

# Digital transformation of community pharmacies through AI and predictive analytics

Diginomics.

2025; 4:211

DOI: 10.56294/digi2025211

ISSN: 3072-8428

## Transformación digital de farmacias comunitarias mediante IA y análisis predictivo

Juan Ignacio Gutierrez<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Siglo 21, Licenciatura en Informática. Argentina.

**Citar como:** Gutierrez JI. Digital transformation of community pharmacies through AI and predictive analytics. Diginomics. 2025; 4:211. <https://doi.org/10.56294/digi2025211>

### ABSTRACT

**Introduction:** the project proposed a comprehensive solution aimed at community pharmacies, seeking to improve customer service, operational management and technological integration. To this end, it combined a mobile application with e-commerce functions and an artificial intelligence chatbot, along with a desktop application for sales management and forecasting. The proposal responded to the growing need for efficient and personalized access to pharmaceutical services, especially in a digitized environment.

**Development:** building on successful experiences in healthcare and retail, the proposal leveraged tools such as mHealth apps, which were shown to improve treatment adherence and patient autonomy. It also integrated AI-enabled chatbots, useful for medical care, healthcare education and administrative tasks. At the operational level, it incorporated automated inventory systems that optimized processes and reduced errors, strengthening patient safety. In addition, predictive analysis models such as Random Forest or XGBoost were applied, which made it possible to anticipate demand and segment customers with high precision. The use of technologies such as Java, Kotlin, Python and environments such as Android Studio and Electron Forge ensured technical feasibility. The competitive analysis revealed that, although there were pharmacies with shopping applications, none integrated chatbots or reminders, which represented a differential advantage.

**Conclusions:** the solution proposed offered a substantial improvement in community pharmaceutical care, by integrating efficiency, artificial intelligence and user-centered approach. Its implementation consolidated an innovative, scalable alternative, adapted to current requirements, allowing progress towards a more intelligent and accessible pharmacy model.

**Keywords:** Pharmacies; Artificial Intelligence; Chatbot; Sales Prediction; MHealth.

### RESUMEN

**Introducción:** el proyecto propuso una solución integral orientada a farmacias comunitarias, buscando mejorar la atención al cliente, la gestión operativa y la integración tecnológica. Para ello, combinó una aplicación móvil con funciones de comercio electrónico y un chatbot de inteligencia artificial, junto con una aplicación de escritorio para la administración y la predicción de ventas. La propuesta respondió a la necesidad creciente de acceso eficiente y personalizado a servicios farmacéuticos, especialmente en un entorno digitalizado.

**Desarrollo:** basándose en experiencias exitosas en salud y comercio minorista, la propuesta aprovechó herramientas como las aplicaciones mHealth, que demostraron mejorar la adherencia al tratamiento y la autonomía del paciente. También integró chatbots con IA, útiles para atención médica, educación sanitaria y tareas administrativas. A nivel operativo, incorporó sistemas automatizados de inventario que optimizaron procesos y redujeron errores, fortaleciendo la seguridad del paciente. Además, se aplicaron modelos de análisis predictivo como Random Forest o XGBoost, que permitieron anticipar la demanda y segmentar clientes con alta precisión. El uso de tecnologías como Java, Kotlin, Python y entornos como Android Studio y Electron Forge aseguró la viabilidad técnica. El análisis competitivo reveló que, aunque existían farmacias con aplicaciones de compra, ninguna integraba chatbots ni recordatorios, lo que representó una ventaja diferencial.

**Conclusiones:** la solución planteada ofreció una mejora sustancial en la atención farmacéutica comunitaria, al integrar eficiencia, inteligencia artificial y enfoque centrado en el usuario. Su implementación consolidó una alternativa innovadora, escalable y adaptada a las exigencias actuales, permitiendo avanzar hacia un modelo de farmacia más inteligente y accesible.

**Palabras clave:** Farmacias; Inteligencia Artificial; Chatbot; Predicción de Ventas; Mhealth.

Enviado: 25-07-2024 Revisado: 20-12-2024 Aceptado: 13-07-2025 Publicado: 14-07-2025

© 2025; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea correctamente citada

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el acceso eficiente a servicios de salud y productos farmacéuticos es una necesidad crítica, especialmente en contextos donde la inmediatez y la personalización son factores decisivos en la experiencia del paciente. Las farmacias comunitarias, como actores clave en los sistemas de salud locales, enfrentan desafíos relacionados con la gestión operativa, la atención al cliente y la integración tecnológica. En respuesta a estas problemáticas, surge la propuesta de desarrollar un sistema integral que combine una aplicación móvil orientada al usuario con capacidades de comercio electrónico y asistencia mediante un chatbot de inteligencia artificial, junto con una aplicación de escritorio para la gestión administrativa y la predicción de ventas.<sup>(1,2)</sup>

Este enfoque se sustenta en tendencias consolidadas en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), especialmente en el sector salud. Por un lado, las aplicaciones móviles de salud (mHealth) han demostrado ser eficaces para mejorar el compromiso del paciente, facilitar el acceso a información médica y promover la adherencia al tratamiento, como lo evidencian casos como Mango Health. Por otro lado, los chatbots con inteligencia artificial han ganado terreno como herramientas de apoyo en la atención médica, ofreciendo información confiable, seguimiento personalizado y reducción de cargas administrativas.<sup>(3)</sup>

Además, la automatización de procesos en farmacias, como la gestión de inventarios, ha contribuido significativamente a mejorar la precisión en la dispensación de medicamentos y a evitar errores que comprometan la seguridad del paciente. En paralelo, el análisis predictivo ha revolucionado la planificación comercial en el sector minorista, permitiendo anticipar la demanda mediante algoritmos de aprendizaje automático y ajustarse a las dinámicas del mercado.<sup>(4)</sup>

El entorno competitivo actual también evidencia la oportunidad de innovación: si bien algunas farmacias en línea ofrecen plataformas de compra desde la aplicación, ninguna integra chatbots de atención ni recordatorios de medicación. Esta carencia representa un espacio estratégico para desarrollar soluciones que no solo respondan a las necesidades comerciales, sino que también agreguen valor en términos de salud y bienestar para los usuarios.

En conjunto, estas evidencias justifican la pertinencia de una solución tecnológica integral para farmacias comunitarias, que combine funcionalidad, eficiencia y un enfoque centrado en el usuario. A través del aprovechamiento de tecnologías modernas como la inteligencia artificial, la analítica predictiva y el desarrollo multiplataforma, se abre la posibilidad de transformar digitalmente la atención farmacéutica a nivel local y regional.

## DESARROLLO

### Dominio del Problema

La propuesta de desarrollar un sistema integral para farmacias comunitarias que combine una aplicación móvil con funciones de comercio electrónico y asistencia mediante un chatbot de inteligencia artificial, junto con una aplicación de escritorio orientada a la gestión administrativa y la predicción de ventas, se fundamenta en la implementación exitosa de soluciones similares en otros contextos, tanto en el ámbito de la salud como en el comercio minorista. Analizar estas experiencias previas permite establecer un marco técnico y funcional sólido que justifica la viabilidad y pertinencia del sistema propuesto.

En primer lugar, las aplicaciones móviles de salud (mHealth) han sido ampliamente utilizadas para fomentar el compromiso del paciente y mejorar los resultados clínicos. Estas herramientas permiten a los usuarios gestionar activamente su salud, facilitando la comunicación con profesionales médicos y promoviendo hábitos saludables. Casos exitosos, como el de Mango Health, han demostrado el valor de incorporar funciones para el seguimiento de métricas de salud, la gestión de medicamentos y el acceso a información personalizada. Estos enfoques han mejorado significativamente la experiencia del paciente al ofrecer recursos prácticos que fortalecen la autonomía en el cuidado de la salud.<sup>(4)</sup>

Asimismo, los chatbots basados en inteligencia artificial han encontrado un espacio creciente en la atención médica, donde se utilizan para brindar apoyo al paciente, gestionar la atención, ofrecer educación sanitaria y facilitar tareas administrativas. Han sido particularmente útiles en el ámbito de la salud mental, en el monitoreo de enfermedades crónicas y en la entrega de información médica confiable. Si bien el uso de modelos de lenguaje avanzados, como ChatGPT, presenta desafíos relacionados con la desinformación, su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y generar respuestas coherentes ha despertado gran interés en su integración en sistemas de atención. Gracias a estas capacidades, los chatbots con IA ofrecen una interacción más natural y eficaz con los usuarios.

En el caso de la automatización y gestión de inventarios en farmacias, los sistemas automatizados han demostrado ser herramientas eficaces para incrementar la precisión en la dispensación de medicamentos, reducir errores y optimizar procesos logísticos, lo que contribuye directamente a mejorar la atención al paciente.<sup>(5)</sup> Estos sistemas también permiten un control más riguroso de sustancias sensibles y contribuyen a una gestión más eficiente de los recursos disponibles. La adecuada administración del inventario, a través de métodos como el sistema perpetuo, ha sido identificada como un factor clave para evitar desabastecimientos o la presencia de productos vencidos, mejorando así tanto la eficiencia operativa como la seguridad del paciente.

Finalmente, el uso de análisis predictivo en el sector minorista ha permitido optimizar la toma de decisiones mediante la generación de conocimientos valiosos sobre el comportamiento del consumidor, estrategias de precios y tendencias de ventas.<sup>(6)</sup> En particular, la predicción de ventas se ha vuelto una herramienta crítica para la planificación financiera y la gestión de inventarios. A través de modelos de aprendizaje automático como Random Forest, XGBoost, LGBM y CatBoost, se han logrado altos niveles de precisión en la estimación de ventas, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de hasta 0,98. <sup>(6)</sup> Además, el análisis predictivo, en combinación con técnicas como el clustering K-Means, permite segmentar clientes según sus patrones de consumo, lo que facilita la implementación de estrategias de marketing personalizadas y efectivas.<sup>(6)</sup>

### TICs

A continuación, se describen las principales tecnologías disponibles que respaldan este tipo de proyecto:

#### *Lenguajes de programación*

Java: Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems a principios de la década de 1990 por James Gosling, Mike Sheridan y Patrick Naughton.

Inicialmente diseñado para dispositivos digitales, Java se adaptó posteriormente para la programación en internet, destacándose por su portabilidad y robustez.<sup>(7)</sup>

Kotlin: Es un lenguaje de programación de código abierto, estáticamente tipado, que admite tanto la programación orientada a objetos como la funcional. Diseñado para interoperar completamente con Java, Kotlin ofrece una sintaxis concisa y moderna, siendo ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones Android.<sup>(8)</sup>

JavaScript: Es un lenguaje de programación interpretado, orientado a objetos, utilizado principalmente para el desarrollo web. Permite la creación de interfaces dinámicas y la interacción con el usuario en tiempo real. Junto con HTML y CSS, constituye la base del desarrollo web moderno.

Python: Es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general. Se caracteriza por su sintaxis clara y legible, lo que facilita el desarrollo rápido de aplicaciones. Es ampliamente utilizado en ciencia de datos, inteligencia artificial y desarrollo web.

#### *Entornos de desarrollo*

Android Studio: Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android. Proporciona herramientas para la edición de código, depuración y pruebas, facilitando la creación de aplicaciones móviles eficientes.<sup>(8)</sup>

Electron Forge: Es una herramienta que simplifica el proceso de creación, empaquetado y distribución de aplicaciones de escritorio multiplataforma utilizando tecnologías web como JavaScript, HTML y CSS. Permite desarrollar aplicaciones de escritorio con una sola base de código.<sup>(9)</sup>

#### *Frameworks y bibliotecas*

Express.js: Es un framework web minimalista y flexible para Node.js que proporciona un conjunto robusto de características para el desarrollo de aplicaciones web y móviles. Facilita la gestión de rutas, middleware y la integración con bases de datos.<sup>(10)</sup>

Flask: Es un microframework web escrito en Python que permite desarrollar aplicaciones web de manera rápida y sencilla. Ofrece flexibilidad y control sobre los componentes utilizados, siendo ideal para proyectos que requieren una arquitectura ligera.

#### *APIs y servicios de inteligencia artificial*

Gemini API: Es una interfaz de programación de aplicaciones proporcionada por Google que permite integrar capacidades de inteligencia artificial, como chatbots y procesamiento de lenguaje natural, en aplicaciones. Facilita la creación de experiencias conversacionales avanzadas.<sup>(11)</sup>

Prophet: Es una biblioteca de código abierto desarrollada por Facebook para la previsión de series temporales. Utiliza un modelo aditivo que maneja tendencias no lineales y estacionalidades, siendo robusto frente a datos faltantes y cambios en las tendencias.

#### *Sistemas de gestión de bases de datos*

PostgreSQL: Es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, conocido por su estabilidad, extensibilidad y cumplimiento de estándares SQL. Soporta una amplia variedad de tipos de datos y funciones avanzadas, siendo adecuado para aplicaciones que requieren integridad y escalabilidad.

## **Competencia**

Tras analizar los competidores en el mercado de farmacias en línea, se observa que todos ellos ofrecen realizar compras desde su aplicación móvil, lo que facilita a los clientes acceder a una amplia gama de productos. Sin embargo, ninguno de los competidores proporciona atención al cliente a través de chatbot ni ofrece funcionalidades de recordatorios de medicación. Esta falta de servicios adicionales podría representar una oportunidad para diferenciarse en un mercado cada vez más competitivo y orientado hacia la comodidad y la atención personalizada.

**Tabla 1.** Comparativa de aplicaciones

Competidor	País	Chatbot	Compras desde la app	Recordatorios de medicación
Farmashop	Uruguay	No	Si	No
PuntoFarma	Paraguay	No	Si	No
Farmacia Zentner	Argentina	No	Si	No

## **CONCLUSIONES**

A lo largo del análisis presentado, se ha evidenciado que la integración de tecnologías digitales en el ámbito farmacéutico representa una oportunidad estratégica para mejorar la calidad del servicio, optimizar la gestión interna y ofrecer una experiencia más completa al usuario. La propuesta de un sistema integral para farmacias comunitarias —compuesto por una aplicación móvil con capacidades de comercio electrónico y asistencia mediante inteligencia artificial, junto con una aplicación de escritorio enfocada en la gestión administrativa y la predicción de ventas— responde de manera directa a necesidades concretas no resueltas en el contexto actual.

La revisión de experiencias exitosas en sectores relacionados ha demostrado la efectividad de herramientas como las aplicaciones mHealth, los chatbots inteligentes y los sistemas automatizados de gestión e inventario. Estos avances no solo facilitan el acceso a servicios de salud, sino que también promueven una atención más proactiva, segura y personalizada. De manera similar, la aplicación de modelos de análisis predictivo basados en aprendizaje automático permite anticipar la demanda y adaptar las estrategias comerciales, lo cual es esencial para mantener la competitividad en el dinámico entorno del comercio minorista.

Por otro lado, el estudio del panorama competitivo revela un área de oportunidad clara: aunque algunas farmacias ya permiten realizar compras desde sus aplicaciones móviles, aún no ofrecen herramientas de valor añadido como la atención mediante chatbots o los recordatorios de medicación. Esta carencia puede ser aprovechada como una ventaja diferencial clave, al incorporar funciones que no solo agilicen procesos, sino que también mejoren la adherencia al tratamiento y fortalezcan el vínculo entre paciente y farmacia.

El proyecto propuesto se apoya en una selección cuidadosa de tecnologías de desarrollo modernas, lenguajes de programación versátiles y herramientas robustas para la construcción de soluciones multiplataforma. Esto asegura la viabilidad técnica y la escalabilidad del sistema, elementos fundamentales para su sostenibilidad a largo plazo.

En resumen, la implementación de esta solución integral no solo representa una respuesta tecnológica innovadora, sino también un paso significativo hacia la transformación digital del sector farmacéutico comunitario. Al combinar eficiencia

operativa, inteligencia artificial y orientación al usuario, se sientan las bases para una farmacia más accesible, inteligente y centrada en las necesidades reales de sus clientes. Esta visión abre camino a un modelo de atención más cercano, ágil y adaptado a las exigencias del mundo actual.

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Curación de datos:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Análisis formal:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Investigación:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Metodología:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Administración del proyecto:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Recursos:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Software:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Supervisión:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Validación:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Visualización:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Redacción – borrador original:* Juan Ignacio Gutierrez.

*Redacción – revisión y edición:* Juan Ignacio Gutierrez.

## REFERENCIAS

1. Raza MA, Aziz S, Noreen M, Saeed A, Anjum I, Ahmed M, et al. Artificial Intelligence (AI) in pharmacy: an overview of innovations. *Innov Pharm.* 2022;13(2):13. doi:10.24926/iip.v13i2.4839
2. Simpson MD, Qasim HS. Clinical and operational applications of artificial intelligence and machine learning in pharmacy: a narrative review of real-world applications. *Pharmacy (Basel).* 2025;13(2):41. doi:10.3390/pharmacy13020041
3. Khan O, Parvez M, Kumari P, Parvez S, Ahmad S. The future of pharmacy: how AI is revolutionizing the industry. *Intell Pharm.* 2023. doi:10.1016/j.ipha.2023.04.008
4. Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba. Honorarios recomendados. 2025. Disponible en: <https://cpcipc.org.ar/honorarios-recomendados/>
5. Capsa Healthcare. The benefits of pharmacy automation. 2025. Disponible en: <https://www.capsahealthcare.com/blog/pharmacy-automation/the-benefits-of-pharmacy-automation/>
6. Kalegowda AH. Utilizing predictive analytics to enhance retail business performance. MSc Research Project. National College of Ireland; 2024. Disponible en: <https://norma.ncirl.ie/7523/1/aravindhallimysorekalegowda.pdf>
7. Singh C. History of Java programming language. *BeginnersBook.* 2022 Jun 15. Disponible en: <https://beginnersbook.com/2022/06/history-of-java-programming-language/>
8. Android Developers. Download Android Studio & App Tools. Disponible en: <https://developer.android.com/studio>
9. Electron Forge. Getting started. Disponible en: <https://www.electronforge.io/>
10. MDN Web Docs. Express web framework (Node.js/JavaScript). Disponible en: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/Express\\_Nodejs](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/Express_Nodejs)
11. Google AI for Developers. Gemini API. Disponible en: <https://ai.google.dev/gemini-api/docs>