**Análisis de sistemas de pago electrónico en movilidad urbana para la ciudad de Ambato**

**Proyectos de Investigación Aplicada Red DUS Tungurahua**

Autores:

José Miranda

Michael Intriago

Héctor Cobo

Con el apoyo de:

Red DUS. Grupo FARO y GIZ Ecuador

Ambato, diciembre de 2020

# Índice de contenido

[Índice de contenido 2](#_Toc59198149)

[Índice de tablas 2](#_Toc59198150)

[Índice de ilustraciones 2](#_Toc59198151)

[Resumen 3](#_Toc59198152)

[Introducción 3](#_Toc59198153)

[Aproximación conceptual 4](#_Toc59198154)

[Metodología 5](#_Toc59198155)

[Resultados 5](#_Toc59198156)

[Reflexiones finales 10](#_Toc59198157)

[Recomendaciones 11](#_Toc59198158)

[Bibliografía 11](#_Toc59198159)

# Índice de tablas

[Tabla 1 6](#_Toc59198162)

[Tabla 2 7](#_Toc59198163)

[Tabla 3 8](#_Toc59198164)

# Índice de ilustraciones

[Figura 1 5](#_Toc59198169)

Este documento de trabajo ha sido realizado en el marco de cooperación técnica de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) del Gobierno Federal de Alemania, desde el Programa Ciudades Intermedias Sostenibles. Las ideas, opiniones y datos contenidos en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan una posición institucional de GIZ o BMZ.

# Resumen

En el cantón Ambato actualmente se desarrolla la actualización del Plan Maestro de Transporte y Movilidad con énfasis en la generación de una movilidad sostenible; que dentro de los resultados esperados busca la optimización de los sistemas de transporte y la movilidad, incluyendo el cambio del actual y obsoleto sistema de recaudo tradicional. La investigación tomó datos fundamentales para realizar un análisis completo de cuáles son las mejores prácticas, estructura, arquitectura y tecnología que debe tener un sistema de pagos electrónicos para movilidad sostenible que se adapte a las necesidades del cantón Ambato y a su realidad en el contexto POST COVID-19. Además de haber ejecutado un proceso documental, bibliográfico y de observación se utilizó matrices comparativas para evaluar cuales son los medios de pago con mejores prestaciones y que son tendencia a nivel mundial en sistemas de pago innovadores y que garanticen cumplir con las expectativas planteadas de interoperabilidad e intermodalidad en el transporte. Se evidenció que a nivel mundial existe una directriz evidente del cambio de sistemas de pagos propietarios y cerrados a sistemas con jerarquías por niveles, tecnologías abiertas basadas en cuentas virtuales en la nube y el uso de medios electrónicos de pago enlazados a la banca como tarjetas de crédito, débito y billeteras electrónicas. La arquitectura de un sistema de esta índole a implementarse para la ciudad de Ambato, debe ajustarse a estas tendencias y permitir la integración y evolución continua de los medios de pago desde los medios cerrados a abiertos y todas sus variantes tecnológicas.

**Palabras claves:** movilidad, transporte, pago electrónico, recaudo.

# Introducción

Analizar los sistemas de pago electrónico en movilidad urbana para la ciudad de Ambato es un punto fundamental para transformar la manera en que los usuarios se mueven de un lugar a otro en las diferentes modalidades de transporte. La investigación es un aporte para transformar la manera tradicional de pagar las tarifas lo cual es esencial en el contexto post COVID-19 en Ambato, de igual manera el documento proporciona información importante para la toma de decisiones por parte de las autoridades en busca de la implementación de un sistema innovador de pagos electrónicos.

Para lograr un sistema de pagos electrónicos eficientes, sostenibles y escalables es importante el SUMP Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato y que este se alinee a una arquitectura de niveles donde se permita un sistema interoperable e intermodal como se plantea en la presente investigación. La investigación documental, bibliográfica y de observación realizada compila en su esencia las mejores prácticas, protocolos, arquitecturas y estándares de los casos de éxito con renombre a nivel mundial, con el objetivo de que la ciudad se asemeje o supere el éxito logrado en ciudades de primer mundo.

La investigación es una guía para considerar los pros y contras de los diferentes medios de pago electrónico que se adapten a la realidad de la ciudad bajo el concepto de la intermodalidad los mismos medios podrán ser utilizados en buses, taxis, alquiler de bicicletas y cualquier otro tipo de modalidad de transporte a utilizarse en futuro. Además, en el documento se analiza la funcionalidad de que un medio electrónico también permita multi aplicaciones adicionales a la de transporte, como su uso para el acceso a lugares como bibliotecas, terminales, espacios gubernamentales, incluso para ejecutar micro pagos donde un terminal de validación se encuentre disponible.

El concepto de interoperabilidad documentado en la investigación señala que en un ecosistema integral de movilidad y recaudo pueden existir múltiples actores, proveedores y operadores de transporte, los cuales pueden compartir una misma solución, mismos medios de pago electrónico y un mismo sistema manejado desde un punto central que integre a la ciudad de una manera efectiva y así optimizando los recursos disponibles.

# Aproximación conceptual

Establecer la arquitectura, la tecnología, los estándares, las normativas, las reglas de negocio y los roles dentro de la operación, es lo esencial para implementar sistemas óptimos de movilidad e inteligencia en transporte. Este abordaje del análisis de un sistema de pagos electrónicos para movilidad urbana se basa en tres pilares o perspectivas principales y sus áreas de competencias. El primer pilar es el institucional que define la estructura de control y es el encargado de la toma de decisiones para el correcto funcionamiento del sistema, la perspectiva comercial es otro punto crucial para distribuir los ingresos y comisiones operativas de manera equitativa, mientras que el tercer pilar principal es el técnico, que debe garantizar a los usuarios el uso integral del sistema de transporte con sus medios de pago o acceso para movilizarse de una manera adecuada e inteligente. Estos tres pilares fijan los lineamientos que permiten avanzar a los operadores de transporte en la implementación de un sistema de recaudo abierto del tipo “Open Payment”/ “open Loop” (ciclo abierto) con capacidad de incluir soluciones del tipo “Close Loop” (ciclo cerrado) con metodología “Account Based” (basado en cuentas) o tarjetas recargables. (Abad, 9-13 de noviembre de 2020)

Un sistema de pagos electrónicos o también denominado sistema integrado de recaudo desde un punto de vista operativo debe estar conformado por niveles donde los principales actores son los Operadores y un nivel superior encargado de la gestión para interoperabilidad e intermodalidad como la Autoridad de transporte a nivel de ciudad. (Abad, 9-13 de noviembre de 2020)

Esta arquitectura de niveles se encuentra alineada a normativas internacionales para sistemas de administración de tarifas interoperables IFMS (Interoperable Fare Management Systems). La normativa ISO 24014 indica que estos sistemas pueden ser manejadas por una única empresa de transporte, por la autoridad de transporte, por una asociación pública y privada de varias compañías u otros grupos. Los roles de administración sistema que se deben distribuir entre los diferentes actores son los relacionados a especificar precios, gestión de reglas tarifarias, gestión de reglas comerciales, adquisición y registro de los datos de pago, políticas de seguridad, manejo de sistema de monitoreo, entre otras. (ISO, 2015)

# Metodología

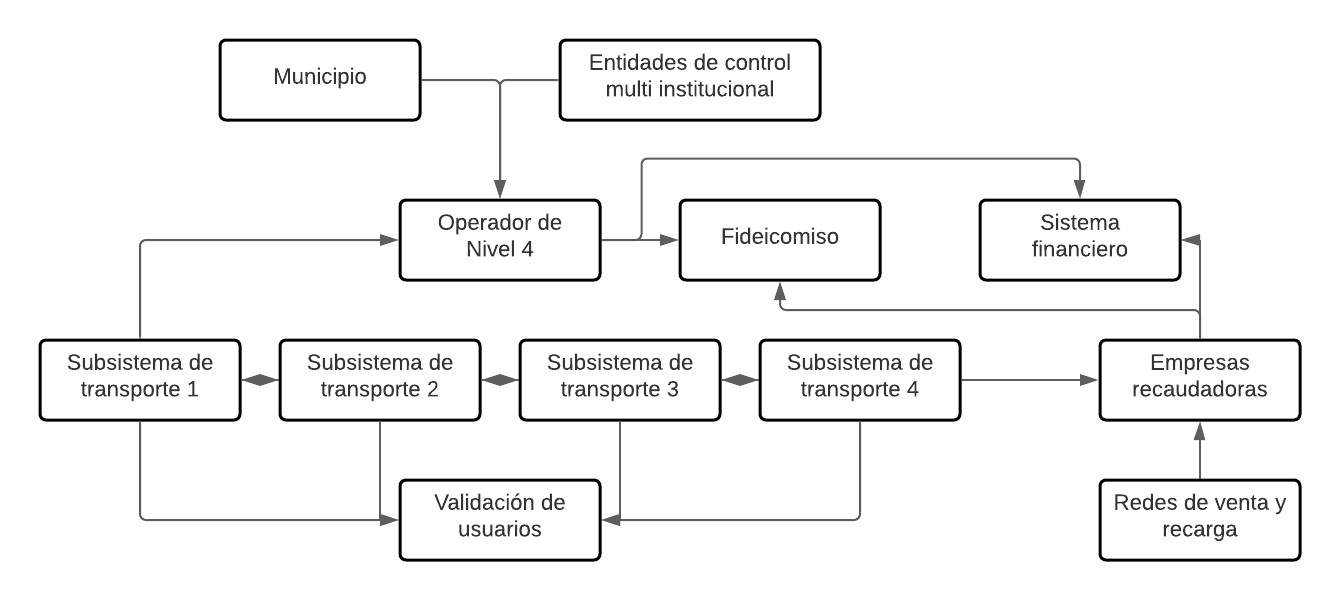
Para la elaboración del presente documento se realizó una búsqueda exhaustiva de documentación que permita entender e identificar la arquitectura y cómo es el funcionamiento de los sistemas de pagos electrónicos o sistemas integrados de recaudo que actualmente se encuentran implementados en diferentes ciudades del mundo. Una vez identificada la arquitectura bajo el concepto de interoperabilidad e intermodalidad, se procedió a realizar un análisis crítico de cada una de las partes que conforman dicha arquitectura, y las consideraciones que se deben analizar en cada una de ellas.Posteriormente se realizó una matriz comparativa donde se resumen los pros y contras de los diferentes sistemas de pago que se puede usar en el transporte público de la ciudad de Ambato. Finalmente se analizó las características esenciales para cumplir los objetivos planteados y aceptación de medios de ciclo cerrado y ciclo abierto, tomando en cuenta futuros medios electrónicos de pago que se vayan habilitando en el país.

# Resultados

* Los casos de éxito a nivel mundial que fueron investigados durante el proceso, muestran que la arquitectura idónea para un sistema de pagos electrónicos debe permitir la existencia de múltiples subsistemas de transporte, con la premisa de que estos puedan intercomunicarse entre si y exista un organismo superior a estos que controle la operación del recaudo de una manera centralizada. Municipios y entidades de control multi institucional son los encargados de operar este nivel superior de control y además enlazarse a fideicomisos y al sistema financiero para la consolidación de todas las transacciones realizadas. A su vez estos dos últimos son los delegados del control de las empresas recaudadoras de dineros y de las redes de internas y externas de venta y recarga de medios de pago electrónicos.

Figura 1

Arquitectura de un sistema de pago electrónico en movilidad urbana



Nota: La figura presenta una arquitectura base de un sistema de pago electrónico en movilidad urbana que considera interoperabilidad como eje fundamental. Basada en (Abad, 9-13 de noviembre de 2020)

* Se realizó un análisis del proceso transaccional en un sistema de pagos electrónicos donde se pudieron resumir 5 niveles jerárquicos, estos niveles van desde los medios de pago o Nivel 0, los dispositivos donde se validan, recargan y se usan los medios de pago como los validadores que pertenecen al Nivel 1, toda la red de recargas y empresas recaudadoras como un Nivel 2, los subsistemas de transporte o Nivel 3 y el sistema de control de ciudad o Nivel 4. El resultado de una distribución jerárquica permite que al momento de la implementación del sistema se pueda ejecutar de una manera ordenada, mientras que al momento de empezar su operación la comunicación entre niveles pueda ser trazable y el flujo de información transaccional y los niveles de servicio no sean menores al 99,4%.

Tabla 1

Niveles en un sistema de pago electrónico en movilidad urbana

|  |
| --- |
| **Nivel 4: Sistema de control nivel ciudad** |
| Clearing y control de operación  Base de datos  Centro de datos |
| **Nivel 3: Sistemas independientes de operadores** |
| Captura de datos  Gestión y monitoreo |
| **Nivel 2: Redes de recarga y venta** |
| ATM  Puntos de recarga y venta  Bancos y corresponsales  Redes de pagos |
| **Nivel 1: Validadores y dispositivos electrónicos** |
| Validadores de medios de pago  Máquinas de recargas  Puertas de control de acceso  TVM  Expendedores de tickets |
| **Nivel 0: Medios de pago** |
| Tarjetas sin contacto de débito  Tarjetas sin contacto de crédito  Tarjetas sin contacto para sistema basado en cuenta o centralizado  M-commerce Samsung pay, apple pay, google pay  Billeteras electrónicas de sistema bancario  Tarjetas sin contacto de lazo cerrado  Tarjetas sin contacto de lazo cerrado para sistema basado en cuenta o centralizado  Boletos desechables tipo papel con chip sin contacto  Botones o cospel electrónico |

Nota: Elaboración propia. La tabla representa la estructura de niveles de un sistema de esta índole va desde los medios de pago electrónico, dispositivos validadores, redes de recarga y venta, sistemas independientes de operadores y sistemas de control nivel ciudad. Basada en (Abad, 9-13 de noviembre de 2020)

* En el análisis de los medios de pago que son la base de la pirámide transaccional (NIVEL 0) se encontraron una diversidad respecto a los diferentes medios de pago; entre ellos medios de pago abiertos y medios de pago cerrado. Sobre los medios de pago abiertos se hace referencia a todos los medios de pago que existen o puedan existir que sirvan para transporte como para otros establecimientos; dentro de estos medios de pagos tenemos tarjetas de crédito, tarjetas de débito, aplicaciones de celular que emulan tarjetas con tecnología NFC como Google Pay, o Samsung Pay, y aplicaciones de billeteras que generan códigos QR principalmente de las instituciones financieras. Sobre las tarjetas financieras existe un standard ISO 8583 que es el que define el formato de mensaje y flujo de la comunicación para que distintos sistemas puedan intercambiar dichas transacciones. Sobre los medios de pagos cerrados son básicamente tarjetas, wereables o aparatos de uso cotidiano que pueden portar los pasajeros como relojes, llaveros, brazaletes y que además tienen embebidos dentro de ellos distintos tipos de chips, estos medios de pago se conocen como cerrados dada la naturaleza de su función es decir un medio de pago cerrado única y exclusivamente sirve para un fin establecido en este caso para transporte, sin embargo existen casos donde un medio de pago cerrado puede alojar una aplicación de pago o una integración para soportar algún establecimiento adicional al establecido.
* Dentro de estos medios de pago cerrado se encontró diversas tecnologías como son:

Mifare Desfire EV2, lanzado en el año 2016, uno de los más recientes circuitos integrados fabricado por NXP, la principal ventaja es su flexibilidad en archivos multi aplicación, organizada de manera jerárquica en aplicaciones y archivos, el operador tiene la opción de vender espacio en el medio de pago a terceros para instalar sus aplicaciones sin necesidad de compartir su llave maestra.

Mifare Plus, desarrollada también por NXP, implementa en su chip tecnología de encriptación AES, esta tecnología está en el mercado desde 2008, su estructura de archivos es basado en sectores y bloques lo que facilita la migración de medios de pago con tecnología Mifare Classic.

Cipurse, es un estándar abierto definido por la OSPT (open standard for public transportation) la última versión del estándar fue introducida en 2012, con arquitectura modular y multi aplicación, el algoritmo de encriptación que se usa es AES 128.

Calypso, es un estándar internacional propuesto por operadores de once países desde 1993, al igual que el anterior cuenta con una estructura multi aplicación. (GSD+, 2018)

* En función de la información anterior se procedió a hacer un análisis comparativo de los medios de pago antes descritos:

Tabla 2

Comparativa de medios de pago abiertos y cerrados

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Medios de pago basados en cuenta** | **Medios de pago cerrados** | **Tarjetas EMV crédito** | **Tarjetas EMV débito** | **E-wallets y M-commerce** |
| Costo | Bajo | Bajo | Ningún costo para operador | Ningún costo para operador | Ningún costo para operador |
| Seguridad | Media | Alta | Muy Alta | Muy Alta | Alta |
| Inversión de infraestructura | Baja | Alta | Ningún costo para operador | Ningún costo para operador | Ningún costo para operador |
| Seguridad para usuario al momento de uso | Muy poco Riesgo | Muy poco Riesgo | Muy riesgoso | Muy riesgoso | Muy riesgoso |
| Adopción del medio de pago | Alta | Alta | Baja | Media | Media |
| Número de casos de éxito en transporte público | Medio Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo |

Nota: Elaboración propia. La tabla presenta una comparativa de las principales características de los medios de pago abiertos y cerrados que se pueden considerar para el análisis en la implementación del sistema en la ciudad.

* Los dispositivos involucrados en un sistema de pagos electrónicos incluyen: validadores, dispositivos móviles de puntos de venta, máquinas para venta y recarga de medios de pago, expendedoras de tickets, TVM, terminales de validación y actualización, entre otros.
* Para la presentación del resultado del análisis de las características técnicas de dispositivos electrónicos, se tomó en cuenta el dispositivo validador de medios de pago con capacidades de integración y escalabilidad a sistemas robustos y seguros, mismo que permita validar medios abiertos y cerrados.

Tabla 3

Características técnicas esenciales para validador de medios de pago

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1** | **Características generales** | |
| 1 | 1 | Validador robusto para instalación en buses anti vibración |
| 1 | 2 | Validador para tarifa plana, por kilómetro, con transbordo, por zonas, por rutas, por zonas horarias |
| 1 | 3 | Validador para diferentes tipos de tarifa general, preferencial, estudiante, discapacitado, etc. |
| 1 | 4 | Robusta instalación en unidad de transporte con accesorios para anclaje |
| 1 | 5 | Vida útil de 6-10 años |
| 1 | 6 | Mínimo IP 54 |
| 1 | 7 | Sistema operativo Linux/Android/otros |
| 1 | 8 | Voltaje de alimentación 8 - 47 V DC conexión directa al sistema eléctrico de unidad de transporte |
| **2** | **Interfaces de comunicación** | |
| 2 | 1 | RS232 3 líneas RxD, TxD y GND sin control de flujo, GPS, USB, Ethernet y WiFi |
| **3** | **Comunicaciones móviles** | |
| 3 | 1 | GSM/GPRS/EGPRS/UMTS (850 MHz) (1900 MHz) |
| 3 | 2 | HSPA/HSPA+ (850 MHz) (1900 MHz) |
| 3 | 3 | LTE Banda 2 (1900 MHz) LTE Banda 4 (1700/2100 MHz) |
| **4** | **Interfaz de tarjetas inteligentes sin contacto** | |
| 4 | 1 | Estándar ISO 14443, Tipo A & B, partes 1 al 4, protocolo T=CL |
| 4 | 2 | Protocolo MiFare, Felica, ISO 18092, Cipurse, Calypso, NFC |
| 4 | 3 | Velocidad del Lector/grabador de tarjeta inteligente, mínimo 424 kbps |
| 4 | 4 | Distancia de operación máximo 5 cm y 10 cm |
| 4 | 5 | Frecuencia de operación 13.56 MHz |
| **5** | **Interfaz SAM (módulo de acceso seguro)** | |
| 5 | 1 | Número mínimo de ranuras 4 |
| 5 | 2 | Módulos con contacto |
| 5 | 3 | Estándar ISO/IEC 7816 Clase A y B (5V y 3V) |
| 5 | 4 | Protocolo T=0 o T=1 |
| 5 | 5 | Velocidad del Lector/grabador de tarjeta inteligente 9,6-115,2 kbps |
| **6** | **Periféricos incorporados** | |
| 6 | 1 | Pantalla LCD o de matriz de puntos con material de protección anti vandálica |
| 6 | 2 | Altavoz, Parlante, Leds indicadores, RTC |
| 6 | 3 | Reloj de tiempo real |
| **7** | **Certificaciones** | |
| 7 | 1 | ISO-7816, ISO-14443, CE, FCC, RoHS, Contactless EMV Level 1, IP54 |
| 7 | 2 | Certificado de Homologación de la ANT |

Nota: Elaboración propia. La tabla indica las características fundamentales para que un validador acepte medios de pago abiertos y cerrados, incluye certificaciones necesarias para poder operar en sistemas relacionados a transporte en el contexto nacional.

# Reflexiones finales

* Establecer una adecuada arquitectura, va a permitir a la ciudad, escalar las soluciones tecnológicas a niveles que permitan integrar con soluciones de ciudad inteligente que permitan comunicarse e interactuar bidireccionalmente, así como obtener data para la toma de decisiones de ciudad.
* Se puede identificar también de acuerdo al análisis comparativo que cada uno de los medios de pago tiene sus beneficios y contras, en general la ciudad debe estar preparada para soportar los medios de pago que sean preferidos por los usuarios sin atarse a ninguna tecnología o proveedor específico más bien, presentar como un tema abierta para la implementación dentro de la ciudad de Ambato.
* La implementación de tecnología de pagos electrónicos en movilidad urbana en la ciudad de Ambato es un paso firme para solucionar múltiples problemas, especialmente los relacionados a los relacionados a transporte masivo de pasajeros donde no se tiene un control real de los ingresos y la demanda diaria de pasajeros. Problemas como la pérdida de dineros y la evasión de pasajes son los resultados de un sistema de movilidad y cobros de tarifas obsoletos donde el intercambio de monedas y billetes es el causante. En este sentido se ha evidenciado que hasta un 40% del recaudo diario de una unidad de transporte, esta pérdida se debe a que este dinero suele ser mal administrado por el chofer a cargo o en muchos casos no es entregado en su totalidad al operador o dueño de la unidad.
* El correcto funcionamiento de un sistema de pagos electrónicos va de la mano de otro tipo de sistema como los sistemas de planificación y control de flota y sistemas de información a usuarios. La integración con sistemas de control de flota permite entre otros puntos tener un sistema integral e intermodal de transporte donde puedan también existir modelos tarifarios de varios tipos como tarifas planas, tarifas por kilómetros, tarifas por zonas geográficas, tarifas por zonas horarias y tarifas por transbordos. Mientras que tener asociado un sistema de información al usuario es un valor agregado en el servicio entregado, podemos destacar funciones como consulta de saldos, recargas, servicio al cliente, redes sociales entre otros.
* Es importante que en caso de implementarse un sistema de pagos electrónicos, este debe alinearse al (SUMP) Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato y a la implementación de la caja común de transporte donde los actores como operadores, cooperativas de transporte y municipio tengan un control correcto del servicio de transporte brindado, control de los ingresos, control y planificación de rutas de transporte, control de retribuciones según la demanda satisfecha o kilómetros recorridos.
* La selección de los equipos es crucial para que la integración con las diferentes plataformas tecnológicas y toda la operación del sistema funcione eficientemente y se deben considerar características técnicas óptimas para que se puedan aceptar los diferentes medios de pago abiertos y cerrados. Es trascendental que cumplan con certificaciones internacionales que se apeguen especialmente a normas de calidad y seguridad transaccional. Además, los equipos deben contener componentes que permitan su operación en nuestro país, por ejemplo, la tecnología y frecuencias de operación del modem interno de comunicación móvil incluido en el dispositivo.

# Recomendaciones

* El alcance del presente estudio, hace un análisis general de los medios de pago que se pueden usar dentro de la ciudad, sin embargo, es importante analizar cada uno de los niveles planteados en el presente documento para así realizar un análisis conjunto que permita obtener de una manera objetiva información complementaria que sirva de análisis para la toma de decisiones dentro de la ciudad.
* Se sugiere también analizar los sistemas que conviven dentro del ecosistema de transporte como son el Sistema de ayuda a la explotación y el sistema de información al usuario.
* Es importante que se considere dentro de los análisis el uso de tecnología de software abierto, ya que permite a la ciudad no depender de ningún proveedor, y contar con total independencia para realizar los cambios que se den en el tiempo debido a la rápida evolución de los sistemas.

# Bibliografía

Abad, G. (9-13 de noviembre de 2020). *La importancia de la adopción del sistema integral de recaudo. 9° Jornadas de Supervisión de la Economía Popular y Solidaria.* Quito, Ecuador.

GSD+. (2018). *Definición del modelo para la implementación del Sistema de Recaudo en el proyecto primera línea metro de Quito y modelo de interoperabilidad de recaudo entre los sistemas de transporte público del Distrito Metropolitano de Quito.* Quito, Ecuador.

ISO, C. E. (2015). *Transporte público. Sistema de gestión de tarifas Interoperables. Parte 1: Arquitectura (ISO 24014-1:2015).* Bruselas, Bélgica.