



Desarrollo de un Software para Administración de Empaques de Aguacate SIAEA

Jorge Alberto Lázaro 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 Loaeza 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 Peribán 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 del proceso interno de la empresa empacadora, 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 agiles 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 módulo 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.

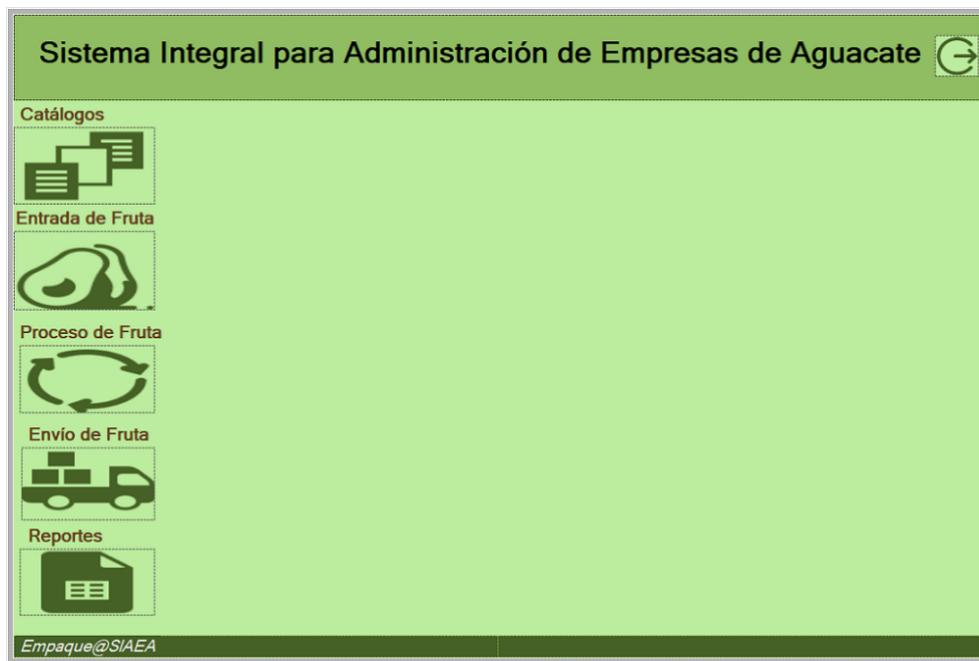


Fig. 1. Pantalla del menú principal con un diseño tipo *dashboard*.

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.

The screenshot shows a software application window titled "Manejo de Agricultores". On the left, there is a form with fields for "ID" (with a search icon), "Nombre", "Dirección", "Precio", "Contacto", and "Teléfono". On the right, there is a table with columns "Id", "Nombre", "Dirección", "Teléfono", "Vigencia", and "Certificado". Below the table are buttons for "Nuevo", "Buscar", "Eliminar", "Modificar", "Guardar", and "Cancelar".

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 frío. 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.

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 frio 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_Acopia_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].