del chatbot, perfeccionar las áreas de oportunidad y evaluarlo en otros escenarios.

Finalmente, es esencial comprender la IA como un posible aliado de la psicología. Su impacto dependerá del uso y orientación que se le dé, pudiendo convertirse en un recurso estratégico para ampliar el alcance del apoyo psicológico en distintos contextos y momentos.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, *A nivel mundial, el personal sanitario y los fondos destinados a la salud mental siguen siendo escasos*, 14 jul. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/14-07-2015-global-health-workforce-finance-remain-low-for-mental-health>. Accedido: 23 nov. 2025.

- [2] F. Siebert, *Salud mental digital y pandemia: el cambio tecnológico que llegó para quedarse*, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 29 nov. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://portaluchile.uchile.cl/noticias/182198/salud-mental-digital-y-pandemia-la-tecnologia-llego-para-quedarse>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [3] P. Frazier, D. Richards, J. Mooney, S. Hofmann, D. Beidel, P. Palmieri, *et al.*, "Acceptability and proof of concept of internet-delivered treatment for depression, anxiety, and stress in university students: protocol for an open feasibility trial," *Pilot Feasibility Stud.*, vol. 2, n.º 1, p. 28, 2016.
- [4] K. Fitzpatrick, A. Darcy y M. Vierhile, "Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): a randomized controlled trial," *JMIR Ment. Health*, vol. 4, n.º 2, e19, 2017.
- [5] B. Inkster, S. Sarda y V. Subramanian, "An empathy-driven, conversational artificial intelligence agent (Wysa) for digital mental well-being: real-world data evaluation mixed-methods study," *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 6, n.º 11, e12106, 2018.
- [6] A. Mehta, A. Niles, J. Vargas, T. Marafon, D. Couto y J. Gross, "Acceptability and effectiveness of artificial intelligence therapy for anxiety and depression (Youper): longitudinal observational study," *J. Med. Internet Res.*, vol. 23, n.º 6, e26771, 2021.
- [7] T. Malik, A. Ambrose y C. Sinha, "Evaluating user feedback for an artificial intelligence-enabled, cognitive behavioral therapy-based mental health app (Wysa): qualitative thematic analysis," *JMIR Hum. Factors*, vol. 9, n.º 2, e35668, 2022.
- [8] M. Kelly, "First therapy chatbot trial yields mental health benefits," *Dartmouth News*, 27 mar. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://home.dartmouth.edu/news/2025/03/first-therapy-chatbot-trial-yields-mental-health-benefits>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [9] M. Romero, C. Casadevante y H. Montoro, "Cómo construir un psicólogo-chatbot," *Papeles del Psicólogo*, vol. 41, n.º 1, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2020.2920>. Accedido: 23 nov. 2025.

- [10] A. Wasil, K. Venturo-Conerly, R. Shingleton y J. Weisz, "A review of popular smartphone apps for depression and anxiety: assessing the inclusion of evidence-based content," *Behav. Res. Ther.*, vol. 123, 2019, art. 103498. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.brat.2019.103498>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [11] K. Slaikeu, *Crisis Intervention: A Handbook for Practice and Research*, 2.^a ed. Boston: Allyn and Bacon, 1990.
- [12] R. Figueroa, P. Cortés, H. Marín, A. Vergés, R. Gillibrand y P. Repetto, "The ABCDE psychological first aid intervention decreases early PTSD symptoms but does not prevent it: results of a randomized-controlled trial," *Eur. J. Psychotraumatol.*, vol. 13, n.º 1, art. 2031829, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/20008198.2022.2031829>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [13] Pontificia Universidad Católica de Chile, *Expertos UC crean primer manual de primeros auxilios psicológicos tras comprobar su efectividad en 388 pacientes*, 25 jul. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.uc.cl/noticias/expertos-uc-crean-primer-manual-de-primeros-auxilios-psicologicos-tras-comprobar-su-efectividad-en-388-pacientes/>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [14] P. Córdón, R. Fernández, S. Muñoz y A. L. De León, *Manual de primeros auxilios psicológicos: adaptado a contexto de pandemia COVID-19 y aplicación remota*, Neuma, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://pavlov.psyciencia.com/2020/07/manual-pap.pdf>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [15] G. S. Everly y B. W. Flynn, "Principles and practical procedures for acute psychological first aid training for personnel without mental health experience," *Int. J. Emerg. Ment. Health*, vol. 8, n.º 2, pp. 89–97, 2006.
- [16] M. Muñoz, B. Ausín y E. Pérez, "Primeros auxilios psicológicos: protocolo ACERCARSE," *Psicología Conductual*, vol. 15, n.º 3, pp. 479–505, 2007. [En línea]. Disponible en: https://www.behavioralpsycho.com/wp-content/uploads/2020/04/10.Mu%C3%B1oz_15-3oa.pdf. Accedido: 23 nov. 2025.

- [17] Ministerio de Salud del Perú, *Guía técnica de primeros auxilios psicológicos*, Ministerio de Salud del Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/5104.pdf>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [18] Caminos y Puentes Federales, *Juventudes y accidentes viales*, Gobierno de México, 21 sep. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/capufe/articulos/juventudes-y-accidentes-viales>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [19] G. Campos, "Patologías mentales derivadas de los accidentes de tránsito," *Rev. Med. Leg. Costa Rica*, vol. 25, n.º 2, pp. 27–34, 2008.
- [20] Y. Cerón, *Análisis del significado de los emojis usados por mexicanos en discusiones polarizadas de Twitter*, Univ. Veracruzana, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.uv.mx/eeo/files/2021/05/Analisis-del-significado-de-los-emojis-usados-por-mexicanos-en-discusiones-polarizadas-de-Twitter.pdf>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [21] P. Cortés y R. Figueroa, *Manual ABCDE para la aplicación de primeros auxilios psicológicos en crisis individuales y colectivas*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Medicina, Departamento de Psiquiatría; Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN), Santiago de Chile, 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.preventionweb.net/files/59897_auxiliar.pdf. Accedido: 23 nov. 2025.
- [22] Facultad de Medicina UC, "Primeros auxilios psicológicos: Paso B o reentrenamiento de la ventilación," *YouTube*, video, 1 feb. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=PUeoOGeClmc>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [23] Therapist Aid LLC, *Técnicas para poner los pies sobre la tierra: Grounding techniques worksheet*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.therapistaid.com/therapy-worksheet/grounding-techniques>. Accedido: 23 nov. 2025.
- [24] L. Hipgrave, J. Goldie, S. Dennis y A. Coleman, "Balancing risks and benefits: clinicians' perspectives on the use of generative-AI chatbots in mental healthcare," *Front. Digit.*

Health, vol. 7, art. 1606291, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1606291>. Accedido: 23 nov. 2025.



Desarrollo de un Software para Administración de Empaques de Aguacate SIAEA

Jorge Alberto Lázaró Méndez

Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes,
Michoacán, México.

ORCID: 0009-0000-6569-9965

José Rebrindanard Rubalcava López

Instituto Tecnológico Superior de P'urhépecha, Cherán,
Michoacán, México.

ORCID: 0009-0009-7453-9248

Roberto Loeza Valerio

Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, Uruapan,
Michoacán, México.

ORCID: 0009-0000-8049-4677

Susana Alejandra López Jiménez

Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes,
Michoacán, México.

ORCID: 0009-0004-7187-3367

Recepción: 29 de agosto de 2025.

Aceptación: 27 de octubre de 2025.

Diciembre 2025 • número de revista 14 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2025.14.109>

Desarrollo de un Software para Administración de Empaques de Aguacate SIAEA

Resumen

Se presenta el resultado de un desarrollo tecnológico que vincula las empresas empacadoras de aguacate de los municipios de Peribán y Tancítaro con el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes en el estado de Michoacán, México. La investigación aborda la necesidad de mejorar la gestión administrativa y operativa en los empaques de aguacate, un sector fundamental en la economía agrícola. A pesar del gran crecimiento de la industria del aguacate, la mayor parte de las empresas continúan utilizando métodos tradicionales, como registros manuales y hojas de cálculo, lo que limita su eficiencia y capacidad de respuesta. El planteamiento del problema revela que la falta de un sistema de gestión integral propicia errores de captura e impide la toma de decisiones informadas, afectando la rentabilidad de estas empresas. En el desarrollo del sistema, participaron alumnos de residencia profesional y de servicio social, se emplearon métodos de desarrollo ágil y técnicas de programación en Visual Studio con C# para el software base, Xamarin para la aplicación para dispositivos móviles y MySQL como sistema de gestión de bases de datos. Se diseñaron e implementaron soluciones que integran las operaciones administrativas, con una estructura funcional que permite supervisar el proceso del empaque y ha permitido rastrear las diferencias de fruta entre la recepción y el entarimando del aguacate, verificando que la pérdida sea menor al 3% (reducción esperada por condiciones naturales de deshidratación y manejo). Los resultados iniciales presentan que la implementación del sistema propuesto está mejorando la eficiencia operativa y un acceso rápido a datos para la toma de decisiones. Con la finalidad de evaluar de manera objetiva el impacto del sistema, comprobar su factibilidad y evaluar los beneficios, se realiza un análisis comparativo antes y después de su implementación, así como un análisis de impacto en la toma de decisiones.

Palabras Clave: Programación en C#, Programación en Xamarin, Transferencia de Tecnología, Enseñanza Superior, Software en la Agricultura.

Software Development for Avocado Packhouse Management SIAEA

Abstract

This study presents the results of a technological development that links the avocado packing companies from Peribán and Tancítaro with the Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes in Michoacán, Mexico. The research addresses the improvement of administrative and operational management within avocado packing companies, a sector of critical importance to the agricultural economy. Although the avocado industry has experienced significant growth, most packing companies continue to employ traditional practices such as manual record-keeping and the use of spreadsheets, which limit their efficiency and responsiveness. The problem identified lies in the absence of an integrated management system, which adversely impacts decision-making processes and consequently reduces efficiency, profitability, and sustainability within the sector. In response to this issue, resident students of the institute developed a software solution employing agile development methodologies. The system was implemented using the C# programming language for desktop applications, Xamarin for mobile development, and the MySQL database engine for data management. Solutions were designed and implemented to integrate administrative operations, into a functional structure that allows supervising the packaging process and has made it possible to track the differences in fruit between the reception and the avocado pallet, verifying that the loss is less than 3% (expected reduction due to natural dehydration and handling conditions). Initial findings demonstrate notable improvements in resource management and the timely access to critical information to support decision-making. This work includes a comprehensive evaluation of the system to determine its benefits, impact, and performance through comparative analysis conducted before and after its deployment.

Keywords: Programming in C#, Programming in Xamarin, Technology Transfer, Higher Education, Software in Agriculture.

Introducción

En México, la industria del aguacate ha tenido un gran crecimiento, “como resultado principalmente del incremento de la superficie destinada a este cultivo, así como de los rendimientos promedio por hectárea cosechada, la producción de aguacate en México creció a una tasa promedio anual de 7.3% entre 2013 y 2023. Así, se ubicó en un volumen máximo histórico de 2.97 millones de toneladas (mdt), lo que significó un incremento de 17.0% con respecto a la cosecha obtenida en 2022” [1]. En el año 2016, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) censó 293 empacadoras de aguacate en Michoacán, 43 con infraestructura y certificaciones para exportar (macro empresas), 93 para mercado nacional (medianas empresas) y 157 para el acopio (micro empresas) [2]. Las macro empresas cuentan con departamentos de Sistemas e infraestructura de punta (visión artificial y *machine learning*) como el Multiscan Technologies MVS2020™ [3]. Las micro y medianas empresas enfrentan serios problemas en la gestión de sus operaciones, ya que dependen de métodos tradicionales, como realizar anotaciones en cuadernillos o libretas y posteriormente capturar esta información en hojas de cálculo. Este esquema limita su eficiencia y les presenta varios problemas, entre ellos, la diferencia entre el peso de la fruta adquirida y la entarimada superior al 3% que se da por el manejo y deshidratación en el proceso de empaque. Se presenta un desarrollo tecnológico que tiene como producto final un software desarrollado para resolver la problemática detectada en las micro y medianas empresas, un sistema de gestión integral que permita enlazar los procesos internos minimizando los errores, mejorar la toma de decisiones, reducir las pérdidas (al rastrear la diferencia de fruta), manejar de una forma adecuada los procesos internos y evitar la pérdida de información.

El objetivo principal fue desarrollar un Sistema Integral de Administración que facilite la gestión eficiente de las operaciones en los empaques de aguacate. En este sistema, se diseñaron y desarrollaron una aplicación móvil para la recolección de información en tiempo real y un software base que integra las operaciones administrativas y de producción, así como los reportes necesarios para una mejor toma de decisiones; se hace uso de tecnologías Visual Studio, C#, Xamarin y MySQL. En la primera etapa, los resultados iniciales evidencian una mejora en la eficiencia operativa, una reducción de costos y un aumento de la productividad; en una segunda etapa, con la finalidad de evaluar de manera objetiva el

impacto del sistema, comprobar su factibilidad y evaluar los beneficios, se realizará un análisis comparativo *Before-After* y un análisis de impacto en la toma de decisiones.

Este desarrollo tecnológico no sólo buscó beneficiar a las empresas involucradas, sino también contribuir al desarrollo económico de la región y fomentar prácticas sostenibles en el sector agrícola.

Desarrollo

Este proceso se realizó en dos fases. En la primera, se trabajó con un empaque de aguacate para obtener un sistema base; en la segunda fase, dicho sistema funcional se probó en otras dos empresas del mismo ramo para recopilar observaciones y realizar un sistema base estándar que pueda ser usado en las micro y medianas empresas empacadoras de aguacate. Con la finalidad de evaluar de manera objetiva el impacto del sistema, comprobar su factibilidad y evaluar los beneficios, una vez implementado en la próxima temporada de cosecha 2025-2026, se realizará una tercera fase con un análisis comparativo *Before-After* y un análisis de impacto en la toma de decisiones.

El análisis de requerimientos se realizó mediante entrevistas directas en el empaque base. Posteriormente, se implementaron *sprints* para el diseño de la arquitectura del sistema, funciones principales y desarrollo de software. Una vez desarrollado el sistema, se realizaron las pruebas finales y evaluación de resultados. A continuación, se describen estas etapas:

Análisis de requerimientos

Se inició con la visita a una empresa empacadora de aguacate en el municipio de Periban en el estado de Michoacán de Ocampo en México. En una primera instancia, se realizó una entrevista con el gerente del empaque, el cual describió el proceso de la empresa: inicia con la recepción y compra de la fruta a los productores; posteriormente, la fruta se separa en calidades; en un tercer paso, se arman tarimas de cada calidad; estas tarimas se meten a un cuarto de frío para mantener la fruta en condiciones óptimas; como punto final, éstas se envían en camiones propios o rentados a los compradores. El entrevistado indicó un

problema fundamental en este tipo de empresas: existe una pérdida de producto en el proceso, pues se tiene una diferencia sustancial entre el aguacate que se compra y su correspondiente que se vende, la cual oscila entre el 1% y el 3% de manera natural por la deshidratación y el manejo de la fruta; sin embargo, se han detectado valores de hasta el 11%. Con los datos actuales, es complicado encontrar en qué etapa del proceso se da la pérdida y esta merma repercute directamente en los costos. Asimismo, el entrevistado comenta que han encontrado errores en la captura de datos e inconsistencia en la información. Posteriormente, mediante una visita guiada, se llevó a cabo la observación directa del proceso en cada una de las secciones del empaque, entrevistando a los trabajadores de las áreas. Con base en estas entrevistas, se encontró la necesidad de controlar el proceso interno de la empresa empackadora, el pago por la fruta y diversos reportes necesarios.

Diseño de la arquitectura del sistema, funciones principales y desarrollo de software

Con base en el levantamiento de información en el empaque, se utilizaron metodologías ágiles para el diseño y desarrollo, se planteó el desarrollo por *sprints*, quedando las tareas: diseño e implementación de la base de datos, desarrollo de los módulos entrada de fruta y separación de calidades, desarrollo de los catálogos del sistema, desarrollo de los módulos armado de tarimas y entrada a frio, desarrollo de los módulos venta de fruta y pagos, desarrollo de aplicación móvil y desarrollo de reportes.

Se seleccionó Visual Studio con C# [4] debido a que se requería un software de uso local amigable y con una curva de aprendizaje baja; se optó por Xamarin [5] para el desarrollo de una aplicación móvil que tuviera el objetivo de levantar información en campo y su posterior descarga en el empaque. Se diseñaron las funciones principales del sistema de escritorio: entrada de fruta, separación de la fruta en calidades, armado de tarimas, entrada a frio de tarimas, venta de fruta al cliente, pagos, reportes, catálogos del sistema (agricultores, calidades, taras, choferes, clientes y camiones) y formularios de apoyo; de igual forma, las funciones de la aplicación móvil: levantamiento de información y reportes.

En una primera fase, se desarrolló un sistema base. Al final de cada *sprint*, se efectuó una revisión con los usuarios para corroborar si el sistema cumplía con las expectativas

planteadas y ajustarlo en caso de ser necesario, obteniendo un sistema que cubría los requerimientos del empaque. Este sistema beta se presentó en otros dos empaques y se pidió que fuera probado, así que se realizó un levantamiento de información con observaciones que cada una de estas empresas indicaron. Considerando la retroalimentación recibida, se realizaron ajustes para obtener un producto estándar en las tres empresas. A continuación, se describe el sistema:

Se inicia con un formulario de acceso al sistema, en el cual se captura el usuario y contraseña. Después del acceso correcto, se presenta la pantalla del menú principal, con un diseño del menú lateral tipo *dashboard*, mostrado en la Fig. 1.

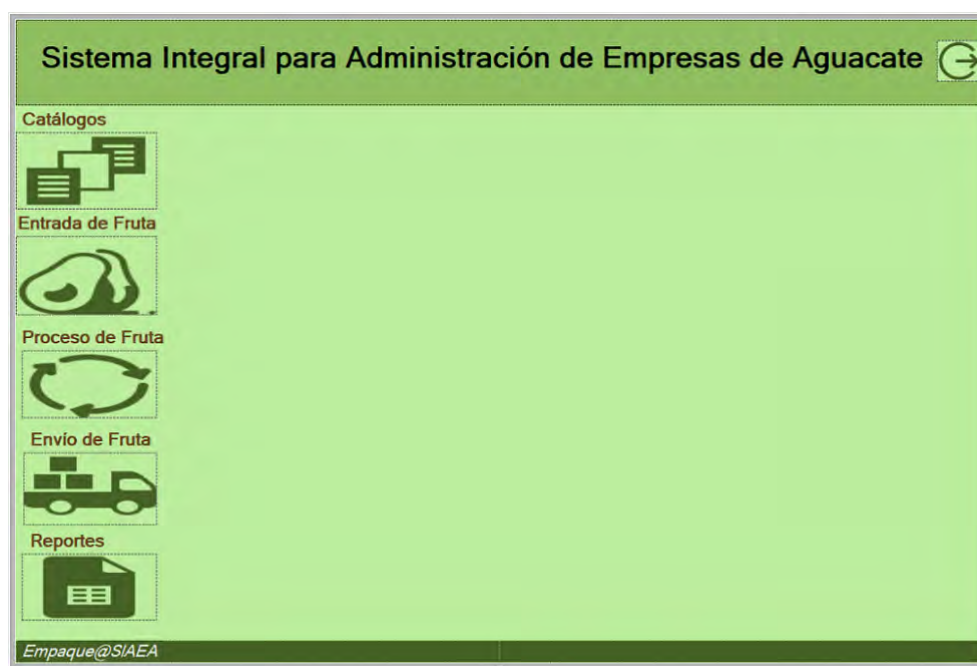


Fig. 1. Pantalla del menú principal con un diseño tipo *dashboard*.

En la opción de catálogos, se accede al menú de los formularios base del sistema. En estos, se realizan las operaciones CRUD (*Create-Crear*, *Read-Leer*, *Update- Actualizar* y *Delete-Eliminar*); a continuación, se describen brevemente:

Agricultores, productores de la fruta (con los campos: clave, nombre, dirección, contacto y teléfono), mostrado en la Fig. 2.

Id	Nombre	Dirección	Telefono	Vigencia	Certificado
----	--------	-----------	----------	----------	-------------

Fig. 2. Pantalla para el manejo CRUD de los agricultores.

Camiones, vehículos en los que se transporta el aguacate para su venta. Choferes, operadores de los vehículos en los que se envía la fruta. Clientes, empresas a las que se vende el aguacate. Tara, recipientes en los que se recibe la fruta que se adquirirá. Calidad, calibres en que se clasifican las calidades del aguacate. En todos estos catálogos base para la operación del sistema, se capturan los datos necesarios y se presenta una tabla de vista rápida en el que se cargan la información guardada en la base de datos.

En la opción “Entrada”, se presenta el formulario para registrar la compra de la fruta, se selecciona el agricultor mostrando sus datos, se captura el total de fruta pesada, se seleccionan las taras y se calculan los pesos, se realiza la resta de fruta pesada menos la sumatoria del peso de las taras y se obtiene la fruta neta.

En la opción “Proceso de fruta”, se presenta el menú para seleccionar separación de fruta, armado de tarimas o entrada a frio. En “Separación de fruta”, se realiza el registro de la separación de la fruta en sus calidades correspondientes, se selecciona una entrada de fruta mostrando al agricultor al que se le adquirió ésta, se selecciona la calidad y se capturan

los kilos de fruta de esta calidad; en caso de separar en varias calidades, éstas se agregan a una tabla que registra cada calidad obtenida de las entradas de fruta. En “Armado de tarimas”, se realiza el registro del armado de las tarimas por calidad de fruta, éstas se arman considerando las separaciones; en caso de que no se complete la tarima con la fruta de un agricultor, se toma de otro y se registra en una tabla la fruta correspondiente a cada uno. En la opción “Entrada a frio”, se realiza el registro de la entrada de fruta de las tarimas armadas, se selecciona la tarima, se captura el valor en grados del frio en el que se encuentra el cuarto y se toma la hora y fecha del sistema. En una tabla, se muestran las tarimas que se encuentran en frio. En “Pagos”, se realiza el registro de los pagos que efectúa el empaque a los productores, se selecciona la entrada pendiente de éstos y se realiza el registro del monto correspondiente. Este pago puede ser por el total o en parcialidad; en caso de ésta última, muestra el monto pagado y el monto por pagar. El formulario se muestra en la Fig. 3.

ID	Entrada	Monto	Fecha
----	---------	-------	-------

Fig. 3. Pantalla para el manejo de pagos.

La siguiente opción corresponde al envío de fruta a los clientes, se captura la clave de envío, se selecciona el cliente mostrando sus datos, se selecciona la calidad de la fruta a vender, se seleccionan las tarimas a enviar, se selecciona si es camión rentado o propio; en

el caso de ser propio, se consulta su información en la base de datos y, en caso de ser rentado, se capturan los datos.

La última opción mostrada es la de reportes, cuenta con las siguientes opciones: “Reporte del proceso”, en donde se presentan los reportes generales de Entradas, Separación, Tarimas, Frio y Salidas; “Reporte de pagos”, en donde se consultan los pagos realizados a los productores, se selecciona la fecha de inicio y la fecha final del reporte. “Reportes Separación”, en donde se muestra la separación de la fruta, se selecciona la fecha de inicio y la fecha final del reporte (Fig. 4). Los datos consultados en cada formulario se pueden exportar a una hoja de cálculo o imprimir directamente.

Fig. 4. Pantalla para procesar el reporte de separación de fruta.

En caso de ser la primera ocasión de acceso al sistema, se presenta el formulario para la captura de los datos de la empresa, en el que se capturan los datos generales y se guarda el logo de la empresa para los reportes impresos.

Para la captura de datos en campo, se realizó una aplicación móvil. En ésta, se realiza el levantamiento de la información en las huertas y, posteriormente, se descargan en el empaque. El funcionamiento de la aplicación móvil se detalla a continuación.

Una vez ejecutada la aplicación, se presenta la pantalla de acceso, el cual incluye un apartado para el nombre de usuario y su contraseña.

Después de haber iniciado, se pueden ingresar los siguientes campos: nombre de empresa, el rancho, la sección y ubicación; asimismo, ofrece la funcionalidad para tomar la foto del cultivo y un botón para guardar en la base (Fig. 5).



Fig. 5. Aplicación móvil para la captura de los datos.

Pruebas y evaluación de resultados

El sistema se implementó en los 3 empaques para probar su funcionamiento, cubriendo las necesidades y requerimientos de cada uno. Se realizaron entrevistas con los administradores de los empaques sobre el impacto del uso del sistema, quienes comentan que se han

reducido los errores de captura, que no se han presentado diferencias mayores al 3% entre la fruta comprada al productor y la suma de fruta entarimada correspondiente a esa compra; también comentan que se agilizó la toma de decisiones al contar con reportes sobre la cantidad de fruta en frío que se tiene para venta y, por último, consideran que llevan un mejor control del proceso al poder rastrear el origen de la fruta que se vende. Con esta información, se podría inferir de manera subjetiva que este proyecto está demostrando que la implementación del proceso automatizado mejora la gestión de las empresas empacadoras de aguacate, conllevando a una reducción de costos y una gestión más eficiente. Esta afirmación, basada solamente en la percepción de los administradores en el tiempo que han usado el sistema, carece del rigor metodológico para demostrar los beneficios e impacto en el uso de éste, para ello, se requieren datos, métricas y su análisis. Se plantea realizar una recolección de datos en la temporada de cosecha 2025-2026 y realizar las pruebas para medir la eficiencia del sistema. A continuación, se describen dichas pruebas:

Se plantea realizar un análisis comparativo *Before-After* para comprobar la factibilidad y evaluar los beneficios: para el *Before*, se tienen los datos históricos de los errores en registro, de las diferencias entre el aguacate comprado, el separado y el que llega al armado de tarimas, de igual manera, se tiene el tiempo necesario en realizar consultas; para el *After*, se propone medir las mismas métricas después de la implementación del sistema. En este proceso *Before-After*, se plantea usar indicadores de rendimiento (KPIs) para medir objetivamente si el sistema cumple con los requisitos. Éstas métricas serían:

- 1) Reducción de Errores: errores de clasificación de calidades (número de errores reportados antes y después de la implementación).
- 2) Errores administrativos (reducción de problemas administrativos, como registros incorrectos o pérdidas de información).
- 3) Tiempo en la toma de decisiones: si el sistema ofrece reportes o paneles de control que agilicen la toma de decisiones. Costos administrativos: cuantificar la reducción de costos operativos gracias a una mejor gestión y automatización.

Usar estos KPIs en las tres empresas proyectará una radiografía de la efectividad del sistema.

En paralelo, como medida de efectividad, se pretende realizar un análisis de impacto en la toma de decisiones, siendo éste uno de los aspectos críticos para validar el sistema desarrollado. A continuación, se presentan los puntos a evaluar en este impacto.

- 1) Acceso a Información en Tiempo Real, métrica clave: tiempo medio entre la necesidad de tomar una decisión y la disponibilidad de la información necesaria; indicador de éxito: si el sistema facilita que se acceda a la información de forma instantánea.
- 2) Mejora en la Coordinación Interdepartamental, métrica clave: tiempos de respuesta interdepartamental y coordinación entre departamentos; indicador de éxito: si el sistema permite que la información sobre inventarios, ventas y compras fluya entre los departamentos y si se pueden tomar decisiones más rápidas.
- 3) Impacto en la Eficiencia General de la Empresa, métrica clave: reducción de tiempos en procesos de toma de decisiones; indicador de éxito: Si el sistema logra que los procesos de toma de decisiones sean más eficientes.

Conclusión

El desarrollo de SIAEA (Sistema Integral para Administración de Empaque de Aguacate) ha abordado la necesidad de modernizar la gestión administrativa de estas empresas, un sector crucial para la economía agrícola. Se propone una solución para la problemática administrativa y de gestión de la información de los empaques a través de la creación de una aplicación móvil y módulos específicos para la gestión de catálogos, operaciones de recepción, proceso (separación, armado de tarimas y entrada a frío) y envío de fruta, así como pagos y reportes, optimizando los procesos internos de los empaques. La integración de tecnologías como Visual Studio, c#, Xamarin y MySQL ha permitido diseñar un sistema que no sólo es funcional, sino también accesible para micro y medianas empresas empacadoras de aguacate, quienes suelen ser los más afectados por la brecha tecnológica.

Los resultados obtenidos mediante entrevistas a los gerentes no son suficientes para demostrar de manera imparcial el impacto del sistema, de manera que, para comprobar de manera objetiva la eficacia del sistema y evaluar los beneficios, se realizará un análisis de impacto en la toma de decisiones y un comparativo *Before-After*.

Se observa la importancia de la capacitación y el acompañamiento a los usuarios del sistema, la implementación de una nueva tecnología no garantiza el éxito, es fundamental que los usuarios se capaciten para utilizar las herramientas de manera efectiva.

Otro aspecto relevante es la necesidad de establecer alianzas estratégicas entre el Sector Productivo y las Instituciones Educativas de nivel Superior. Al trabajar juntos, estas entidades pueden desarrollar soluciones tecnológicas que respondan a las demandas del entorno empresarial. Estas colaboraciones facilitan el acceso a nuevas tecnologías y conocimientos, promoviendo un entorno de innovación constante que beneficie a toda la sociedad.

Financiamiento

El Sistema se elaboró gracias al financiamiento del programa “Fomento y Apoyo a la Investigación para los Programas Educativos del instituto Tecnológico Superior de los Reyes 2025”, con el título “Sistema Integral para Administración de Empaques de Aguacate”, dentro de la línea de investigación Aplicaciones Institucionales para Dispositivos Móviles, el cual fue aprobado por la Academia de Sistemas Computacionales.

Referencias

- [1] Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, *Panorama Agroalimentario Aguacate 2024*. [En línea], Disponible: <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=123406> [Accedido: 27 de julio de 2025].
- [2] SAGARPA-SENASICA, *Directorio de Centros de acopio, Empacadoras e Industrializadoras de Aguacate*. [En línea], Disponible: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/136694/Directorio_Empaques_Centros_de_Acopio_e_Industrias_de_Aguacate_14_09_2016.pdf [Accedido: 17 de octubre de 2025].

- [3] *Multiscan Technologies en el sector del aguacate*, Multiscan Technologies, [En línea], Disponible: <https://multiscan.eu/aplicacion-aguacate> [Accedido: 17 de octubre de 2025].
- [4] Albahari, B. Albahari, *C# 10 in a Nutshell: The Definitive Reference*. O'Reilly Media, [En línea], Disponible: <https://dl.ebooksworld.ir/books/CSharp.10.in.a.Nutshell.Joseph.Albahari.OReilly.9781098121952.EBooksWorld.ir.pdf> [Accedido: 24 febrero de 2025].
- [5] Microsoft, *Xamarin.Forms documentation*. Microsoft Learn, [En línea], Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/> [Accedido: 24 de febrero de 2025].



Modelado de un sistema de reinscripciones escalable sobre una nube híbrida usando *Learning Analytics*

Iker Alberto Cedillo Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.
ORCID: 0009-0006-9279-4697

Luis Francisco García Jiménez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0001-8726-4815

Recepción: 21 de agosto de 2025.

Aceptación: 04 de noviembre de 2025.

Diciembre 2025 • número de revista 14 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2025.14.99>

Modelado de un sistema de reinscripciones escalable sobre una nube híbrida usando *Learning Analytics*

Resumen

Los datos generados por los estudiantes universitarios durante su trayectoria académica son una fuente valiosa de información. El análisis de estos datos, a través de técnicas como *Learning Analytics*, da pie a que las Instituciones de Educación Superior (IES) puedan detectar patrones que influyen en el desempeño de los estudiantes. Para que esta técnica tenga un impacto significativo, las IES deben contar con una arquitectura informática, basada en la nube, que se auxilie de herramientas como Infraestructura como Código (IaC), Redes Definidas por Software (SDN) e Inteligencia Artificial (AI), entre algunas más. Este artículo presenta una propuesta para modelar un sistema de reinscripciones basado en una arquitectura de nube híbrida que emplea *Learning Analytics* para la recolección y análisis de los datos, con el propósito de mejorar significativamente la calidad de los servicios ofrecidos por las IES, así como el desempeño de los estudiantes.

Palabras Clave: *Learning Analytics*, educación superior, cómputo en la nube, infraestructura como código, redes definidas por software y análisis de datos.

A scalable enrollment model on a hybrid cloud using Learning Analytics

Abstract

Data generated by university students throughout their academic journeys serve as a valuable resource. Analyzing this data using Learning Analytics allows colleges or Universities to identify patterns that affect student performance. To make a significant impact in higher education, Learning Analytics should utilize tools such as cloud-based architectures supported by

Infrastructure as Code (IaC), Software-Defined Networks (SDN), and Artificial Intelligence (AI), among other technologies. This paper presents a model for an enrollment system based on a hybrid cloud architecture that utilizes Learning Analytics to collect and analyze data generated during the enrollment process. We believe this approach significantly enhances the quality of services offered by universities and improves student performance.

Keywords: *Learning Analytics, college and universities, cloud computing, infrastructure as code, software-defined networking and data analysis.*

Introducción

Durante el tiempo que un universitario está inscrito en una institución educativa, los datos relacionados con las materias que cursa, sus calificaciones, el avance académico y la interacción entre los sistemas que utiliza pueden generar información muy valiosa para detectar patrones con relación al desempeño estudiantil. Esta información es de utilidad para las Instituciones de Educación Superior (IES) en el diseño de nuevos modelos organizacionales, así como en la enseñanza y el manejo de recursos para mejorar la experiencia educativa.

Existen diversos procesos académicos que crean una gran oportunidad para recolectar información, como la incorporación de estudiantes de primer ingreso o el proceso de reinscripción a diferentes cursos. Analizar la información extraída de estos escenarios permite a las IES conocer el contexto educativo y social de sus estudiantes. Sin embargo, en la actualidad es muy común ver que muchas instituciones educativas aún operan bajo un esquema tradicional en donde sus servicios no cuentan con la planeación adecuada para realizar una correcta gestión de los datos y, posteriormente, su análisis. Además, si este esquema no cuenta con redundancia, puede representar un punto único de falla, por lo que se recomienda implementar medidas adecuadas para mantener la resiliencia en momentos críticos, donde sus vulnerabilidades pueden ser explotadas por diversas amenazas como ataques cibernéticos, sobredemanda del servicio o desastres naturales [1].

La adopción de una arquitectura basada en computación en la nube y el uso de herramientas como *Learning Analytics* pueden permitir a las IES analizar el comportamiento

y desempeño de los estudiantes a través de sistemas inteligentes que se adapten en tiempo real y que, con base en los resultados de los datos, puedan sugerir a los estudiantes recomendaciones según su avance basado en su nivel de aprendizaje. Actualmente, existen diversos proveedores de servicios de nube pública como Google Cloud y Amazon Web Services, que facilitan el despliegue de aplicaciones y análisis de datos. Cuando se integra la infraestructura tecnológica disponible en las IES con un sistema de nube, se crea una arquitectura híbrida más eficiente y resiliente. Sin embargo, si no se desea contratar sistemas propietarios, existen alternativas de código abierto como OpenStack, una infraestructura como servicio creada por la NASA y respaldada por Red Hat e Intel. Esta plataforma es compatible con diversos tipos de virtualizadores y plataformas de nube pública [2].

Implementar un sistema de Learning Analytics dentro de la nube ofrece múltiples beneficios que no sólo impulsan el aprendizaje y la enseñanza, sino también pueden minimizar el riesgo de que procesos como las inscripciones, entre muchos otros, se puedan ver afectados por múltiples causas que escapan del control de los administradores o, en ocasiones, de las autoridades universitarias. Debido a ello, en la actualidad, las universidades deben adoptar tecnologías que recolectan y analizan la información para evaluar el contexto actual y tomar decisiones que mejoren la calidad de la educación y de los servicios institucionales [3].

Qué es Learning Analytics

Learning Analytics (LA) se refiere a la recolección e interpretación de una gran cantidad de datos producidos por el comportamiento de los estudiantes para evaluar su progreso académico y desempeño; esto tiene el objetivo de predecir su rendimiento en el futuro por medio de la detección de problemas que pueden comprometer su éxito académico [4][5] ver Fig. 1. Los datos recolectados van desde los resultados de exámenes y tareas hasta las interacciones que tienen en redes sociales, foros u otras actividades que los estudiantes se encuentren activamente realizando durante su vida académica. Si estos datos son interpretados correctamente, LA permite a las entidades académicas identificar las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes, así como las necesidades internas que estén provocando problemas como un bajo rendimiento académico o deserción escolar [6].



Fig. 1. Learning Analytics.

Qué es el cómputo en la nube

La computación en la nube es un modelo de servicios que permite acceder a recursos informáticos como procesamiento, almacenamiento y gestión de datos a través de Internet [7]. Este enfoque ofrece a las instituciones educativas la posibilidad de rentar recursos de manera flexible cuando los necesiten o, en su defecto, optimizar su propia infraestructura existente para mejorar la eficiencia operativa sin necesidad de adquirir nuevos equipos. La computación en la nube también ofrece diversos servicios que permiten implementar modelos propios para el análisis de datos a gran escala, sin necesidad de adquirir infraestructura física para ello.

Nube híbrida

La nube híbrida es un modelo de servicio en donde una entidad puede combinar el uso de sus recursos de infraestructura tecnológica junto con los recursos de infraestructura informática proporcionados por un proveedor de la nube [8]. Estos recursos pueden ser

máquinas virtuales, almacenamiento, bases de datos y redes. Esto se realiza bajo un modelo de pago bajo demanda, lo que permite a las instituciones pagar únicamente por los recursos consumidos durante el tiempo que se usaron, sin necesidad de mantener o adquirir infraestructura propia. Además, se pueden regresar estos recursos cuando ya no se requieran.

Infraestructura como código

La infraestructura como código (IaC) es una forma moderna de preparar y administrar servidores, redes y otros recursos informáticos sin tener que realizar configuraciones manualmente [9]. En lugar de configurar cada paso, se pueden escribir instrucciones en archivos de texto donde se especifica qué recursos se necesitan y cómo deben estar configurados.

La IaC automatiza la creación de instancias de cómputo, bases de datos, entornos de *machine learning* y sistemas de almacenamiento escalable de forma rápida y consistente cada vez que se requiera ejecutar modelos predictivos o procesar historiales académicos masivos.

Redes definidas por software

Las redes definidas por software (SDN) son un enfoque moderno para administrar redes de comunicaciones de forma inteligente [10]. A diferencia de los modelos tradicionales, donde cada dispositivo de red tiene una configuración estática y manual, en las SDN, el control de la red se centraliza en un software que permite modificar dinámicamente la forma en que la red encamina y gestiona el tráfico, a través de políticas programables y automatizadas.

Propuesta de Learning Analytics empleando una arquitectura de nube híbrida

Una solución viable para poder implementar un sistema de inscripciones escalable que emplee *Learning Analytics* sin abandonar por completo una infraestructura tradicional, es la

adopción de una arquitectura de nube híbrida. En esta propuesta, se mantiene la infraestructura local, pero se complementa con la nube, lo que permite mejorar la calidad del servicio mientras se lleva a cabo la recolección, almacenamiento de datos de los estudiantes y su procesamiento, ver Fig. 2.

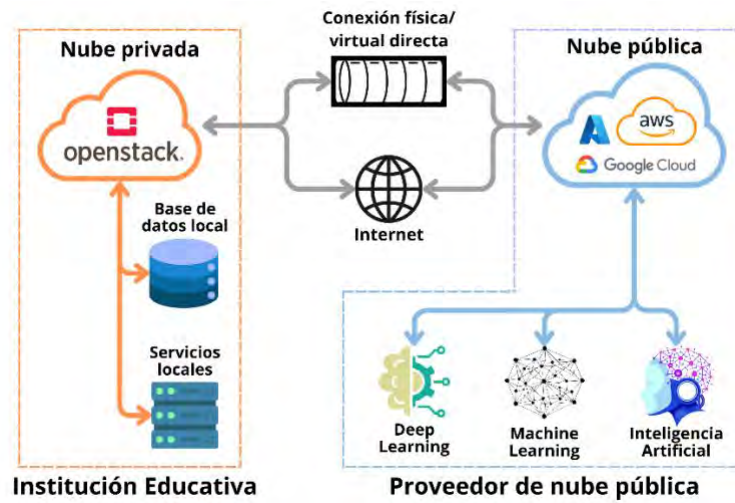


Fig. 2. Arquitectura Híbrida.

El primer componente a mejorar es la aplicación web de inscripciones; no se modifica la aplicación, únicamente el entorno de ejecución. Para esto, se propone desplegar una réplica de ésta misma en una plataforma ofrecida por los principales proveedores de nube. Servicios como Google App Engine, Cloud Run, AWS Elastic Beanstalk o Azure App Service permiten subir el código fuente de la aplicación web y delegar en el proveedor las tareas de aprovisionamiento, escalado, balanceo de carga, certificados SSL y parches de seguridad. Esto garantiza una operación estable, segura y capaz de soportar miles de solicitudes simultáneas.

El servidor local continuará atendiendo solicitudes. No obstante, al rebasar cierto umbral de uso de recursos, como memoria RAM o CPU, deberá redirigir las solicitudes de forma automática hacia la versión alojada en la nube. Ambas versiones pueden diseñarse para enviar los datos relevantes a una base de datos especial diseñada para el almacenamiento de datos históricos (local o en la nube). Si la IES no cuenta con la tecnología

o personal capacitado para llevar a cabo procesos de *machine learning* e inteligencia artificial, pueden emplear los servicios de la nube para poder desarrollar o usar modelos prediseñados de análisis de datos con el propósito de detectar y visualizar de forma interactiva los patrones e información relevante.

Para garantizar una comunicación eficiente, segura y adaptable entre la infraestructura local y los servicios en la nube, resulta fundamental incorporar tecnologías de redes definidas por software (SDN). Este enfoque permite a la institución gestionar de forma centralizada el flujo de datos entre los distintos componentes de la arquitectura de nube híbrida, desde el balanceo de carga entre la versión local y la nube hasta la comunicación entre servicios desplegados dentro de una misma nube pública. Gracias a las SDN, es posible aplicar reglas de encaminamiento dinámico, priorizar tráfico crítico y establecer políticas de red que dirijan automáticamente las solicitudes cuando se detecta saturación de recursos. Asimismo, la segmentación lógica mediante subredes virtuales (VPCs), combinada con conexiones privadas o túneles VPN gestionados por SDN, garantiza que los datos sensibles de los estudiantes no circulen por redes públicas, fortaleciendo la seguridad de la solución propuesta.

Para que este despliegue en la nube sea ágil y reproducible en cualquier nube, independientemente del proveedor, se puede hacer uso de la infraestructura como código (IaC). Esta metodología permite definir la página web de inscripciones mediante archivos de texto reutilizables. Por ejemplo, una vez que se termine el periodo de reinscripción, la aplicación web de reinscripción en la nube puede ser eliminada o desactivada temporalmente para evitar costos innecesarios y, con ayuda de la IaC, se puede volver a desplegar de forma automática, consistente y controlada cada vez que se requiera.

Una de las grandes ventajas de IaC es que es capaz de responder de forma rápida a los hallazgos obtenidos mediante Learning Analytics. Por ejemplo, si el análisis revela una sobrecarga en algún servicio académico, se pueden definir diferentes modelos de infraestructura informática virtual alternativos y desplegarlos en entornos de prueba para analizar su impacto, sin necesidad de modificar la infraestructura física de la institución. Además, estos modelos pueden adaptarse, compararse y reemplazarse fácilmente, promoviendo una toma de decisiones basada en evidencia y con menor riesgo, ver Fig. 3.

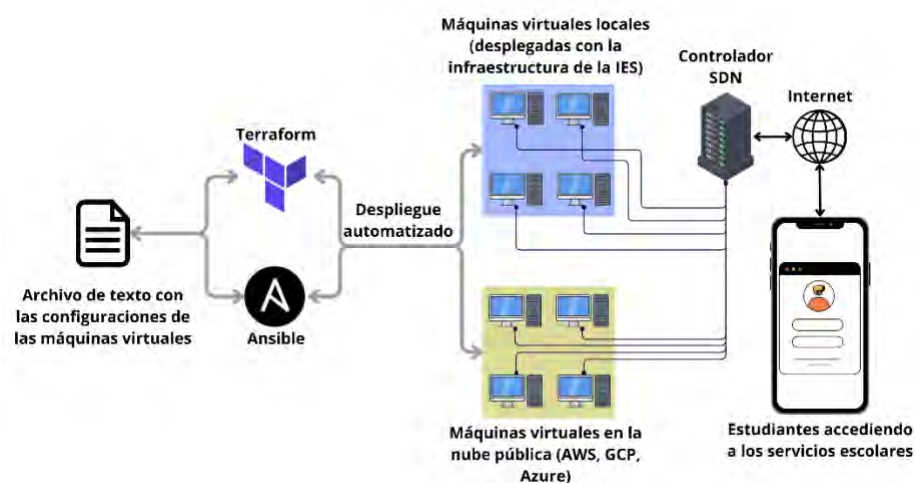


Fig. 3. Sinergia entre laC, la nube y SDN para ofrecer servicios web.

Metodología y planteamiento de *Learning Analytics*

Una vez implementada la arquitectura de nube híbrida, se debe plantear un método para analizar los datos de manera correcta. Si se desea obtener un análisis completo y confiable, es necesario recolectar la mayor cantidad de datos relevantes sobre la trayectoria de los estudiantes.

El desempeño de los estudiantes depende en gran medida de su compromiso y dedicación. Sin embargo, dichos aspectos pueden verse afectados por problemas internos de la IES, sin dejar de lado también los factores sociales, económicos y culturales que influyen directamente en su motivación y disciplina.

Con el fin de identificar qué factores podrían estar afectando a los estudiantes, es necesario implementar una estrategia metodológica que permita estudiar de forma transversal su trayectoria académica desde su ingreso hasta su egreso o abandono, integrando información sobre su desempeño, condiciones sociales, económicas y culturales.

La metodología propuesta para este análisis se estructura de la siguiente manera:

1. Recolección y limpieza de datos históricos: Se deben recolectar tanto los datos académicos como grupo o bloque de ingreso (usualmente las IES asignan a cada estudiante un bloque o grupo inicial con un horario preestablecido que puede ser matutino o vespertino), historial académico, horarios, profesores asignados, materias cursadas, así como los datos contextuales relacionados con las condiciones sociales, económicas y familiares de los estudiantes. Estos datos deben limpiarse, es decir, se debe eliminar duplicidad, datos fuera de rango, datos con mucho ruido que alteren la estadística, etc.; a su vez, deben ser protegidos, ya que en ellos se encuentra la identidad del estudiante.
2. Análisis del desempeño inicial por bloque: se debe analizar el rendimiento académico de cada bloque o grupo de primer ingreso. Este primer análisis permite observar cómo se desarrollan los estudiantes dentro de un mismo entorno (grupo, horario, asignación inicial) y si existen bloques con mejor o peor desempeño.
3. Seguimiento de trayectorias académicas por bloque: identificar los grupos, horarios y profesores que eligen los estudiantes provenientes de bloques con alto desempeño en comparación con aquellos de bloques de bajo rendimiento. Esto ayuda a detectar patrones y posibles ventajas acumulativas que algunos estudiantes podrían tener desde su ingreso.
4. Análisis longitudinal semestre a semestre: estudiar de manera continua la evolución del desempeño académico de los estudiantes, relacionando la elección de grupos y asignaturas en cada reinscripción con su rendimiento posterior, así como con los cambios en su contexto social, económico y familiar. Este análisis debe repetirse en cada ciclo escolar para ajustar los modelos y estrategias.
5. Estudio de egresados y desertores: analizar la trayectoria completa y contexto de los estudiantes que egresaron en tiempo y forma con altos promedios para encontrar coincidencias en grupos, horarios o docentes. Paralelamente, analizar los casos de estudiantes con trayectorias truncas o que abandonaron la carrera, para detectar correlaciones comunes que permitan anticipar riesgos académicos.

6. Generación de modelos predictivos: utilizar los datos anteriores para crear modelos capaces de anticipar trayectorias críticas o exitosas y proponer intervenciones tempranas.

Importancia del uso de inteligencia artificial dentro de LA

Actualmente, la inteligencia artificial (IA) ha experimentado un crecimiento exponencial y ha demostrado ser una herramienta poderosa para la automatización de tareas complejas, especialmente en el análisis de grandes volúmenes de datos [11]. La integración de técnicas de IA dentro de LA, como el aprendizaje automático (*machine learning*), el procesamiento del lenguaje natural (NLP) y el *deep learning*, permite a las IES extraer valor de los datos académicos de forma más rápida y precisa [12][13].

Al aplicar modelos de IA en los procesos de LA, las IES no sólo pueden identificar patrones ocultos que influyen en el rendimiento estudiantil, sino también generar predicciones sobre posibles riesgos de deserción, detectar conductas atípicas o identificar factores que afectan el aprendizaje. Además, la IA puede automatizar la generación de reportes personalizados para docentes, directivos o estudiantes, y ofrecer recomendaciones adaptativas para una intervención temprana.

El uso de IA dentro del LA transforma los datos en conocimiento accionable y permite ir de un enfoque reactivo a uno proactivo, en el cual las decisiones institucionales se fundamentan en evidencia empírica y en análisis predictivos, mejorando así la calidad educativa y la experiencia del estudiante.

Conclusión

El desempeño académico de los estudiantes universitarios está influenciado por una vasta diversidad de factores, tanto personales como institucionales. El uso de *Learning Analytics* permite a las instituciones identificar patrones ocultos en los datos históricos de los estudiantes, facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar el desempeño académico, la distribución de recursos y la experiencia educativa en general.

LA no debe entenderse como un proceso lineal, ni como un *framework* universal. Su aplicación requiere adaptarse a las particularidades de cada institución, ajustando tanto la forma de recolectar los datos como las preguntas que se buscan responder. Sólo mediante una estrategia adecuada de recolección de datos, el uso responsable de la inteligencia artificial y la personalización del análisis, es posible generar conocimiento de alto valor que contribuya a una educación superior más eficiente y personalizada.

Agradecimientos

Proyecto PAPIIT-IN109624

Referencias

- [1] G. A. Zamora-Vélez and L. del R. Bermúdez-Cevallos, "Socioeconomic factors and university student dropout", *IJSS*, vol. 7, no. 4, pp. 103-112, Nov. 2024, doi: 10.21744/ijss.v7n4.2325.
- [2] O. Sefraoui, M. Aissaoui, and M. Eleuldj, "OpenStack: Toward an open-source solution for cloud computing," *International Journal of Computer Applications*, vol. 55, no. 3, pp. 38-42, Oct. 2012, doi: 10.5120/8738-2991.
- [3] A. van Leeuwen, "Learning analytics to support teachers during synchronous CSCL: Balancing between overview and overload," *Journal of Learning Analytics*, vol. 2, no. 2, pp. 138-162, Dec. 2015, doi: 10.18608/jla.2015.22.11.
- [4] L. Johnson, R. Smith, H. Willis, A. Levine, y K. Haywood, *The 2011 Horizon Report*. Austin, TX, USA: The New Media Consortium, 2011.
- [5] S. Slade and P. Prinsloo, "Learning analytics: Ethical issues and dilemmas," *American Behavioral Scientist*, vol. 57, no. 10, pp. 1510-1529, 2013, doi: 10.1177/0002764213479366.

- [6] S. M. Jayaprakash, E. W. Moody, E. J. Lauría, J. R. Regan, and J. D. Baron, "Early alert of academically at-risk students: An open source analytics initiative," *Journal of Learning Analytics*, vol. 1, no. 1, pp. 6–47, May 2014, doi: 10.18608/jla.2014.11.3.
- [7] Google Cloud, "¿Qué es la nube pública?," *Google Cloud*. [En línea]. Disponible en: <https://cloud.google.com/learn/what-is-public-cloud?hl=es-419>. [Accedido: 2-may-2025].
- [8] Google Cloud, "What is hybrid cloud?," *Google Cloud*. [En línea]. Disponible en: <https://cloud.google.com/learn/what-is-hybrid-cloud?hl=es>. [Accedido: 2-may-2025].
- [9] Red Hat, "¿Qué es la infraestructura como código (IaC)?," *Red Hat*. [En línea]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/automation/what-is-infrastructure-as-code-iac>. [Accedido: 2-may-2025].
- [10] A. Zambrano Espinosa, *Uso de SDN, algoritmos de clustering y coloración de grafos para la asignación de canales WiFi*, tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, 2022.
- [11] C. A. Coello Coello, G. Paic, y L. Serkin, "El rol de la UNAM frente al país en el equilibrio de la balanza entre los peligros y beneficios de la inteligencia artificial," *TIES*, no. 10, pp. 72–85, Jun. 2024, doi: 10.22201/dgtic.26832968e.2024.10.10.
- [12] F. J.-Y. Jin, "Students' perceptions of generative AI-powered learning analytics in the feedback process: A feedback literacy perspective," *Journal of Learning Analytics*, vol. 12, no. 1, pp. 152–168, Mar. 2025, doi: 10.18608/jla.2025.8609.
- [13] H. Oubalahcen, L. Tamym, y M. D. El Oudghiri, "The Use of AI in E-Learning Recommender Systems: A Comprehensive Survey," *Procedia Computer Science*, vol. 224, pp. 437–442, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.09.061.