

EASYPAY: SISTEMA INTEGRAL DE PREPAGO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

EASYPAY: INTEGRATED PUBLIC TRANSPORT PREPAID SYSTEM IN THE GUADALAJARA METROPOLITAN AREA

Fecha de aceptación: 01/11/2024

Martha Patricia Martínez Vargas

Dra. Universidad de Guadalajara CUCEA,
Departamento de Sistemas de Información
Zapopan, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-0085-2567>
martha.mvargas@academicos.udg.mx

Elsa Estrada Guzmán

Dra. Universidad de Guadalajara
CUCEI, Departamento de Ciencias
Computacionales
Guadalajara, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0003-2009-9661>
elsa.estrada@academicos.udg.mx

Alan Israel Olivares Mora

Mtro. Universidad de Guadalajara CUCEA,
Departamento de Sistemas de Información
Zapopan, Jalisco, México

Sandra Elizabeth Hidalgo Pérez

Dra. Universidad de Guadalajara CUCEA,
Departamento de Sistemas de Información
Zapopan, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-9781-331X>
sandra.hidalgo@academicos.udg.mx

Ana Rosa Jiménez Meza

Dra. Universidad de Guadalajara CUCEA,
Departamento de Sistemas de Información
Zapopan, Jalisco, México
<https://orcid.org/0009-0004-4330-4191>

RESUMEN: El transporte público en la Zona Metropolitana de Guadalajara enfrenta el problema de que los conductores deben realizar dos tareas: conducir y entregar el recibo de pago, lo que puede distraerlos de su principal responsabilidad. Además, esta área es un creciente destino turístico, lo que plantea desafíos de movilidad. Actualmente, se requieren tarjetas especiales para usar el transporte, pero su adquisición y recarga son complicadas, y muchas veces son desechadas, afectando el medio ambiente. Este trabajo propone el desarrollo de una App móvil para Android, llamada EasyPay, con dos versiones: Passenger (usuarios) y Driver (conductores). Su objetivo es mejorar la eficiencia del transporte público permitiendo la recarga electrónica de una tarjeta de prepago virtual y el acceso mediante tecnología QR, eliminando la necesidad de entregar recibos físicos. Se utilizó una metodología de investigación mixta, aplicando encuestas con escala de Likert para evaluar la satisfacción de los usuarios. Los resultados mostraron que EasyPay Passenger tiene un tiempo de respuesta de 0.1 segundo al pagar con QR, y EasyPay Driver fue probado durante 5 horas continuas sin errores, respondiendo

en menos de 1 segundo a las peticiones de la base de datos. Los usuarios consideraron que EasyPay es una herramienta prometedora para modernizar el transporte urbano en Guadalajara. Su implementación no solo mejora la calidad del servicio, sino que también contribuye al concepto de ciudad inteligente, colocando al ciudadano en el centro de la experiencia y mejorando su calidad de vida.

PALABRAS CLAVE: Pagos automatizados, sistema de prepago, ciudades inteligentes, pago con código QR, transporte público.

ABSTRACT: Public transportation in the Guadalajara Metropolitan Area faces the issue that drivers must perform two tasks: driving and handing out payment receipts, which can distract them from their main responsibility. Additionally, this area is a growing tourist destination, which poses mobility challenges. Currently, special cards are required to use the transportation system, but acquiring and recharging them is complicated, and they are often discarded, harming the environment. This paper proposes the development of a mobile app for Android, called EasyPay, with two versions: Passenger (users) and Driver (drivers). Its goal is to improve the efficiency of public transportation by enabling the electronic recharge of a virtual prepaid card and access through QR technology, eliminating the need to issue physical receipts. A mixed-methods research approach was used, applying Likert scale surveys to evaluate user satisfaction. The results showed that EasyPay Passenger has a response time of 0.1 seconds when paying with QR, and EasyPay Driver was tested for 5 continuous hours without errors, responding to database requests in less than 1 second. Users found EasyPay to be a promising tool for modernizing urban transportation in Guadalajara. Its implementation not only improves service quality but also contributes to the smart city concept, placing the citizen at the center of the experience and improving their quality of life.

KEYWORDS: Automated payments, prepaid systems, smart cities, QR code payment, public transport.

INTRODUCCIÓN

En las grandes ciudades, existe la necesidad de mejorar los servicios que influyen en la calidad de vida. Estas necesidades evolucionan con el crecimiento poblacional, el ritmo acelerado de vida y los nuevos retos ambientales. Las tecnologías emergentes permiten realizar cambios a gran escala con mayor rapidez. Sin embargo, algunas barreras, como los altos costos tecnológicos, la falta de recursos económicos y la carencia de personal capacitado, pueden obstaculizar el desarrollo de proyectos. Sin una estrategia para superar estos obstáculos, los servicios pueden volverse obsoletos. Tal es el caso del transporte público en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), que incluye 10 municipios de Jalisco: San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Acatlán de Juárez, Zapotlanejo y la capital, Guadalajara (Buñuelos, 2018).

La ZMG, siendo la segunda área metropolitana más poblada de México, con alrededor de 5 millones de habitantes (CNN, 2018), es un importante destino turístico. El

transporte público es la primera opción de movilidad para los turistas, pero presenta varios desafíos. Entre ellos, la necesidad de adquirir tarjetas especiales para usar el servicio, las cuales suelen ser desechadas al finalizar la estancia, dañando el medio ambiente. Además, la recarga de estas tarjetas es difícil debido a la escasez de terminales fuera de las zonas céntricas o estaciones de tren ligero. A esto se suma la barrera del idioma, ya que la información en las máquinas expendedoras está solo en español, dificultando el uso del sistema por parte de turistas extranjeros (Anwar et al., 2020).

El modelo actual de transporte público en la ZMG también requiere que los conductores realicen dos tareas: conducir y entregar recibos de pago, lo que puede distraerlos de su principal función.

Empresas como Samsung, Apple y Google ya han incursionado con éxito en los pagos móviles en países como Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Corea del Sur, España y Estados Unidos. En México, Samsung Pay llegó en febrero de 2017, y para ese año, “El Economista” reportó que más de 200,000 usuarios estaban activos en la plataforma, destacando que los usuarios se sienten más seguros con este medio de pago (Economista, 2018).

Un informe de Samsung de 2018 reveló que el 56% de los usuarios de servicios bancarios en México creen que el dinero en efectivo se volverá obsoleto a largo plazo, ya que casi todo se puede gestionar desde el teléfono móvil (Samsung, 2018). Sin embargo, no existen desarrollos previos de pagos electrónicos en el transporte público de Guadalajara.

Este proyecto propone una solución segura para realizar transacciones de pagos móviles, permitiendo consultar saldos, realizar recargas y controlar el ingreso y pago de usuarios en las unidades de transporte público de la ZMG. La App EasyPay ofrece una forma sencilla de recargar y acceder al transporte, agilizando los procesos, reduciendo el tiempo de acceso y contribuyendo a la disminución del uso de plásticos.

Para evaluar el desempeño de EasyPay y la satisfacción de los usuarios, se empleó una metodología de investigación mixta, con encuestas que midieron métricas cuantificables y opiniones subjetivas, lo que permitió mejorar el diseño y la funcionalidad de la aplicación.

El objetivo de este trabajo es proponer el análisis y desarrollo de EasyPay, una App móvil para Android, centrada en el prepago integral para mejorar la eficiencia del transporte público en la ZMG. EasyPay contará con dos versiones: Passenger para usuarios y Driver para conductores. La App permitirá recargar electrónicamente una tarjeta de prepago virtual y acceder mediante tecnología QR, eliminando la necesidad de emitir recibos físicos. Con esta implementación, se busca posicionar a la ZMG como una Ciudad Inteligente (Visan et al., 2022).

La implementación de esta aplicación mejorará significativamente la satisfacción de los usuarios en el proceso de pago en el transporte público de la ZMG. La hipótesis planteada es que un sistema de prepago integral aumentará la eficiencia del servicio y la satisfacción de los usuarios al simplificar el proceso de pago.

Las preguntas de investigación que guían este proyecto son: ¿Cómo impacta el uso de una App de prepago en la experiencia del usuario de transporte público? y ¿Qué ventajas operativas trae la adopción de una App de prepago en el sistema de transporte público de la ZMG?

Este capítulo se estructura de la siguiente manera: primero, se presenta el marco teórico, que contextualiza el sistema actual de pago en el transporte público de México. Luego, en la sección de metodología, se describen las tecnologías de pago móvil desarrolladas en Ciudades Inteligentes y la arquitectura de EasyPay como sistema de prepago electrónico. Finalmente, se exponen los resultados, la discusión de la implementación y las conclusiones.

MARCO TEÓRICO

En el año 2020, un promedio de 1,386,831 pasajeros utilizaron mensualmente el transporte público en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) (INEGI, 2023). En enero de 2021, estos pasajeros se distribuyeron entre cuatro medios de transporte: trolebús, tren eléctrico, macrobús y tren ligero. (Ver figura 1).

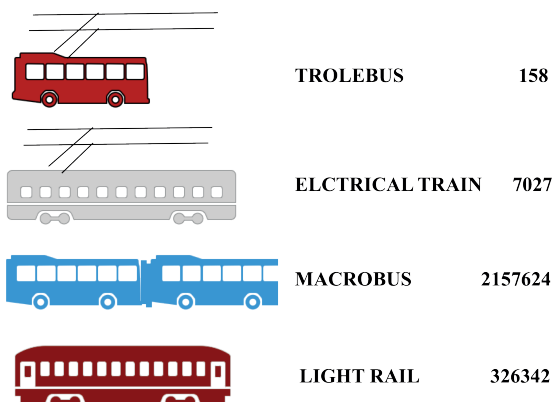


Figura 1. Promedio de pasajeros en enero del 2021 en ZMG por medio de transporte.

Fuente propia.

Debido a la alta demanda, especialmente en horas pico, los usuarios del Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR) enfrentan tiempos prolongados de espera para adquirir o recargar las tarjetas de prepago necesarias para acceder al transporte público. Además, las unidades solo aceptan el monto exacto de pago, lo que genera inconvenientes para aquellos que no cuentan con cambio o que están lejos de las terminales de recarga, ubicadas mayormente en las estaciones del tren ligero. A esto se suma la dificultad para acceder a servicios de recarga si no se dispone de datos móviles para realizar transacciones en línea.

La falta de una infraestructura digital de transporte público también impide a los usuarios conocer la ubicación geográfica de las unidades, limitando su capacidad de

planificar rutas y gestionar su tiempo. Según Michaela y Horák (2020), en una encuesta sobre Ciudades Inteligentes, se destacó que “los ciudadanos esperan soluciones que mejoren la calidad del servicio de transporte público y promuevan el uso de recursos renovables”. Esto subraya la importancia de desarrollar herramientas que optimicen la experiencia diaria de los usuarios del transporte público.

Tecnologías de pago en Ciudades Inteligentes

Las ciudades, como infraestructuras urbanas, incluyen redes de calles, alcantarillado, tuberías de agua, edificios, parques y espacios recreativos. Estos factores, junto con los servicios ofrecidos y la interacción social, influyen directamente en la calidad de vida de los ciudadanos. Con el aumento de la población urbana en el siglo XXI, surgen nuevos retos que se abordan mediante la implementación de Tecnologías de la Información para mejorar la vida de sus habitantes (Bubelíny et al., 2021).

Uno de los aspectos clave de este enfoque es la movilidad, ya que reducir las emisiones de CO₂ causadas por el transporte es fundamental para mejorar la calidad de vida. Además, las Ciudades Inteligentes optimizan los presupuestos públicos al mejorar los procesos urbanos, fomentando la innovación en diferentes sectores.

Una Ciudad Inteligente es un ecosistema complejo en el que intervienen múltiples agentes y procesos interconectados. Un aspecto crucial para su éxito es el uso adecuado de tecnologías de la información y comunicación por parte de los ciudadanos en su vida diaria (Santos, 2018). En este contexto, el concepto de Ciudad Inteligente está estrechamente relacionado con el Internet de las Cosas (IoT), una tecnología que permite la conexión e intercambio de información entre dispositivos, facilitando la creación de un entorno digital completamente integrado (Martínez, 2022).

El Internet de las Cosas (IoT) no solo permitirá la conexión entre más personas, sino que facilitará la integración de dispositivos y objetos físicos en un entorno digital. Esto incluye edificios, automóviles, electrodomésticos, contadores y, en este caso, el transporte público, donde se podría implementar un sistema de pago móvil y seguimiento en tiempo real. Esta “nueva realidad en red” cambiará la forma en que se gestiona desde una casa hasta una ciudad o incluso la economía de un país (Santos, 2018).

La popularidad de las Ciudades Inteligentes ha crecido, y su aplicación ha sido respaldada por varios documentos clave. Uno de ellos es “Ciudades Inteligentes. Documento a visión 2030”, creado por el Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes, donde se abordan los principales problemas desde 2015 y las proyecciones hasta 2030, con énfasis en el desplazamiento poblacional a las ciudades (Pagán, 2019).

Este documento también presenta diversas acciones derivadas de la colaboración con aproximadamente 20 plataformas tecnológicas en áreas como energía, medio ambiente,

infraestructuras, movilidad y servicios gubernamentales, con el fin de ofrecer soluciones a los problemas que podrían surgir en ese período.

Otro documento relevante es “Ciudades Inteligentes: un primer paso hacia el Internet de las cosas”, publicado por Fundación Telefónica. Aquí se explican los tipos de servicios que ofrecen las Ciudades Inteligentes, así como algunas iniciativas tecnológicas en áreas como el IoT y el “Internet del Futuro”. Además, define el modelo objetivo de una Ciudad Inteligente en función de su vocación y la visión de los distintos actores, tanto gubernamentales como privados (Santos, 2018).

En Colombia, el “Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” publicó “Ciudades Inteligentes: Oportunidades para crear soluciones sostenibles”, donde se analizan las acciones necesarias para construir una Ciudad Inteligente y los indicadores que se pueden usar para medir sus resultados. También se detallan estudios de caso en los que se han aplicado estas acciones en ciudades colombianas, brindando lecciones valiosas para gobiernos y empresas privadas (Ramírez et al., 2023).

A pesar de que las Ciudades Inteligentes son un fenómeno global, los resultados varían considerablemente entre países, debido a factores contextuales que difieren en cada ciudad. El documento “Ciudades Inteligentes de Iberoamérica: ejemplos de iniciativas desde el sector privado, la sociedad civil, el gobierno y la academia” destaca las diversas realidades entre ciudades de América Latina y Europa, que han surgido con la implementación de proyectos relacionados con Ciudades Inteligentes (Ramírez et al., 2023).

El aporte de las TIC a las Ciudades Inteligentes

Otro aspecto fundamental es el papel de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la construcción de ciudades inteligentes. Un texto que examina casos de estudio en ciudades argentinas muestra cómo diversas empresas tecnológicas están invirtiendo en estas iniciativas. La revisión conceptual y teórica de las ciudades inteligentes también menciona los parámetros con los que se puede medir el éxito de estos proyectos, principalmente en ciudades latinoamericanas (Cotino et al., 2023).

En el contexto del transporte público, las Ciudades Inteligentes ofrecen la posibilidad de unificar métodos de pago. Un caso ejemplar es el de Singapur, donde la unificación del sistema de pagos electrónicos ha mejorado la experiencia de los viajeros al reducir costos y aumentar la eficiencia operativa. Además, la base de datos generada por este sistema permite identificar perfiles de viajeros y optimizar las rutas de transporte (Santos, 2018). Actualmente, más de 10 millones de tarjetas electrónicas están en uso en Singapur, demostrando su aceptación entre los usuarios (Home, 2020).

Código Quick Response para efectuar pagos del Transporte Inteligente

El código QR (Quick Response) ha ganado popularidad en servicios a nivel mundial. Se utiliza para acceder a información de productos, mapas, rutas de transporte, menús de restaurantes y, más recientemente, como método de pago. El código QR fue desarrollado en 1994 por Denso, una empresa subsidiaria de Toyota, y fue aprobado como estándar internacional en 2000 (Vishwakarma et al., 2021).

Un estudio realizado en la Universidad de Kasetsart, Tailandia, con 405 estudiantes, evaluó el uso del código QR como método de pago en aplicaciones bancarias móviles. Los resultados mostraron que es fácil de usar y ha impulsado el aumento de usuarios que adoptan esta tecnología (Anwar et al., 2020).

Zhang (2018) también analizó el éxito del uso de códigos QR en China e India, destacando que su popularidad se debe a que no requiere equipos costosos ni grandes inversiones, además de ser seguro y fácil de implementar.

Esta tecnología puede ser utilizada por cualquier persona con un dispositivo compatible, lo que beneficia tanto a los usuarios locales como a los turistas, ya que no será necesario adquirir una tarjeta física para abordar el transporte público, permitiendo el acceso a través de un simple código QR.

Casos de implementación de códigos QR en el transporte público

En esta subsección, se revisan ejemplos de pagos mediante tecnología NFC (Near Field Communication) y códigos QR en el transporte público de ciudades como Beijing, una de las más pobladas de China, y Valencia, la tercera ciudad más grande de España. Estos ejemplos se comparan con la propuesta de solución para la ZMG.

Tabla 1. Comparación entre estrategias digitales para el pago del transporte público.

Función	Aka Yikatong Card	App Mobilis NFC	EasyPay
Método de pago	Apple Pay, AliPay, WeChatPay	Tarjetas de crédito y débito	Tarjetas de crédito, débito y PayPal
Tecnologías	NFC y QR (Transporte público de Beijing)	NFC (Transporte en Valencia)	QR y FC (Transporte en ZMG)
Plataformas	Android y IOS	Android y SIM NFC	Android y IOS (próximamente).
Fuera de línea	No	Sí	Sí
Función de uso	Pagos integrados a través de apps móviles en todos los transportes públicos	Pagos NFC directamente en estaciones y transportes con conexión a plataformas bancarias	Pagos QR directamente desde la app en todas las unidades

Elaboración propia.

En ambos casos se observa el uso de NFC y códigos QR; sin embargo, presentan limitaciones, principalmente relacionadas con los usuarios. El servicio está disponible solo en un idioma y es compatible con un tipo limitado de dispositivos para acceder a la plataforma. En el caso de Valencia, aunque tiene el potencial de posicionarse como una Ciudad Inteligente (Erazo-Garzón, 2018), los esfuerzos en el transporte público han enfrentado restricciones en cuanto a la implementación de pagos digitales.

METODOLOGÍA

En este trabajo se empleó una metodología de investigación mixta, que incluyó la aplicación de una encuesta para obtener tanto métricas cuantificables de satisfacción como opiniones subjetivas de los usuarios. Estos datos contribuyeron a la mejora del diseño y la funcionalidad de la App EasyPay, enfocándose en explorar las percepciones y experiencias de los usuarios del transporte público en la ZMG. Se tomó una muestra de 10 usuarios como estudio exploratorio para obtener retroalimentación rápida y directa, con el objetivo de realizar ajustes durante la prueba piloto. Esta muestra fue suficiente para alcanzar la saturación de datos, ya que las respuestas se volvieron repetitivas, permitiendo identificar mejoras necesarias en esta fase inicial, donde se evaluaba el rendimiento de EasyPay en los diversos dispositivos móviles utilizados en el estudio.

Los usuarios evaluados tenían entre 21 y 54 años, con un nivel académico que variaba desde bachillerato hasta doctorado. Los dispositivos utilizados presentaban distintas versiones de Android, con variadas especificaciones de memoria, modelos y marcas. Se implementó una encuesta con cinco preguntas, en las que se evaluaba la interfaz de usuario, la facilidad de uso, la claridad de los títulos del menú, los reportes de errores y las sugerencias de los usuarios.

Dentro de la evaluación se incluyeron marcas como Samsung, Xiaomi, Umidigi, Huawei, Lenovo y Motorola, en versiones de Android desde la 5.0 (Lollipop) hasta la 10.0 (Android Q). Los dispositivos iban desde gamas bajas (con 1 GB de memoria RAM) hasta gamas altas (con 8 GB de RAM). En cada uno de estos dispositivos se instalaron los APK (archivos de instalación fuera de la tienda de Google) de las dos versiones de la App: EasyPay Passenger y EasyPay Driver. Para las pruebas se utilizó un servidor local dentro de la aplicación Xampp versión 2.3.4, con consultas realizadas a la base de datos en lenguaje PHP, implementada en el gestor MySQL con la herramienta visual WorkBench versión 8.0.

A continuación, se presenta la arquitectura del sistema EasyPay, los resultados de su implementación, un caso de estudio en ejecución y los resultados de la evaluación de la satisfacción de los usuarios con respecto a la App.

La App EasyPay propuesta como sistema de prepago electrónico integral para el sistema de transporte público de la ZMG funciona mediante dispositivos móviles. Los

usuarios deben registrarse en la App y agregar una tarjeta de crédito o débito. Los pagos se realizan utilizando tecnología de códigos QR. Para efectuar el pago, basta con que el usuario acerque su teléfono móvil a una terminal de pago.

Arquitectura de EasyPay

La arquitectura de EasyPay incluye dos tipos de usuarios: pasajeros (Passenger) y conductores (Driver). En la figura 2 se presenta el diagrama de clases para la aplicación EasyPay Passenger, tanto para usuarios con acceso a Internet como sin él.

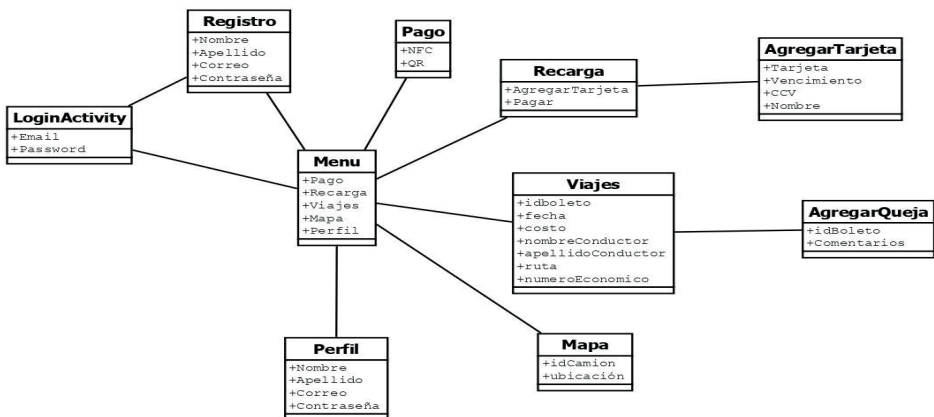


Figura 2. Diagrama de clases para la aplicación EasyPay Passenger.

Fuente propia.

El diagrama muestra 10 clases y sus relaciones, que se detallan a continuación:

- *LoginActivity*: Permite al usuario ingresar a la App, verificar sus credenciales y revisar el saldo de su cuenta.
- *Registro*: Registra el nombre, apellido, correo y contraseña del usuario.
- *Menú*: Despliega las opciones de pago, recarga, viajes y perfil, conectándose con las clases LoginActivity, Registro, Pago, Recargar, Viajes y Perfil.
- *Pago*: Administra las conexiones QR y garantiza una comunicación segura con la aplicación del conductor.
- *Recargar*: Procesa los pagos de recargas mediante un procesador seguro. El usuario selecciona el método de pago, ingresa la cantidad y confirma la transacción.
- *AgregarTarjeta*: Almacena la información de las tarjetas del usuario, evitando que este deba ingresar los datos financieros en cada recarga.

- *Viajes*: Muestra los viajes realizados de forma digital, eliminando el uso de tickets en papel. Permite buscar viajes anteriores.
- *AgregarQuejas*: Permite al usuario agregar quejas o sugerencias sobre los viajes realizados.
- *Perfil*: El usuario puede modificar su información personal como nombre, apellido, correo o contraseña.

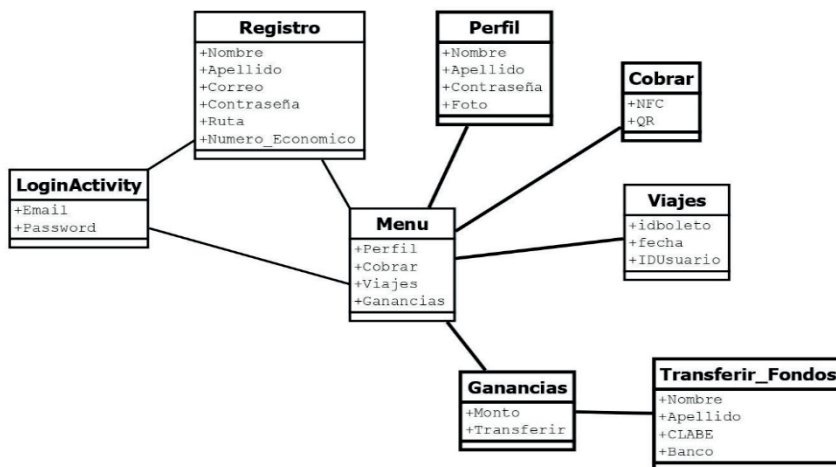


Figura 3. Diagrama de clases para la aplicación EasyPay Driver.

Fuente propia.

La vista de diseño del conductor incluye 8 clases:

- *LoginActivity*: El conductor ingresa a la App utilizando su email y contraseña.
- *Registro*: Registra el nombre, apellido, correo y contraseña del conductor, así como datos de la unidad de transporte como la ruta y el número económico.
- *Menú*: Facilita la navegación dentro de la App.
- *Perfil*: Permite al conductor modificar su información personal y actualizar su fotografía.
- *Pago*: Administra las conexiones QR para efectuar el cobro de los pasajes.
- *Viajes*: Muestra de forma digital los viajes realizados por el conductor, facilitando la búsqueda de viajes anteriores.
- *Ganancias*: Permite al conductor ver el monto total recaudado y transferirlo a su cuenta bancaria.
- *Transferencia_Fondos*: Solicita al conductor los datos de su cuenta bancaria para transferir las ganancias.

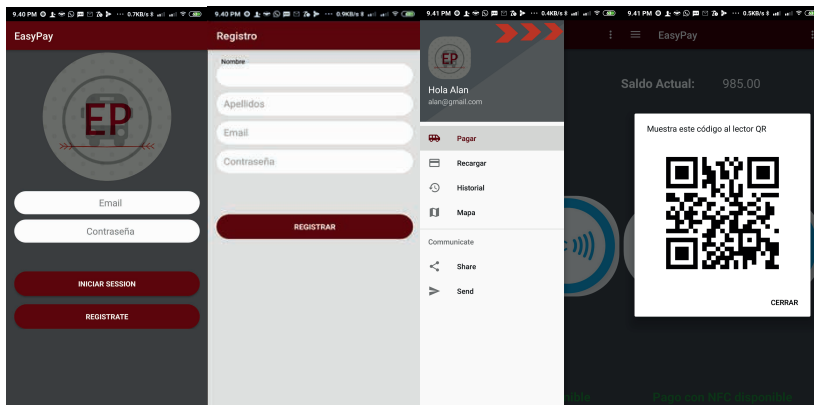


Figura 5. Interfaz de la aplicación EasyPay Passenger.

Fuente propia.

En la figura 5 se muestran las principales interfaces de EasyPay Passenger. Los usuarios ingresan a la App mediante su email y contraseña. Actualmente, solo se pueden realizar pagos con el código QR, aunque está previsto desarrollar el pago lector mediante NFC en futuras versiones. El usuario selecciona el método de pago y acerca su dispositivo al del conductor para completar la transacción. Los pagos se pueden realizar sin necesidad de Wi-Fi o datos móviles, y los usuarios también pueden reportar anomalías durante los viajes. Para abonar saldo, el usuario puede utilizar tarjeta de crédito, débito o PayPal. La interfaz utiliza iconos universales para facilitar la identificación de los métodos de pago. Una vez ingresados los datos de la tarjeta, esta se guarda para futuras recargas.

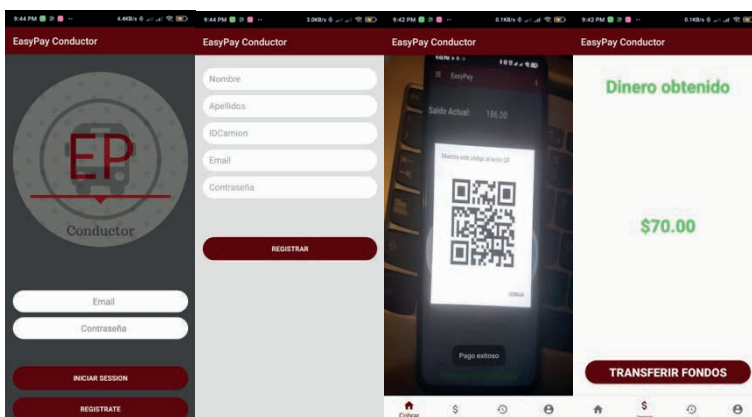


Figura 6. Interfaz de la aplicación EasyPay Driver.

Fuente propia.

La interfaz de EasyPay Driver es similar a la de EasyPay Passenger en cuanto a la gestión de usuarios, pero añade un campo específico para registrar el ID de la unidad de transporte. La función principal de EasyPay Driver es procesar los pagos mediante códigos QR y, próximamente, mediante NFC. Como se muestra en la figura 6, el conductor debe mantener la cámara activa para escanear el código QR del pasajero. Una vez que el código ha sido escaneado, se muestra una notificación que confirma si el pago fue exitoso o si hay un aviso de saldo insuficiente. Esta notificación visual está acompañada por un mensaje de voz que confirma el estado de la transacción. Además de procesar los pagos, EasyPay Driver permite al conductor consultar el saldo acumulado de los boletos cobrados y transferirlo a una cuenta bancaria cuando lo desee. Esta característica es clave para la administración de las ganancias obtenidas por el conductor, proporcionando una mayor facilidad de gestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación EasyPay Passenger mostró un tiempo de respuesta de 1 segundo al realizar pagos mediante código QR. Esto se debe a que el sistema realiza una única validación de datos, la cual se vincula directamente con la aplicación EasyPay Driver, a diferencia de otras aplicaciones de pago móvil, como Samsung Pay, que requieren dos validaciones en su proceso de transacción.

La aplicación EasyPay Driver fue probada en modo conductor durante 5 horas continuas, manteniendo la cámara encendida en todo momento y presentando un comportamiento estable en las consultas y actualizaciones de la base de datos, con un tiempo de respuesta inferior a 1 segundo.

Para evaluar EasyPay, se aplicó una encuesta con una escala Likert de 10 puntos, donde 1 representa “totalmente en desacuerdo” y 10 “totalmente de acuerdo”. La muestra de 10 usuarios respondió a 7 ítems, obteniéndose los siguientes resultados:

1. Interfaz de EasyPay: El 40% de los encuestados otorgó 10 puntos, el 10% calificó con 9, el 30% con 8 y el 20% con 7.
2. Facilidad de uso: El 60% asignó 10 puntos, el 30% calificó con 9 y el 10% con 7.
3. Facilidad de uso (consistencia en la interacción): El 60% calificó con 10 puntos, el 30% con 9 y el 10% con 7.
4. Claridad de los títulos del menú: El 90% consideró los títulos claros, mientras que el 10% opinó lo contrario.
5. Detección de errores: El 90% no detectó errores en la interacción con EasyPay, mientras que el 10% indicó haber encontrado alguno.
6. Especificación de errores: Los usuarios reportaron problemas de formato en los datos de usuario.
7. Sugerencias para futuras versiones: El 60% recomendó lanzar la aplicación para beneficio de las ciudades y extender su uso a otros comercios; el 40% sugirió mejorar la presentación de la interfaz y los colores.

CONCLUSIONES

El desarrollo de las aplicaciones EasyPay Passenger y EasyPay Driver ha representado un reto debido a la complejidad inherente al lenguaje de programación orientado a objetos Java. Los datos indican que los usuarios perciben EasyPay como una herramienta prometedora para modernizar el sistema de transporte urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Ambas aplicaciones han mostrado ventajas significativas, como el rápido tiempo de respuesta, la facilidad de uso de la interfaz, el historial digital de viajes, la eliminación del ticket impreso en papel y la posibilidad de enviar reportes en caso de anomalías. Asimismo, se destaca el amplio alcance potencial de EasyPay (usuarios con dispositivos Android) y la capacidad de consultar el saldo en tiempo real. La validación única en el proceso de pago demostró ser segura y eficiente, optimizando el tiempo y reduciendo la carga en el servidor. Además, el sistema contribuye a reducir distracciones para el conductor, al eliminar la necesidad de entregar recibos durante el trayecto.

El desarrollo del sistema de prepago integral para el transporte público en la ZMG se basó en una metodología de investigación científica con un enfoque mixto, combinando análisis cualitativos y cuantitativos. Este enfoque permitió identificar las necesidades de los usuarios y evaluar las soluciones tecnológicas más adecuadas. Durante la fase de recolección de datos, se obtuvo información clave sobre los hábitos de movilidad; posteriormente, la modelación y validación del prototipo se realizó mediante experimentos controlados, garantizando la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Esta metodología asegura que el sistema desarrollado responda eficazmente a los desafíos del transporte público en la ZMG.

En futuras implementaciones, se pretende integrar la funcionalidad de pago mediante NFC y añadir un sistema GPS a EasyPay Driver, proporcionando la ubicación en tiempo real de la unidad sin requerir costos adicionales en equipo externo, incrementando así el valor de la aplicación. Se planea también una plataforma multilenguaje para expandir el acceso a un mayor número de usuarios.

REFERENCIAS

- Anwar, N., Rasjidin, R., Najooan, D. S., Rolando, C., Tamimmanar, & Warnars, H. L. H. S. (2020). E-payment for Jakarta smart public transportation, using the Point system for E-commerce. *Journal of physics. Conference series*, 1477(2), 022035. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/2/022035>
- Bajaña, O., & Stephania, E. (2018). Comunicaciones M2M en trenes de alta velocidad: Aplicación de métodos adaptativos al canal de acceso aleatorio de LTE-A. *RIUNET*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/110834>
- Bañuelos-Miranda, K. (2018). Criterios para transformar corredores de movilidad periurbanos a escala humana en el Área Metropolitana de Guadalajara. *ITESO*.

- Bubeliny, O., Kubina, M., & Varmus, M. (2021). Railway Stations as Part of Mobility in the Smart City Concept. *Journal Transportation Research Procedia*, 53, 274-28. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.039>
- Catzín-Tamayo, A. H., & Frausto-Martínez, O. (2023). Análisis bibliométrico de desarrollo sostenible en destinos turísticos del Caribe mexicano: Énfasis caso Cozumel. *Teoría y praxis*, 31, 10–20. <https://doi.org/10.54188/UD/03/A/04>
- CNN. (2018). The best things to do in Guadalajara, Mexico. *CNN Travel*. <https://edition.cnn.com/travel/article/things-to-do-guadalajara-mexico/index.html>
- Cotino Hueso, L., & Sánchez Acevedo, M. (2021). Guía de ciberseguridad para ciudades inteligentes. *Inter-American Development Bank*. <https://publications.iadb.org/es/guia-de-ciberseguridad-para-ciudades-inteligentes>
- Daeseon, C., & Younho, L. (2018). Eavesdropping of magnetic secure transmission signals and its security implications for a mobile payment protocol. *IEEE Journals & Magazine*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8419696>
- Díaz-Padilla, R. (2018). Criterios Para transformar corredores de movilidad periurbanos a escala humana en el área metropolitana de Guadalajara. *ITESO*. <https://rei.iteso.mx/handle/11117/5582>
- Economista, E. (2022). Samsung Pay llega a México para facilitar pagos móviles. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/el-empresario/Samsung-Pay-llega-a-Mexico-para-facilitar-pagos-moviles--20180201-0168.html>
- Erazo-garzón, L. X. (2018). La evolución de la urbe hacia las ciudades inteligentes. *Uda Akadem*, 1, 58–69. <https://doi.org/10.33324/udaakadem.vi1.131>
- Fang, Y., & Shan, Z. (2022). How to promote a smart city effectively? An evaluation model and efficiency analysis of smart cities in China. *Sustainability*, 14(11), 6512. <https://doi.org/10.3390/su14116512>
- INEGI. (2023). Transporte Urbano de Pasajeros. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. <https://www.inegi.org.mx/programas/transporteurbano/>
- López Pagán, J. (2019). La Agenda 2030 en Iberoamérica: visión y misión desde el ámbito local. *Comillas Journal of international relations*, 16, 138–153. <https://doi.org/10.14422/cir.i16.y2019.010>
- Martínez, I. (2022). SMART CAMPUS: Ecosistema digital de internet de las cosas (IoT) como factoría de aprendizaje, conocimiento y transferencia: Nota de investigación. *Geographicalia*, 74, 135–142. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2022747217
- Pérez-Hernández, G., Ehrenberg, N., Gómez-Duarte, I., Artaza, O., Cruz, D., Leyns, C., López-Vázquez, J., Perman, G., Ríos, V., Robles, W., Rojas-Araya, K., Sáenz-Madrigal, R., & Solís-Calvo, L. (2022). Pilares y líneas de acción para los sistemas de salud integrados y centrados en las personas y las comunidades. *Revista panamericana de salud pública*, 46, 1. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2022.48>
- Ramírez Rosete, N. L., González González, M. J., & Tapia Carlin, R. E. (2023). Ciudades inteligentes como nuevos desarrollos urbanos: sostenibilidad, conocimiento y comunicación. *Nova scientia*, 15(30), 1–13. <https://doi.org/10.21640/ns.v15i30.3160>
- Samsung (2018). Samsung Pay llega a revolucionar los pagos móviles en México. *Samsung Newsroom México*. <https://news.samsung.com/mx/samsung-pay-llega-a-revolucionar-los-pagos-moviles-en-mexico>

Santos, J. (2018) Smart Cities. Un paso hacia el Internet de las cosas. *Repositorio Universidad de Guayaquil*. <http://repositorio.uq.edu.ec/handle/redug/27049>

SEPLAN. (2020). MIDE: Monitoreo de Indicadores del Desarrollo de Jalisco. *Planeación y participación ciudadana*. <https://seplan.app.jalisco.gob.mx/mide/panelCiudadano/inicio>

SITEUR. (2020). Características. <https://www.siteur.gov.mx/>

Solís, C. (2023). ¿Cómo se paga el transporte público en Guadalajara? La tarjeta mi movilidad es la respuesta. *Debate*. <https://www.debate.com.mx/guadalajara/Como-se-paga-el-transporte-publico-en-Guadalajara-La-tarjeta-Mi-Movilidad-es-la-respuesta-20230125-0317.html>

The Beijing Center. (2018). How to Use Your Phone As a Subway Card. <https://thebeijingcenter.org/how-to-use-your-phone-as-a-subway-card/>

Trainsfare. (2019). Unlimited electronic tickets at Beijing subway. <https://www.trainsfare.eu/unlimited-electronic-tickets-beijing>

TravelChinaGuide. (2023). Beijing Transportation Smart Card. <https://www.travelchinaguide.com/cityguides/beijing/transportation/smart-card.htm>

Visan, M., Negrea, S., & Mone, F. (2022). Towards intelligent public transport systems in Smart Cities; Collaborative decisions to be made. *Procedia Computer Science*, 200, 563–570. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922001569>

Vishwakarma, P., Tripathy, A., & Vemuru, S. (2021). Cryptanalysis of near field communication-based authentication protocol for mobile payment system. *Wireless Personal Communications*, 121(1), 963–983. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-021-08667-x>

Zhang, P. (2018). Why QR code payment develop well in China? Research Topics in HCI Coursework, University of Birmingham. <https://www.semanticscholar.org/paper/Why-QR-code-payment-develop-well-in-China-Zhang/b428f1068de064958d55470a063c5da3eb90a8d6>

Michaela, Z. & Horák, T. (2020). Smart Cities and Quality of Life perception in the Czech Republic, Smart Cities Symposium Prague (SCSP), Prague, Czech Republic, pp. 1-5, doi: 10.1109/SCSP49987.2020.9134057.