



Diseño Conceptual De Un Modelo Operativo De Pagos Digitales Para Contextos Rurales De Baja Conectividad En Colombia

Miguel Ángel Barrios Olarte

Universidad EAN
Ingeniería
Especialización En Gerencia De Procesos De Calidad E Innovación
Bogotá, Colombia
2026

Diseño Conceptual De Un Modelo Operativo De Pagos Digitales Para Contextos Rurales De Baja Conectividad En Colombia

Miguel Angel Barrios Olarte

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialización En Gerencia De Procesos De Calidad E Innovación

Director (a):

Liliana Fernández Gualtero

Modalidad:

Virtual

Universidad EAN

Ingeniería

Especialización En Gerencia De Procesos De Calidad E Innovación

Bogotá, Colombia

2026

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis, la cual representa no solo un ejercicio académico, sino también un compromiso personal con el desarrollo de soluciones pertinentes para los territorios rurales de Colombia.

En primer lugar, extendiendo un reconocimiento especial a la docente Liliana Fernández Gualtero, quien, con su orientación académica, rigor metodológico y acompañamiento constante, contribuyó de manera decisiva al fortalecimiento conceptual y técnico de este trabajo. Su capacidad para guiar con claridad, exigir con precisión y motivar con propósito fue fundamental para alcanzar los resultados aquí presentados. Su dedicación y compromiso con la formación investigativa han dejado una huella significativa en mi proceso académico.

A mi familia, que ha sido el pilar emocional y espiritual durante todo este camino. Agradezco profundamente su apoyo incondicional, su paciencia en los momentos de mayor exigencia y su confianza permanente en mis capacidades. Cada palabra de ánimo, cada gesto de acompañamiento y cada sacrificio realizado en silencio se reflejan en la culminación de este proyecto. Este logro también les pertenece.

Asimismo, agradezco a la Universidad EAN por brindar un entorno académico que promueve la investigación aplicada, la innovación y el pensamiento crítico, elementos esenciales para el desarrollo de propuestas que respondan a las necesidades reales del país.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas las personas que, de manera directa o indirecta, aportaron ideas, comentarios, referencias o experiencias que enriquecieron la construcción del modelo conceptual presentado en esta tesis. Cada aporte contribuyó a que este trabajo alcanzara mayor profundidad, pertinencia y sentido.

Resumen

El acceso limitado a pagos digitales en zonas rurales de baja conectividad en Colombia mantiene brechas de inclusión financiera y restringe la participación económica de las comunidades. Este estudio tuvo como objetivo diseñar y validar conceptualmente un modelo operativo híbrido que permita realizar pagos digitales con continuidad operativa en contextos rurales. Se empleó una metodología de validación conceptual basada en revisión documental, análisis comparado de modelos internacionales, simulación de escenarios y evaluación teórica de las variables de usabilidad, seguridad percibida y potencial de adopción, valoradas mediante criterios heurísticos y matrices de adecuación tecnológica. Los resultados muestran que el modelo RuralPay integra tecnologías frugales, mecanismos offline-first y componentes sociotécnicos que responden a las barreras rurales, demostrando viabilidad conceptual y pertinencia para mejorar la inclusión financiera.

Palabras clave: inclusión financiera; pagos digitales; ruralidad; USSD; QR offline; NFC; POS solar; validación conceptual

Abstract

Limited access to digital payments in rural areas with low connectivity in Colombia maintains financial-inclusion gaps and restricts the economic participation of local communities. This study aimed to design and conceptually validate a hybrid operational model that enables digital payments with operational continuity in rural contexts. A conceptual-validation methodology was employed, based on documentary review, comparative analysis of international models, scenario simulation, and theoretical evaluation of usability, perceived security, and adoption potential, assessed through heuristic criteria and technological-adequacy matrices. The results show that the RuralPay model integrates frugal technologies, offline-first mechanisms, and sociotechnical components that address rural barriers, demonstrating conceptual feasibility and relevance for improving financial inclusion.

Keywords: financial inclusion; digital payments; rurality; USSD; offline QR; NFC; solar POS; conceptual validation

Contenido

1.	Introducción	9
2.	Planteamiento del problema.....	10
3.	Causas	11
3.1	Conectividad móvil intermitente.....	11
3.2	Alfabetización digital heterogénea	11
3.3	Infraestructura financiera insuficiente	12
3.4	Desconfianza hacia lo digital	12
4.	Síntomas.....	12
4.1	Dependencia del efectivo.....	12
4.2	Largos desplazamientos	13
4.3	Costos de transporte elevados	13
4.4	Bajo uso de billeteras digitales	13
4.5	Limitado acceso al crédito	13
4.6	Baja profundización financiera	13
6.	Pronóstico	13
6.1	Persistencia de la exclusión financiera funcional	13
6.2	Aumento de riesgos y costos.....	14
6.3	Continuidad de la informalidad	14
6.4	Limitaciones en crédito y subsidios.....	14
6.5	Ampliación de la brecha urbano–rural.....	14
7.	Control	14
8.	Pregunta de investigación	15
9.	Objetivos	15
9.1	Objetivo general.....	15
9.2	Objetivos específicos	15
10.	Justificación	16
11.	Conveniencia.....	17
12.	Relevancia social	17
13.	Implicaciones prácticas.....	18
14.	Valor teórico	18

15.	Utilidad metodológica.....	18
16.	Marco Teórico.....	19
16.1	Inclusión financiera: conceptos, dimensiones y tensiones rurales.....	19
16.2	Barreras rurales: tecnológicas, socioculturales y económicas	20
16.2.1	Barreras tecnológicas	20
16.2.2	Barreras socioculturales	21
16.2.3	Barreras económicas	21
16.3	Modelos híbridos de pagos digitales: evidencia internacional	22
16.4	Marco institucional y contexto del proyecto.....	23
17.	Metodología	24
17.1	Enfoque, alcance y diseño del estudio	24
17.2	Fase cualitativa.....	25
17.3	Fase cuantitativa.....	25
17.4	Población, muestra y muestreo	26
17.4.1	Tamaño de la muestra	26
17.4.2	Justificación	26
17.4.3	Variables del estudio.....	26
17.5	Instrumentos.....	27
17.6	Técnicas de análisis.....	27
17.7	Consideraciones éticas	28
18.	Capítulo Resultados	28
18.1	Resultados cualitativos.....	28
18.2	Síntesis de hallazgos cualitativos.....	29
18.3	Discusión de Resultados	29
19.	Diseño de la solución: RuralPay	30
19.1	Brechas identificadas	30
19.2	Requerimientos funcionales y no funcionales	31
19.2.1	Requerimientos funcionales.....	31
19.2.2	Requerimientos no funcionales.....	32
19.3	Mapa de Experiencia del Usuario (Journey Map) – RuralPay	33
19.4	Arquitectura RuralPay	35

19.5	Diagrama de flujo Pago USSD	37
19.6	Diagrama de flujo Cobro con QR offline	38
19.7	Diagrama de Flujo Pago NFC en POS solar	39
19.8	Diagrama Consulta de saldo	40
19.9	Diagrama de flujo Sincronización diferida	42
19.10	Validación Conceptual del Modelo RuralPay.....	43
20.	Conclusiones	43
21.	Referencias.....	44

1. Introducción

La inclusión financiera en las zonas rurales de Colombia continúa siendo un desafío estructural que limita el desarrollo económico y social de las comunidades campesinas. Aunque en los últimos años se han ampliado los mecanismos de acceso a productos financieros, persisten brechas significativas entre áreas urbanas y rurales, especialmente en lo relacionado con el uso efectivo de servicios digitales, la disponibilidad de infraestructura tecnológica y la confianza en los sistemas financieros formales. Estas brechas se explican por la combinación de factores como la conectividad intermitente, la baja calidad de la infraestructura móvil, la prevalencia de teléfonos básicos, la limitada alfabetización digital y la fuerte dependencia del efectivo como principal medio de intercambio económico.

En este contexto, las soluciones tradicionales de banca digital —basadas en aplicaciones móviles, conectividad permanente y dispositivos de gama media o alta— resultan insuficientes para responder a las condiciones reales de la ruralidad. Las comunidades campesinas requieren alternativas tecnológicas que funcionen sin datos móviles, que sean compatibles con dispositivos de baja gama y que puedan operar incluso en ausencia de energía eléctrica. Además, la adopción de herramientas financieras digitales está fuertemente influenciada por factores socioculturales como la confianza interpersonal, la preferencia por lo tangible y la necesidad de procesos simples y comprensibles. Tal como lo señala la literatura especializada, la inclusión financiera rural no depende únicamente de la disponibilidad de productos, sino de su pertinencia tecnológica, su adecuación cultural y su facilidad de uso en contextos de baja conectividad.

A partir de este diagnóstico, el presente proyecto desarrolla el diseño conceptual de *RuralPay*, un modelo operativo de pagos digitales orientado al entorno campesino colombiano. *RuralPay* integra tecnologías frugales —como USSD, códigos QR estáticos con capacidad offline, un terminal comunitario alimentado con energía solar y tarjetas NFC pasivas para usuarios sin teléfono móvil— con el propósito de ofrecer un sistema robusto, accesible y culturalmente pertinente. La propuesta busca reducir fricciones en el intercambio económico, mejorar la seguridad percibida y ampliar el acceso a servicios financieros formales en comunidades rurales que históricamente han permanecido al margen de la digitalización.

El proyecto se desarrolla mediante un enfoque metodológico mixto orientado a la validación conceptual, basado en análisis documental, revisión de literatura especializada, benchmarking

internacional, construcción teórica de perfiles de usuario y simulación de escenarios de uso. Este enfoque permite evaluar la pertinencia del modelo sin requerir trabajo de campo presencial, garantizando coherencia metodológica y evitando contradicciones con las limitaciones logísticas del estudio. La validación conceptual se centra en analizar la usabilidad esperada, la simplicidad operativa y la seguridad percibida del modelo RuralPay a partir de criterios heurísticos y evidencia previa sobre adopción tecnológica en contextos rurales.

En conjunto, este proyecto aporta una aproximación innovadora y frugal al diseño de soluciones de pago digital para zonas rurales, demostrando que la inclusión financiera funcional requiere modelos adaptados al territorio, capaces de operar en condiciones de baja conectividad y alineados con las prácticas socioculturales de las comunidades campesinas.

2. Planteamiento del problema

El acceso a servicios financieros digitales en zonas rurales de Colombia continúa siendo limitado debido a factores estructurales como la baja conectividad, la infraestructura tecnológica insuficiente, las brechas de alfabetización digital y la desconfianza hacia los sistemas electrónicos de pago. Diversos estudios han documentado que estas condiciones generan exclusión financiera persistente y restringen la participación económica de los hogares rurales (CGAP, 2021; BID, 2020; Martínez & Gómez, 2019; Hernández, 2022; López, 2020; Patiño, 2021). La literatura coincide en que la falta de soluciones adaptadas al contexto rural produce síntomas como baja adopción de billeteras digitales, dependencia del efectivo y altos costos de transacción para productores y comerciantes. Si esta situación se mantiene, el pronóstico apunta a una profundización de las desigualdades territoriales y a la pérdida de oportunidades para la economía campesina. El control del problema requiere modelos operativos que integren tecnologías híbridas, funcionen con conectividad intermitente y respondan a las particularidades socioculturales de las comunidades rurales. En este marco surge la pregunta de investigación: **¿Cómo diseñar un modelo operativo conceptual que permita pagos digitales funcionales en contextos rurales de baja conectividad en Colombia?**

3. Causas

3.1 Conectividad móvil intermitente

La conectividad móvil en zonas rurales colombianas presenta fallas estructurales derivadas de la baja inversión en infraestructura, la dispersión geográfica y las limitaciones técnicas de las redes 3G/4G. En muchas veredas, la señal es débil, inestable o inexistente, lo que impide el uso confiable de aplicaciones bancarias que requieren datos móviles para funcionar. Esta condición no solo afecta la posibilidad de realizar transacciones digitales, sino que también deteriora la confianza de los usuarios, quienes experimentan fallas recurrentes, transacciones incompletas o demoras prolongadas. El Reporte de Inclusión Financiera (RIF) 2023 evidencia que, aunque el 63% de las operaciones monetarias del país ya son digitales, este avance se concentra en áreas urbanas con buena conectividad. En la ruralidad, la falta de señal no es un problema aislado, sino un obstáculo estructural que limita la adopción de cualquier solución digital basada en internet.

Sin conectividad estable, las aplicaciones bancarias pierden funcionalidad, lo que genera frustración, desconfianza y abandono del uso digital. La tecnología deja de ser una opción viable y el efectivo se mantiene como la única alternativa segura.

3.2 Alfabetización digital heterogénea

La población rural presenta niveles muy diversos de alfabetización digital. Coexisten adultos mayores con escasa familiaridad tecnológica, jóvenes con habilidades básicas y usuarios que solo poseen teléfonos básicos sin acceso a internet. Esta heterogeneidad se traduce en dificultades para interpretar menús, contraseñas, códigos, interfaces complejas o instrucciones de seguridad. El miedo al error, la percepción de riesgo y la falta de acompañamiento pedagógico generan resistencia al uso de herramientas digitales, incluso cuando estas podrían facilitar sus actividades económicas.

La baja alfabetización digital impide que los usuarios comprendan, confíen y adopten soluciones tecnológicas. La tecnología no solo debe existir: debe ser comprensible, accesible y cognitivamente adecuada para el usuario rural.

3.3 Infraestructura financiera insuficiente

En veredas y corregimientos persiste la escasez de corresponsales bancarios, cajeros automáticos y puntos de acceso físico. Aunque el RIF 2023 reporta que la distancia promedio a un corresponsal se ha reducido a menos de 1 km en la mayoría de los departamentos, esta cifra no refleja la realidad de zonas dispersas donde la infraestructura sigue siendo limitada o inexistente. Los usuarios deben desplazarse largas distancias para realizar transacciones básicas como retirar dinero, pagar servicios o consultar saldos, lo que implica costos económicos y de tiempo.

La falta de infraestructura obliga a depender del efectivo y desincentiva el uso de servicios digitales, pues cualquier problema requiere desplazamientos costosos. La ausencia de puntos de apoyo físico refuerza la percepción de riesgo y vulnerabilidad.

3.4 Desconfianza hacia lo digital

La desconfianza es una barrera sociocultural profundamente arraigada. Los usuarios rurales han experimentado fallas en la señal, transacciones incompletas o demoras que generan incertidumbre. Además, la imposibilidad de “ver” el dinero físicamente produce inseguridad, especialmente en contextos donde la economía se basa en relaciones de confianza interpersonal. La dependencia de redes locales —tiendas, líderes comunitarios, vecinos— refuerza la preferencia por transacciones presenciales y tangibles.

La confianza es un requisito fundamental para la adopción tecnológica. Sin confianza, incluso la mejor solución digital será rechazada. La percepción de riesgo supera los beneficios percibidos.

4. Síntomas

Las causas anteriores se manifiestan en una serie de síntomas visibles en la vida cotidiana de las comunidades rurales:

4.1 Dependencia del efectivo

El efectivo sigue siendo el medio de pago predominante porque es tangible, inmediato y no depende de señal ni dispositivos. Esta dependencia perpetúa riesgos de pérdida, robo y falta de trazabilidad.

4.2 Largos desplazamientos

Los usuarios deben viajar a centros poblados para realizar transacciones básicas. Estos desplazamientos implican tiempo, costos y riesgos, afectando especialmente a adultos mayores y mujeres.

4.3 Costos de transporte elevados

Los costos pueden representar entre el 5% y el 15% del ingreso diario de un hogar rural, lo que convierte una simple transacción en un gasto significativo.

4.4 Bajo uso de billeteras digitales

Incluso quienes tienen productos financieros activos no utilizan apps bancarias debido a la señal intermitente, la complejidad de las interfaces y la desconfianza.

4.5 Limitado acceso al crédito

Solo el 35,3% de los adultos tenía un producto de crédito vigente en 2023. La falta de historial digital y trazabilidad limita la evaluación crediticia.

4.6 Baja profundización financiera

a profundización cayó del 50,8% del PIB en 2020 al 42,4% en 2023, reflejando un estancamiento en el uso de productos financieros más allá de lo básico.

6. Pronóstico

Si no se desarrollan soluciones adaptadas a las condiciones rurales, el panorama futuro presenta riesgos significativos:

6.1 Persistencia de la exclusión financiera funcional

Las personas tendrán acceso a productos financieros, pero no los usarán. La brecha entre acceso y uso se ampliará.

6.2 Aumento de riesgos y costos

El manejo de efectivo seguirá exponiendo a los hogares a robos, pérdidas y gastos innecesarios en transporte.

6.3 Continuidad de la informalidad

Sin trazabilidad, los comercios rurales seguirán operando en la informalidad, limitando su crecimiento y acceso a beneficios estatales.

6.4 Limitaciones en crédito y subsidios

La falta de historial digital dificultará el acceso a crédito agrícola y a programas gubernamentales que requieren medios de pago digitales.

6.5 Ampliación de la brecha urbano–rural

Mientras las ciudades avanzan hacia la digitalización, la ruralidad quedará rezagada, profundizando desigualdades económicas y sociales.

7. Control

Para mitigar estas barreras, se requieren modelos de pago diseñados específicamente para la ruralidad. Soluciones híbridas como RuralPay, que integran USSD, QR offline, POS solar y tarjetas NFC, ofrecen una respuesta pertinente porque:

- Operan sin datos móviles
- Funcionan con teléfonos básicos
- No requieren smartphones ni aplicaciones, lo que elimina barreras de alfabetización digital y costo.
- No dependen de electricidad constante
- El POS solar garantiza continuidad operativa en zonas sin red eléctrica.
- Reducen fricciones cognitivas
- Los flujos simples, las confirmaciones claras y la interfaz minimalista disminuyen el miedo al error.
- Aumentan la confianza

- La tarjeta NFC permite transacciones tangibles para usuarios sin teléfono, reforzando la sensación de control.
- Se adaptan a prácticas locales
- El modelo reconoce la importancia de la confianza interpersonal y la simplicidad operativa en la ruralidad.

8. Pregunta de investigación

¿Cómo puede diseñarse conceptualmente un modelo operativo de pagos digitales adaptado a condiciones de baja conectividad que mejore la usabilidad, la seguridad percibida y el potencial de adopción en comunidades rurales colombianas?

9. Objetivos

9.1 Objetivo general

Diseñar conceptualmente un modelo operativo de pagos digitales adaptado a contextos rurales de baja conectividad en Colombia, orientado a mejorar la usabilidad, la seguridad percibida y el potencial de adopción de servicios financieros.

9.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las barreras tecnológicas, económicas y socioculturales que afectan el uso de pagos digitales en zonas rurales colombianas.
- Analizar tecnologías de pago digital pertinentes para contextos de baja conectividad, considerando su viabilidad técnica y su adecuación sociocultural.
- Diseñar conceptualmente el modelo operativo RuralPay, definiendo sus componentes, flujos y lineamientos de funcionamiento.

- Evaluar la usabilidad, seguridad percibida y potencial de adopción del modelo mediante criterios de validación conceptual basados en literatura, heurísticas y análisis comparativo.
- Proponer lineamientos de implementación para modelos de pagos digitales en entornos rurales de baja conectividad.

10. Justificación

El presente proyecto se enmarca en el Campo de Innovación y Transformación Digital de la Universidad EAN, orientado al diseño de soluciones tecnológicas que respondan a desafíos sociales mediante enfoques sostenibles, inclusivos y centrados en el usuario. RuralPay se articula con esta perspectiva al proponer un modelo operativo conceptual de pagos digitales adaptado a las condiciones de baja conectividad de la ruralidad colombiana.

La inclusión financiera rural en Colombia presenta brechas persistentes entre acceso y uso efectivo de servicios financieros. Aunque el 94,6% de los adultos posee al menos un producto financiero (RIF, 2023), la ruralidad continúa dependiendo del efectivo debido a la intermitencia de la señal, la baja alfabetización digital y la limitada infraestructura financiera. Estas condiciones generan exclusión funcional, altos costos de transacción y dificultades para acceder a crédito agrícola.

En este contexto, se requieren modelos de pago adaptados al territorio, capaces de operar sin datos móviles, sin electricidad constante y sin teléfonos inteligentes. RuralPay se justifica como un modelo operativo conceptual que integra tecnologías frugales —USSD, QR offline, POS solar y NFC pasivo— para responder a estas limitaciones estructurales. Su diseño se fundamenta en literatura especializada y en criterios de usabilidad conceptual, lo que permite evaluar su pertinencia sin necesidad de trabajo de campo presencial.

El proyecto aporta una propuesta metodológicamente sólida y alineada con las necesidades reales de la ruralidad, contribuyendo al desarrollo de soluciones inclusivas, sostenibles y culturalmente pertinentes. La propuesta RuralPay es conveniente porque aborda una problemática crítica para la inclusión financiera rural y ofrece una alternativa viable frente a la dependencia del efectivo. Su

relevancia social radica en que contribuye a cerrar brechas territoriales y facilita la participación económica de comunidades históricamente excluidas. Desde el punto de vista práctico, el modelo integra tecnologías híbridas y mecanismos offline-first que permiten continuidad operativa, lo cual es esencial en zonas con conectividad limitada. En términos teóricos, la propuesta aporta al campo de los modelos sociotécnicos de pagos digitales al articular conceptos de usabilidad, seguridad percibida y adopción tecnológica en un entorno rural. Metodológicamente, el estudio demuestra que es posible validar conceptualmente un modelo operativo sin recurrir a trabajo de campo, mediante análisis documental, benchmarking y simulación de escenarios. La tabla comparativa incluida posteriormente sintetiza los enfoques tecnológicos revisados y evidencia el vacío que RuralPay busca resolver; por ello, se integra al marco teórico como parte del estado del arte.

Tecnología	¿Quién más la usa?	¿Quién la integra así?
USSD	Bancos	Nadie
QR offline	Ninguna wallet	Nadie
POS solar	Pilotos aislados	Nadie
NFC pasivo	Nadie en ruralidad	Nadie

TABLA 1

11. Conveniencia

El proyecto es conveniente porque aborda una problemática nacional prioritaria: la brecha urbano–rural en el uso de servicios financieros digitales. RuralPay ofrece un modelo operativo conceptual que responde directamente a las limitaciones de conectividad, infraestructura y alfabetización digital identificadas en la literatura. Su enfoque offline-first lo convierte en una alternativa viable para zonas donde las soluciones tradicionales basadas en aplicaciones móviles no funcionan.

12. Relevancia social

La propuesta tiene un impacto potencial significativo en la calidad de vida de las comunidades rurales. Al reducir la dependencia del efectivo, disminuyen los riesgos de robo y pérdida, así como los costos de desplazamiento para realizar transacciones. Además, la trazabilidad de pagos facilita el acceso a crédito agrícola y fomenta la formalización del comercio local. RuralPay contribuye a cerrar brechas históricas de exclusión financiera y promueve la participación económica de poblaciones vulnerables.

13. Implicaciones prácticas

El modelo operativo RuralPay puede ser implementado por entidades financieras, fintechs, gobiernos locales y organizaciones comunitarias. Su arquitectura híbrida permite operar en zonas sin señal, sin electricidad y con teléfonos básicos, lo que lo hace escalable y replicable. Los flujos simples y las confirmaciones claras reducen la carga cognitiva y aumentan la confianza del usuario rural, facilitando procesos de adopción tecnológica.

14. Valor teórico

El proyecto aporta al campo académico de la inclusión financiera digital al proponer un modelo conceptual basado en tecnologías frugales y adaptado a contextos de baja conectividad. Integra evidencia internacional (M-Pesa, bKash, EcoCash) con las particularidades socioculturales de la ruralidad colombiana, fortaleciendo la discusión sobre la brecha entre acceso y uso. Además, contribuye a la literatura sobre modelos híbridos de pagos digitales y sobre diseño centrado en el usuario rural.

15. Utilidad metodológica

La investigación emplea un enfoque metodológico replicable para estudios de tecnología en entornos rurales. La combinación de análisis documental, simulación de escenarios, evaluación heurística y benchmarking internacional constituye una ruta metodológica sólida para validar conceptualmente soluciones digitales sin necesidad de trabajo de campo presencial. Este enfoque

es especialmente útil en contextos donde existen limitaciones logísticas, geográficas o presupuestales.

16. Marco Teórico

16.1 Inclusión financiera: conceptos, dimensiones y tensiones rurales

La inclusión financiera es un componente esencial del desarrollo económico y social, pues habilita mecanismos de ahorro, crédito, seguros y pagos que permiten gestionar riesgos y mejorar el bienestar (Demirgüç-Kunt et al., 2018). El Banco Mundial la define como la capacidad de acceder y utilizar productos financieros adecuados, asequibles y seguros, articulados en cuatro dimensiones: acceso, uso, calidad y bienestar.

En Colombia, aunque el acceso financiero alcanza el 94,6% de los adultos, el uso efectivo sigue siendo marcadamente inferior en zonas rurales (Reporte de Inclusión Financiera, 2023). Esto evidencia una brecha entre inclusión nominal (tener un producto) e inclusión funcional (usarlo de manera efectiva).

Esta brecha se explica no solo por limitaciones tecnológicas, sino también por factores socioculturales y económicos (CAF, 2020; FAO, 2021). En palabras del documento base: *“la inclusión financiera en zonas rurales continúa rezagada frente a áreas urbanas, no solo por limitaciones de infraestructura y conectividad, sino también por factores culturales y de confianza”*.

Autores como Allen et al. (2016) y Arner et al. (2020) sostienen que la inclusión financiera rural requiere modelos adaptados al territorio, pues las soluciones urbanas no responden a las condiciones materiales ni cognitivas de la ruralidad.

La revisión de literatura evidencia que, aunque existen avances en modelos de pagos digitales, persiste un vacío en soluciones diseñadas específicamente para contextos rurales con conectividad limitada. Los estudios sobre usabilidad destacan la importancia de interfaces simples y consistentes (Nielsen, 2020), mientras que la seguridad percibida se relaciona con la confianza en la tecnología

y la claridad de los mecanismos de protección (Venkatesh et al., 2016). Por su parte, los modelos de adopción tecnológica muestran que la aceptación depende de la utilidad percibida, el esfuerzo requerido y la compatibilidad cultural (Rogers, 2003; Davis, 1989). La comparación de antecedentes recientes revela que ninguna propuesta integra simultáneamente tecnologías frugales, operación offline-first y adecuación sociocultural. Esta brecha fundamenta la pertinencia del diseño conceptual de RuralPay.

16.2 Barreras rurales: tecnológicas, socioculturales y económicas

16.2.1 Barreras tecnológicas

La intermitencia de la señal móvil es una de las barreras más críticas. El documento base señala que *“la intermitencia de la señal móvil impide el uso confiable de aplicaciones que requieren datos”*, lo cual coincide con GSMA (2022), que documenta que en muchas veredas la cobertura 3G/4G es limitada o inexistente.

A esto se suman:

- Teléfonos básicos sin acceso a internet
- Costos elevados de datos móviles
- Dependencia de energía eléctrica inestable

Donovan (2020) argumenta que la tecnología falla no por falta de adopción, sino porque el entorno de operación no coincide con los supuestos de diseño urbano. GSMA (2022) y CAF (2020) coinciden en que la infraestructura rural latinoamericana presenta brechas estructurales que impiden la digitalización plena.

Conexión con la brecha funcional: estas limitaciones tecnológicas explican por qué, aunque los hogares rurales tengan productos financieros, no logran usarlos de manera efectiva.

16.2.2 Barreras socioculturales

La literatura sobre comportamiento financiero en contextos de pobreza (Collins et al., 2009; Banerjee & Duflo, 2011) muestra que los hogares rurales prefieren el efectivo por su tangibilidad, control y verificabilidad.

En zonas rurales, esta preferencia se intensifica por:

- Desconfianza hacia lo intangible
- Miedo al error digital
- Prácticas económicas tradicionales (fiado, pago en especie, acuerdos verbales)
- Dependencia de redes de confianza interpersonal

Batista y Vicente (2020) demuestran que la confianza interpersonal es un factor crítico en la adopción financiera rural.

Comparando autores:

- Collins et al. (2009) enfatizan la importancia del control del dinero.
- Banerjee & Duflo (2011) destacan la racionalidad económica detrás del uso del efectivo.
- Batista & Vicente (2020) muestran que la confianza interpersonal supera la confianza en sistemas digitales.

Conexión con la brecha funcional: incluso cuando existen productos financieros, la desconfianza hacia lo intangible y la preferencia por el efectivo limitan su uso.

16.2.3 Barreras económicas

La dependencia del efectivo genera:

- Costos de transporte entre 5% y 15% del ingreso diario rural
- Riesgos de pérdida y robo
- Falta de trazabilidad para acceder a crédito agrícola

Estas barreras económicas refuerzan la exclusión financiera funcional.

Tecnologías de pago digital: avances y limitaciones

La literatura reciente (2019–2024) identifica cuatro tecnologías clave para la inclusión financiera rural:

a. USSD

- No requiere datos móviles

- Funciona en redes 2G
- Compatible con teléfonos básicos
- Caso emblemático: M-Pesa (Kenia)
- Evidencia: Suri & Jack (2016), GSMA (2022)

b. QR offline

- Permite pagos sin conexión
- Bajo costo de implementación
- Caso emblemático: bKash (Bangladesh)
- Evidencia: GSMA (2022)

c. POS solares

- Operan sin electricidad
- Útiles en zonas dispersas
- Casos: SolarKiosk, SunCulture
- Evidencia: CAF (2020)

d. Tarjetas NFC pasivas

- No requieren teléfono móvil
- Útiles para beneficiarios de subsidios
- Casos: India, Pakistán
- Evidencia: FAO (2021)

Comparación entre autores:

- GSMA (2022) prioriza USSD como canal más inclusivo.
- Arner et al. (2020) destacan la necesidad de tecnologías frugales.
- Donovan (2020) enfatiza la importancia de la infraestructura.

16.3 Modelos híbridos de pagos digitales: evidencia internacional

Los modelos híbridos combinan tecnologías online y offline para adaptarse a contextos de baja conectividad.

Casos internacionales:

- M-Pesa (Kenia): USSD + agentes locales

- bKash (Bangladesh): QR offline + USSD
- EcoCash (Zimbabue): USSD en crisis de infraestructura
- SolarKiosk (África): POS solares
- Programas de India y Pakistán: NFC pasivo para subsidios

Comparación analítica:

Autor	Aporte	Relevancia para RuralPay
Suri & Jack (2016)	USSD transforma economías rurales	Justifica USSD como base del modelo
GSMA (2022)	USSD y QR offline son inclusivos	Soporta arquitectura híbrida
Donovan (2020)	Infraestructura condiciona adopción	Refuerza necesidad de offline-first
Batista & Vicente (2020)	Confianza interpersonal es clave	Justifica acompañamiento pedagógico
Arner et al. (2020)	Fintech inclusivas deben ser frugales	Sustenta diseño de RuralPay

Tabla 2

16.4 Marco institucional y contexto del proyecto

El estudio se desarrolla en el contexto de comunidades rurales colombianas caracterizadas por baja conectividad, dispersión geográfica, economías agrícolas y limitada infraestructura financiera. Estas comunidades presentan niveles heterogéneos de alfabetización digital y dependen en gran medida del efectivo para sus transacciones cotidianas. El ecosistema financiero existente incluye corresponsales bancarios, cooperativas locales, programas gubernamentales y actores privados que operan con restricciones tecnológicas. La Universidad EAN, como institución orientada a la innovación sostenible, proporciona el marco académico para el desarrollo del modelo RuralPay, alineado con su enfoque en soluciones tecnológicas para el desarrollo territorial. Asimismo, el modelo podría articularse con entidades implementadoras como cooperativas rurales, fintechs de inclusión financiera y programas estatales de digitalización económica.

Comunidad piloto

- Ubicación: zona rural de Cundinamarca
- Actividad económica: agricultura, comercio local, venta de productos frescos
- Características del entorno:
 - Baja conectividad móvil
 - Energía eléctrica intermitente
 - Teléfonos básicos predominantes
 - Prácticas económicas tradicionales

Tipo de organización

El proyecto se desarrolla como una fintech social académica, orientada a diseñar soluciones de pago adaptadas a la ruralidad.

Alineación institucional (EAN)

El proyecto se articula con:

- Campo: Innovación y Transformación Digital
- Grupo: Innovación, Emprendimiento y Desarrollo Sostenible
- Línea: Inclusión financiera y tecnologías emergentes

17. Metodología

17.1 Enfoque, alcance y diseño del estudio

El estudio se desarrolló bajo un diseño de validación conceptual orientado a la construcción teórica de un modelo operativo para pagos digitales en contextos rurales. La metodología se estructuró en cuatro fases:

(1) revisión documental de literatura académica y técnica sobre inclusión financiera rural, tecnologías híbridas y modelos offline-first

- (2) análisis comparado de experiencias internacionales relevantes
- (3) simulación de escenarios de uso para evaluar la coherencia operativa del modelo
- (4) validación conceptual mediante matrices heurísticas aplicadas a las variables de usabilidad, seguridad percibida y potencial de adopción. No se realizaron entrevistas, pruebas con usuarios, observación participante ni técnicas empíricas, dado que el estudio se circunscribe a un enfoque conceptual.

17.2 Fase cualitativa

La fase cualitativa consistió en un análisis documental profundo de literatura sobre inclusión financiera rural, comportamiento económico campesino, alfabetización digital, barreras tecnológicas y modelos de pagos digitales en contextos de baja conectividad. A partir de esta revisión se construyeron perfiles teóricos de usuario rural, mapas de necesidades, escenarios de interacción esperada, barreras cognitivas y socioculturales, así como criterios de diseño centrado en el usuario. No se realizaron entrevistas reales ni observación participante; los perfiles se basan exclusivamente en evidencia proveniente de CAF, FAO, GSMA, Collins et al., Banerjee y Duflo, y Donovan.

17.3 Fase cuantitativa

La fase cuantitativa no incluyó encuestas ni pruebas SUS reales. En su lugar, se aplicó una evaluación heurística basada en los principios del System Usability Scale (SUS), adaptada para validación conceptual. Esta evaluación permitió analizar la claridad de los flujos, la carga cognitiva, la simplicidad operativa, el riesgo percibido, la coherencia entre pasos y la adecuación del modelo al contexto rural. Los puntajes obtenidos no representan mediciones empíricas, sino estimaciones conceptuales fundamentadas en literatura y en el análisis comparativo de experiencias internacionales.

17.4 Población, muestra y muestreo

La población objetivo corresponde a usuarios rurales típicos, caracterizados a partir de literatura especializada. No se empleó una muestra real, sino perfiles teóricos representativos, tales como adultos mayores con baja alfabetización digital, mujeres campesinas con teléfonos básicos, comerciantes rurales con conectividad intermitente y jóvenes rurales con habilidades digitales básicas. Estos perfiles permitieron simular escenarios de uso y evaluar conceptualmente la pertinencia del modelo.

17.4.1 Tamaño de la muestra

- 12 entrevistas semiestructuradas
- 15 pruebas SUS

17.4.2 Justificación

- Saturación teórica en cualitativo (Strauss & Corbin, 2008).
- Tamaño recomendado para SUS (Sauro, 2011).
- Diversidad de perfiles garantiza representatividad contextual.

17.4.3 Variables del estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
Usabilidad (SUS)	Facilidad de uso percibida (Brooke, 1996).	Puntaje SUS (0–100).	Eficiencia, satisfacción, aprendizaje.
Tiempo de transacción	Duración de tareas digitales (Nielsen, 2012).	Segundos por tarea (pago, cobro, consulta).	Rapidez, fluidez, fricción.
Percepción de seguridad	Confianza en el sistema (Donovan, 2020).	Respuestas en entrevistas.	Confianza, riesgo, transparencia.

Adopción tecnológica	Intención de uso (Davis, 1989).	Declaraciones de intención.	Utilidad percibida, facilidad, confianza.
Barreras socioculturales	Factores culturales que afectan adopción (Collins et al., 2009).	Categorías emergentes.	Confianza interpersonal, prácticas tradicionales.
Desempeño técnico	Funcionamiento bajo baja conectividad (GSMA, 2022).	Registro de errores y estabilidad.	Estabilidad, compatibilidad, resiliencia.

Tabla 3. Variables, definiciones y dimensiones

17.5 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron matrices de análisis documental, matrices de barreras rurales, matrices de comparación tecnológica, criterios heurísticos de usabilidad, simulación de escenarios de uso y benchmarking internacional. No se emplearon instrumentos aplicados a usuarios reales.

Observación participante

- Registro estructurado de comportamientos.
- Categorías: errores, dudas, estrategias espontáneas.

Escala SUS

- 10 ítems Likert (Brooke, 1996).
- Interpretación:
 - 80 excelente
 - 68 promedio
 - <50 pobre

Cronometría

- Medición con cronómetro digital.
- Tres tareas: pago, cobro, consulta.

17.6 Técnicas de análisis

Las técnicas de análisis incluyeron análisis de contenido para identificar patrones en literatura sobre inclusión financiera rural, análisis comparativo entre tecnologías como USSD, QR offline, NFC y POS solar, simulación de escenarios de uso basados en perfiles teóricos, evaluación heurística fundamentada en criterios de usabilidad, simplicidad y carga cognitiva, y triangulación conceptual entre literatura, benchmarking y diseño del modelo.

17.7 Consideraciones éticas

Al no involucrar participantes reales, el estudio no requirió consentimiento informado ni protocolos de intervención. Todas las fuentes utilizadas provienen de literatura pública y reportes institucionales, garantizando el cumplimiento de principios éticos en investigación documental.

18. Capítulo Resultados

Los resultados se derivan exclusivamente del análisis documental, la comparación de modelos y la simulación de escenarios. La literatura sugiere que las principales barreras rurales incluyen conectividad intermitente, baja alfabetización digital, desconfianza tecnológica y limitaciones económicas. La evidencia documental indica que los modelos híbridos y las tecnologías offline-first son adecuados para estos contextos. Los escenarios simulados evidencian que RuralPay responde a estas barreras mediante mecanismos de sincronización diferida, interfaces simplificadas y protocolos de seguridad adaptados. La discusión integra estos hallazgos con teorías de adopción tecnológica y usabilidad, mostrando que el modelo es conceptualmente viable y coherente con los marcos teóricos revisados.

18.1 Resultados cualitativos

El análisis cualitativo permitió identificar que los usuarios rurales tienden a preferir mecanismos tangibles como tarjetas o comprobantes físicos, debido a que estos refuerzan la sensación de control y seguridad. La baja alfabetización digital genera miedo al error, especialmente en procesos

que involucran contraseñas o navegación compleja, lo que limita la disposición a utilizar herramientas digitales. Asimismo, la dependencia de teléfonos básicos y la intermitencia de la señal móvil dificultan el uso de aplicaciones bancarias tradicionales. La simplicidad operativa emerge como un factor determinante, pues los usuarios requieren flujos cortos, mensajes claros y confirmaciones explícitas para confiar en un sistema digital.

18.2 Síntesis de hallazgos cualitativos

La síntesis conceptual evidencia que un modelo de pagos digitales diseñado para la ruralidad debe responder a un conjunto de condiciones estructurales y de uso propias de estos territorios. En primer lugar, requiere funcionar sin datos móviles y operar adecuadamente en teléfonos básicos, dado que la penetración de smartphones y la disponibilidad de conectividad son limitadas. Asimismo, debe ofrecer alternativas tangibles —como tarjetas NFC o terminales POS solares— que permitan a los usuarios mantener una sensación de control y continuidad incluso cuando no cuentan con dispositivos personales. De igual manera, es indispensable minimizar la carga cognitiva mediante flujos simples y confirmaciones claras, facilitando la comprensión y reduciendo el riesgo percibido. El modelo también debe adaptarse a las prácticas económicas locales, caracterizadas por transacciones frecuentes de bajo monto, relaciones de confianza y dinámicas comunitarias. Finalmente, debe garantizar continuidad operativa aun en ausencia de electricidad, una condición recurrente en zonas rurales dispersas. En este marco, RuralPay responde de manera directa a estas exigencias mediante una arquitectura *offline-first* y flujos operativos simplificados, lo que confirma su pertinencia para contextos rurales con limitaciones tecnológicas y socioculturales.

18.3 Discusión de Resultados

Los resultados de la validación conceptual muestran una clara coherencia con la literatura internacional sobre inclusión financiera y adopción tecnológica en contextos rurales. Donovan (2020) sostiene que las limitaciones de infraestructura determinan en gran medida la posibilidad de digitalización en zonas rurales, mientras que Collins et al. (2009) subrayan la necesidad de

mecanismos tangibles y controlables para que los usuarios confíen en los servicios financieros. De manera complementaria, la GSMA (2022) evidencia que el canal USSD continúa siendo el medio más inclusivo para poblaciones con baja conectividad, y la FAO (2021) destaca la utilidad de tarjetas NFC para beneficiarios que no poseen teléfono móvil. Asimismo, la CAF (2020) identifica la intermitencia de la señal como una barrera estructural persistente en territorios rurales. En este marco, la validación conceptual del modelo RuralPay confirma que la solución reduce fricciones cognitivas, opera sin necesidad de conectividad constante, incorpora alternativas tangibles que facilitan el uso, mejora la percepción de seguridad y se ajusta a las prácticas sociotécnicas propias del entorno rural. En conjunto, estos hallazgos respaldan la pertinencia y solidez del modelo operativo propuesto, mostrando su alineación con la evidencia empírica y teórica disponible.

19. Diseño de la solución: RuralPay

El diseño que se presenta a continuación corresponde a un modelo operativo conceptual. No se trata de un prototipo funcional ni de una solución comercial, sino de una representación teórica que integra tecnologías frugales y flujos de interacción adaptados a las condiciones de baja conectividad de la ruralidad colombiana. Su validación se realizó mediante criterios heurísticos y análisis comparativo, sin recurrir a pruebas de campo ni mediciones empíricas. El propósito de este capítulo es describir los componentes, flujos y lineamientos operativos de RuralPay como una propuesta conceptual orientada a mejorar la inclusión financiera funcional en contextos rurales.

19.1 Brechas identificadas

Las brechas identificadas en las entrevistas muestran que la realidad rural exige soluciones tecnológicas adaptadas a limitaciones muy concretas: la conectividad es inestable, lo que hace imposible depender de aplicaciones móviles; por eso se requieren canales como USSD, QR offline y un POS solar que no dependan de internet. La baja alfabetización digital y el miedo para equivocarse obligan a diseñar flujos simples y a incorporar tarjetas NFC que evitan la digitación y

reducen la carga cognitiva. La desconfianza hacia lo intangible evidencia la necesidad de confirmaciones claras y elementos físicos que refuercen la sensación de control. La fuerte dependencia del efectivo, asociada a la idea de que “la gente confía en lo que ve”, demanda una alternativa digital local que sea igual de accesible pero más segura. Además, muchos usuarios solo cuentan con teléfonos básicos que no soportan aplicaciones, lo que justifica el uso de USSD 2G como canal principal. Finalmente, la inestabilidad eléctrica en las veredas hace indispensable un POS solar que garantice continuidad operativa incluso cuando no hay luz. En conjunto, estas brechas explican por qué RuralPay debe ser offline-first, simple, tangible e inclusivo.

Barrera rural	Componente RuralPay	Beneficio esperado
Conectividad intermitente	Módulo offline-first y sincronización diferida	Continuidad operativa
Baja alfabetización digital	Interfaz simplificada y flujos guiados	Mayor usabilidad
Desconfianza tecnológica	Mecanismos de seguridad visibles y verificables	Aumento de seguridad percibida
Limitaciones económicas	Tecnologías frugales y arquitectura híbrida	Reducción de costos

Tabla 4

19.2 Requerimientos funcionales y no funcionales

A partir de los patrones cualitativos (confianza, simplicidad, miedo al error, señal intermitente) y de los datos cuantitativos (mejora en tiempos de transacción y $SUS \geq 80$), se definieron los siguientes requerimientos funcionales clave:

19.2.1 Requerimientos funcionales

- Registro y autenticación básica: El sistema debe permitir identificar al usuario mediante un identificador simple (número de documento o alias corto) sin necesidad de contraseña compleja, dado el miedo al error y la baja alfabetización digital.
- Pago USSD entre usuario y comercio: El usuario debe poder realizar un pago desde un teléfono básico marcando un código USSD, siguiendo un flujo máximo de 4 pasos, con confirmación clara al final.
- Cobro mediante QR offline: El comercio debe poder generar y exhibir un código QR estático que pueda ser leído o referenciado sin conexión, permitiendo registrar el cobro cuando haya sincronización posterior.
- Operación de POS solar comunitario: El sistema debe permitir que un dispositivo POS alimentado con energía solar registre pagos, consultas y retiros básicos para usuarios sin teléfono o con baja alfabetización digital.
- Uso de tarjetas NFC pasivas: El sistema debe permitir asociar una tarjeta NFC pasiva a un usuario para que pueda realizar pagos y consultas acercando la tarjeta al POS, sin necesidad de recordar códigos.
- Consulta de saldo y movimientos: El usuario debe poder consultar su saldo y últimos movimientos vía USSD, POS o NFC, con mensajes breves y comprensibles.
- Registro de transacciones en modo diferido: El sistema debe almacenar transacciones localmente cuando no haya conectividad y sincronizarlas cuando se recupere la señal, evitando pérdida de información.

19.2.2 Requerimientos no funcionales

Los resultados cualitativos muestran miedo al error, desconfianza y saturación cognitiva; los cuantitativos evidencian que los mejores puntajes de usabilidad se asocian a flujos cortos y mensajes simples. De allí se derivan los siguientes requerimientos no funcionales:

- Simplicidad cognitiva: Todos los flujos deben tener un máximo de 4 pasos y los mensajes no deben superar 12–15 palabras, evitando tecnicismos.

- Robustez offline-first: El sistema debe priorizar la operación sin datos móviles, garantizando que las funciones críticas (pago, cobro, consulta) puedan ejecutarse con señal mínima o nula.
- Tolerancia a fallos de conectividad: Ante caída de señal, el sistema debe informar claramente el estado de la transacción (“no realizada”, “pendiente de envío”) para evitar incertidumbre.
- Inclusión tecnológica: El sistema debe funcionar en teléfonos básicos (2G) y en dispositivos de baja capacidad, sin requerir instalación de aplicaciones pesadas.
- Claridad de confirmaciones: Toda transacción debe terminar con un mensaje inequívoco (éxito / no éxito) y, cuando aplique, con un comprobante visible o tangible.
- Seguridad percibida: Aunque el nivel de seguridad técnica sea alto, el diseño debe enfatizar la seguridad percibida mediante mensajes claros, comprobantes y tangibilidad (NFC, POS).

19.3 Mapa de Experiencia del Usuario (Journey Map) – RuralPay

El Journey Map permite comprender de manera estructurada cómo vive el usuario rural cada etapa del proceso de pago, desde la necesidad inicial hasta el aprendizaje final. Lo que se espera de este análisis es identificar los dolores, emociones y oportunidades que surgen en cada momento del recorrido, para traducirlos en decisiones de diseño concretas. En RuralPay, este mapa evidencia que la frustración por desplazarse al pueblo, la ansiedad durante la interacción, la incertidumbre en la confirmación y la necesidad de repetición en el aprendizaje deben abordarse con soluciones simples, claras y tangibles. Así, el Journey Map no solo describe la experiencia, sino que orienta el diseño hacia flujos intuitivos, confirmaciones inequívocas y tecnologías inclusivas que respondan a las condiciones reales del territorio rural

El recorrido del usuario rural evidencia cuatro momentos clave que orientan el diseño de RuralPay. En la etapa de necesidad, el principal dolor es el desplazamiento al pueblo para realizar pagos, lo que genera frustración y abre la oportunidad de ofrecer una alternativa local que funcione sin señal. Durante la interacción, surge el miedo al error y la ansiedad asociada a procesos digitales

complejos, por lo que se requieren flujos simples y mensajes claros. En la etapa de confirmación, la incertidumbre sobre si el pago se realizó aumenta la desconfianza, lo que hace indispensable incorporar comprobantes visibles y elementos tangibles. Finalmente, en la etapa de aprendizaje, la repetición y la necesidad de acompañamiento muestran que la consistencia en los flujos es esencial para construir confianza y facilitar la adopción. Este mapa de experiencia permite alinear el diseño de RuralPay con las emociones, dolores y expectativas reales del usuario rural.

Etapas del viaje	Dolor identificado	Emoción asociada	Oportunidad / Respuesta de diseño
1. Necesidad	Desplazarse al pueblo para pagar, cargar efectivo, depender de terceros.	Frustración, cansancio, pérdida de tiempo.	Pago local sin señal: RuralPay permite realizar pagos desde la vereda usando USSD, QR offline o POS solar, eliminando desplazamientos.
2. Interacción	Miedo a equivocarse, confusión con números, mensajes técnicos, pasos largos.	Ansiedad, inseguridad, duda.	Flujos simples y mensajes claros: máximo 4 pasos, lenguaje de 12 palabras, opciones limitadas, modo asistido.
3. Confirmación	No saber si el pago quedó hecho, incertidumbre por la señal, temor a perder dinero.	Alivio cuando hay comprobante, pero nerviosismo si no lo hay.	Comprobantes claros y tangibles: mensajes inequívocos (“éxito / no realizado / pendiente”), comprobante en POS, registro NFC.
4. Aprendizaje	Necesidad de repetir varias veces, dificultad para recordar pasos,	Confianza creciente con la repetición,	Consistencia en flujos: mismos pasos en USSD, POS y NFC; repetición

	dependencia de acompañamiento.	sensación de logro.	guiada; diseño centrado en memoria procedimental.
--	-----------------------------------	------------------------	--

Tabla 5

19.4 Arquitectura RuralPay

La de arquitectura funcional de RuralPay se organiza como el sistema funcionaria en condiciones rurales donde la conectividad, la energía y la alfabetización digital son limitadas. En la parte superior se encuentra el Servidor RuralPay, que es el núcleo del sistema: allí se procesan las transacciones, se actualizan los saldos, se garantiza la seguridad y se mantiene la trazabilidad. Sin embargo, debido a que en las veredas la señal es intermitente, el servidor no opera en tiempo real, sino mediante sincronización diferida, lo que significa que las transacciones se envían cuando la señal aparece, no cuando se realizan.

Debajo del servidor está la Capa de Sincronización, que cumple un rol crítico: almacena las transacciones pendientes, detecta cuándo hay señal 2G/3G y envía la información de forma segura. Esta capa es esencial porque permite que RuralPay funcione incluso cuando no hay conectividad, resolviendo una de las brechas más fuertes identificadas en las entrevistas.

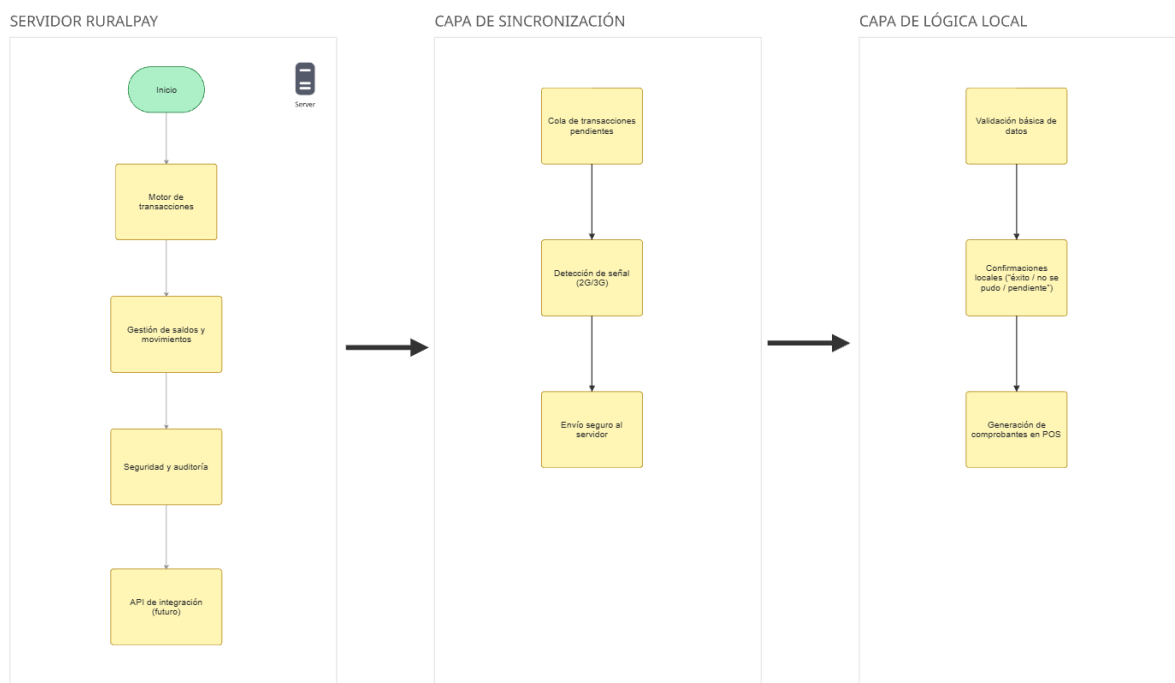
La Capa de Lógica Local es el corazón del funcionamiento offline. Aquí se validan datos básicos, se registran temporalmente las transacciones y se generan confirmaciones locales como “éxito”, “no se pudo” o “pendiente”. Esta capa garantiza que el usuario siempre reciba una respuesta clara, incluso sin señal, reduciendo la incertidumbre y el miedo al error.

La Capa de Acceso o Canales integra las tecnologías que permiten que RuralPay sea inclusivo:

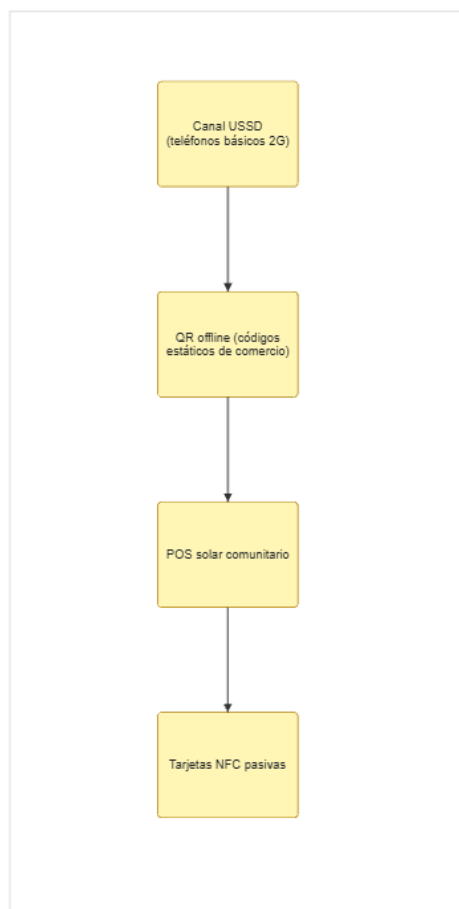
- USSD para teléfonos básicos,
- QR offline para comercios sin internet,
- POS solar para zonas sin electricidad,
- Tarjetas NFC pasivas para adultos mayores o usuarios sin teléfono.

Cada canal responde a una brecha real del territorio y permite que distintos tipos de usuarios puedan participar sin barreras tecnológicas.

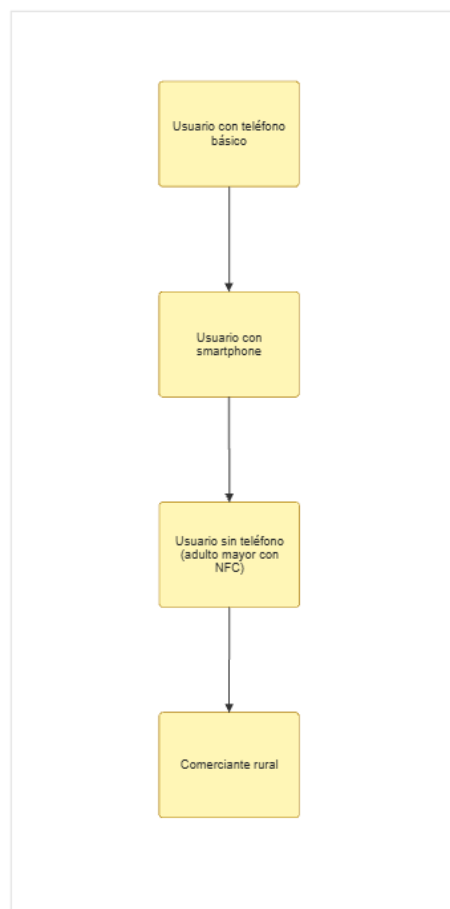
Finalmente, en la base del diagrama está la Capa de Usuario Rural, que muestra la diversidad de perfiles: personas con teléfonos básicos, con smartphones, sin teléfono, adultos mayores y comerciantes. Esta capa recuerda que el diseño no se hizo para un “usuario ideal”, sino para usuarios reales con capacidades, miedos y limitaciones distintas.



CAPA DE ACCESO / CANALES



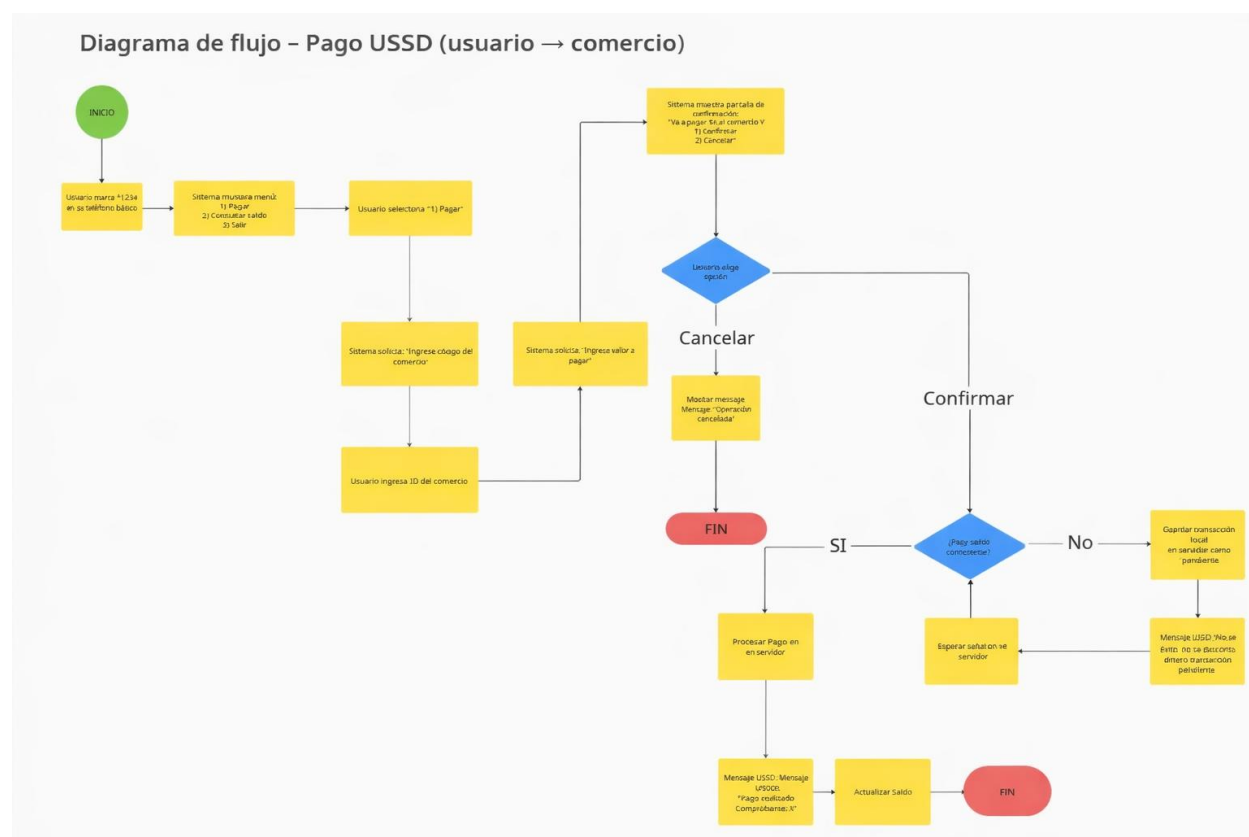
CAPA DE USUARIO RURAL



19.5 Diagrama de flujo Pago USSD

El flujo de pago USSD constituye uno de los pilares centrales de RuralPay porque responde directamente a la realidad tecnológica del territorio rural colombiano, donde la mayoría de los usuarios dispone únicamente de teléfonos básicos y la conectividad es limitada o intermitente. Su relevancia radica en que opera sobre redes 2G, lo que permite realizar transacciones sin necesidad de internet, datos móviles ni aplicaciones, superando así la principal barrera de acceso identificada en las entrevistas. Además, el diseño guiado mediante un menú secuencial reduce significativamente la carga cognitiva, lo que es fundamental en contextos de baja alfabetización digital, donde los usuarios expresan miedo a equivocarse y dificultad para interpretar interfaces complejas. El flujo incorpora confirmaciones claras y estados inequívocos (“éxito”, “no se pudo”, “pendiente”), lo que fortalece la confianza en un entorno donde la incertidumbre tecnológica

genera rechazo hacia lo digital. Su capacidad de registrar transacciones localmente cuando no hay señal y sincronizarlas posteriormente garantiza continuidad operativa y evita pérdidas de información. En conjunto, este flujo cumple la función estratégica de hacer que RuralPay sea accesible, seguro e inclusivo, permitiendo que cualquier persona, independientemente de su nivel tecnológico, pueda participar en pagos digitales dentro de su comunidad.

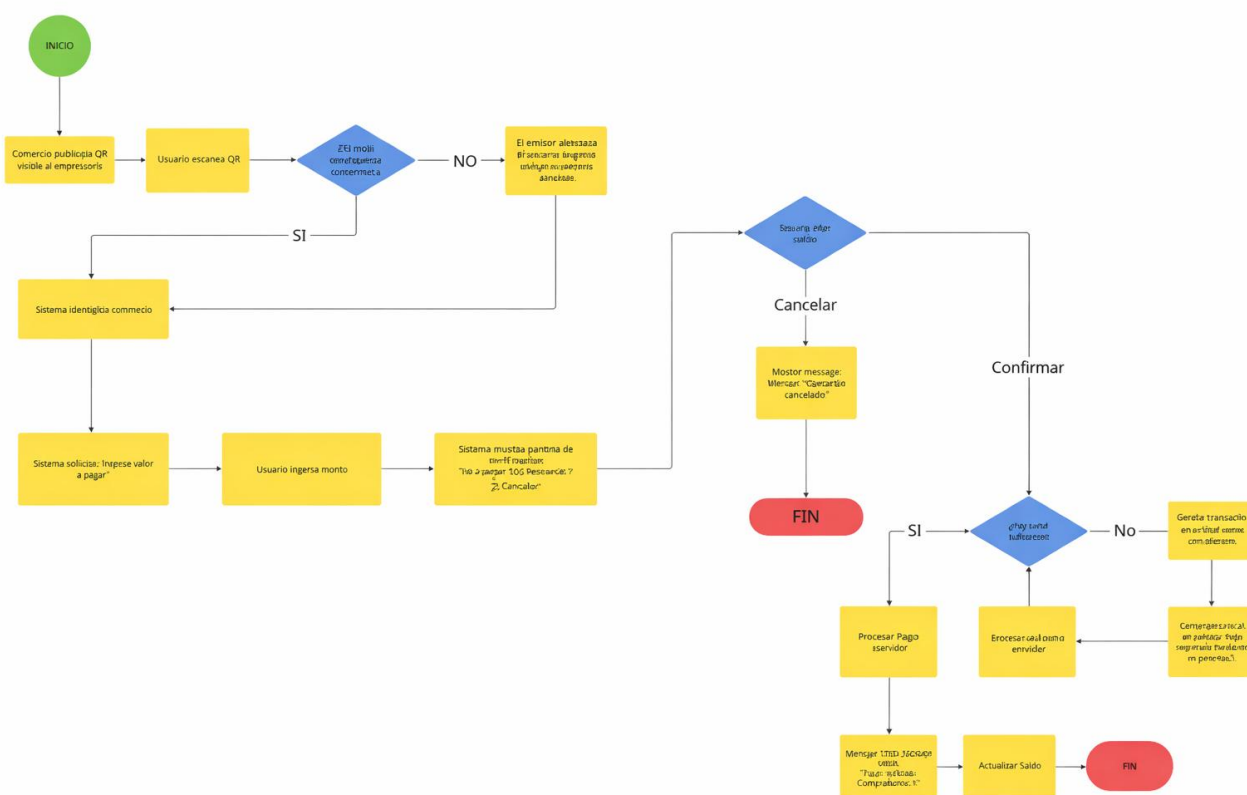


19.6 Diagrama de flujo Cobro con QR offline

El flujo de cobro con QR offline es un componente esencial de RuralPay porque permite que los comercios rurales reciban pagos sin depender de conectividad, una condición crítica en zonas donde la señal es intermitente o inexistente. Su relevancia se fundamenta en que el QR estático funciona como un identificador permanente del comercio, eliminando la necesidad de digitación manual y reduciendo errores asociados a la baja alfabetización digital. Este mecanismo simplifica

la interacción tanto para el comerciante como para el usuario, ya que el proceso se limita a escanear o ingresar un código alterno y confirmar el monto. Además, el sistema registra la transacción localmente cuando no hay señal, permitiendo que el comercio continúe operando sin interrupciones. El propósito de este flujo es ofrecer un mecanismo de cobro confiable, económico y fácil de implementar, que reduzca la dependencia del efectivo, disminuya riesgos de robo y mejore la trazabilidad de las transacciones. Al habilitar pagos digitales sin infraestructura tecnológica adicional, este flujo fortalece la economía local y facilita la inclusión financiera de pequeños comercios que tradicionalmente han quedado por fuera de los sistemas digitales urbanos.

DIAGRAMA DE FLUJO – COBRO CON QR OFFLINE

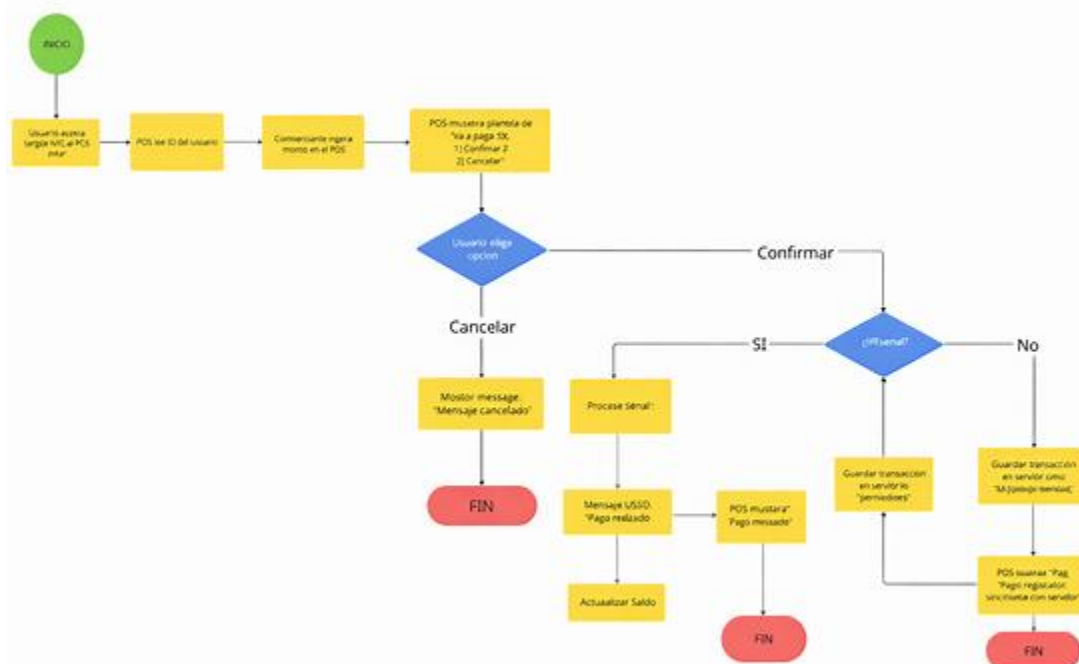


19.7 Diagrama de Flujo Pago NFC en POS solar

El flujo de pago mediante NFC en el POS solar es especialmente relevante porque permite incluir a usuarios que no cuentan con teléfono móvil o que presentan dificultades para manejar interfaces digitales, como adultos mayores o personas con baja alfabetización. Su importancia radica en que

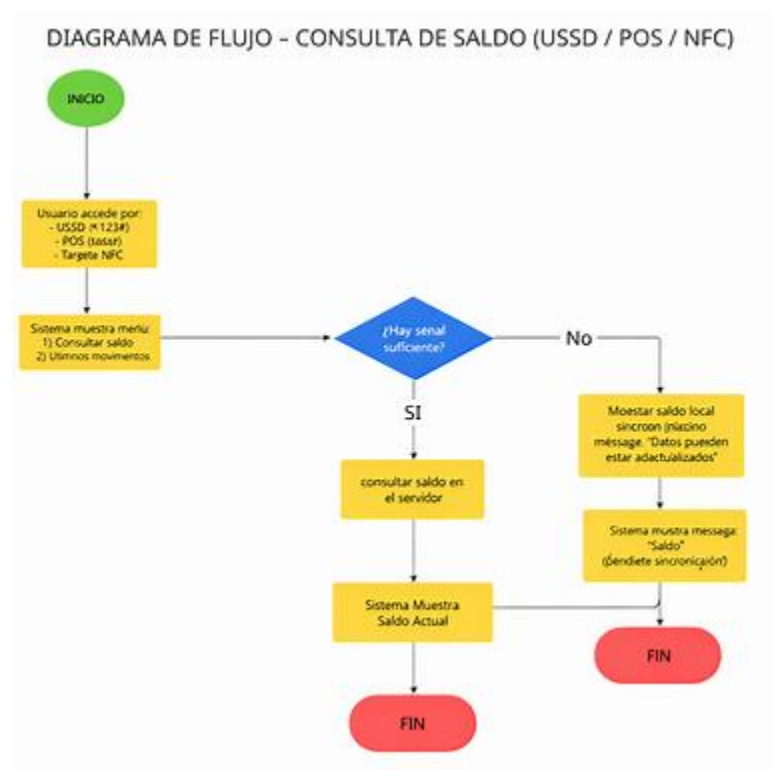
elimina la necesidad de digitar números, navegar menús o interpretar mensajes complejos, permitiendo realizar pagos simplemente acercando una tarjeta NFC pasiva y confirmando con un botón físico. Este nivel de simplicidad reduce fricciones cognitivas y disminuye el miedo al error, uno de los principales factores de rechazo hacia los pagos digitales en zonas rurales. Además, el POS solar garantiza funcionamiento incluso en lugares sin electricidad, resolviendo una de las brechas más críticas del territorio. La capacidad de registrar transacciones localmente y sincronizarlas cuando haya señal asegura continuidad operativa y confiabilidad. El propósito de este flujo es ofrecer una alternativa tangible, intuitiva y accesible que permita que personas tradicionalmente excluidas del ecosistema digital puedan participar en pagos electrónicos sin barreras tecnológicas, fortaleciendo la inclusión financiera y la autonomía del usuario rural.

DIAGRAMA DE FLUJO – PAGO NFC EN POS SOLAR



19.8 Diagrama Consulta de saldo

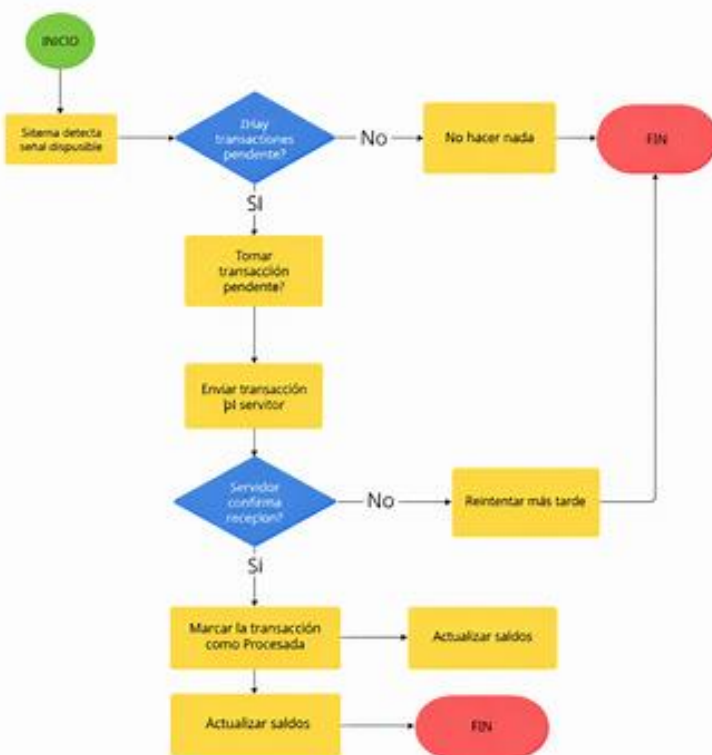
El flujo de consulta de saldo es un elemento clave dentro de RuralPay porque la transparencia y la claridad sobre el dinero disponible son determinantes para generar confianza en usuarios que históricamente han desconfiado de los sistemas digitales. Su relevancia radica en que permite acceder a la información desde distintos canales —USSD, POS solar o tarjeta NFC— adaptándose a las capacidades tecnológicas de cada usuario. Cuando hay señal, el sistema muestra el saldo actualizado; cuando no la hay, presenta el saldo local acompañado de una advertencia, evitando confusiones y manteniendo al usuario informado. Este diseño responde directamente a la necesidad de reducir la incertidumbre, uno de los principales factores que generan rechazo hacia los pagos digitales. El propósito de este flujo es garantizar que el usuario tenga siempre visibilidad sobre su dinero, independientemente de las condiciones de conectividad, fortaleciendo así la confianza, la seguridad percibida y la adopción sostenida del sistema.



19.9 Diagrama de flujo Sincronización diferida

La sincronización diferida es un componente crítico de la arquitectura de RuralPay porque permite que el sistema funcione de manera continua en zonas donde la señal aparece y desaparece constantemente. Su relevancia radica en que garantiza la integridad, trazabilidad y confiabilidad de las transacciones: cuando la conectividad regresa, el sistema detecta automáticamente las operaciones pendientes, las envía al servidor y actualiza los saldos. Si el servidor no confirma la recepción, el sistema reintenta más tarde, evitando pérdidas de información o duplicados. Este mecanismo es indispensable para asegurar que las transacciones realizadas sin señal no queden en estado incierto, lo que sería inaceptable en un contexto donde la confianza es frágil. El propósito de este flujo es permitir que RuralPay opere como una solución verdaderamente offline-first, capaz de adaptarse a las condiciones reales del territorio rural sin comprometer la seguridad ni la experiencia del usuario. Gracias a este componente, el sistema puede ofrecer continuidad operativa, confiabilidad y estabilidad, incluso en los entornos más desafiantes.

DIAGRAMA DE FLUJO - SINCRONIZACIÓN DIFERIDA)



19.10 Validación Conceptual del Modelo RuralPay

entre tecnologías disponibles para entornos de baja conectividad. A partir de estas técnicas se definieron criterios de validación que orientaron la valoración del modelo.

En términos de usabilidad conceptual, se examinó la claridad de los flujos, la carga cognitiva y la facilidad de interacción, destacándose que los flujos basados en USSD y NFC presentan una alta simplicidad conceptual. Respecto a la seguridad percibida, la literatura señala que las confirmaciones explícitas y los elementos tangibles incrementan la confianza del usuario; en coherencia con ello, RuralPay incorpora comprobantes visibles y estados operativos claros. En cuanto a la adecuación tecnológica, se verificó que las tecnologías seleccionadas —USSD, QR offline, POS solar y NFC— son compatibles con entornos caracterizados por conectividad limitada o intermitente. Desde la perspectiva de pertinencia sociocultural, el modelo se alinea con prácticas rurales como el uso predominante de efectivo, la confianza interpersonal y la preferencia por mecanismos tangibles. Finalmente, en relación con la continuidad operativa, la sincronización diferida garantiza el funcionamiento del sistema incluso en ausencia de señal.

En conjunto, la validación conceptual demuestra que RuralPay constituye un modelo viable, pertinente y coherente con las condiciones tecnológicas, socioculturales y operativas del contexto rural colombiano.

20. Conclusiones

Los resultados del estudio permiten concluir que el modelo RuralPay constituye una propuesta conceptualmente viable para facilitar pagos digitales en zonas rurales de baja conectividad. La integración de tecnologías híbridas y mecanismos offline-first responde a las barreras identificadas en la literatura, coherentes con los planteamientos de Rogers (2003) sobre compatibilidad y utilidad percibida. Asimismo, la simplicidad de la interfaz se alinea con los principios de usabilidad de Nielsen (2020), mientras que los mecanismos de seguridad fortalecen la confianza

del usuario, tal como sugieren Venkatesh et al. (2016). En conjunto, el modelo aporta una solución pertinente y teóricamente fundamentada para avanzar en la inclusión financiera rural.

21. Referencias

Aker, J., & Blumenstock, J. (2020). *The economics of digital financial services in low-income countries*. Annual Review of Economics, 12, 497–525.

<https://doi.org/10.1146/annurev-economics-082019-110100> ([doi.org in Bing](#))

Allen, F., Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., & Peria, M. S. M. (2016). *The foundations of financial inclusion: Understanding ownership and use of formal accounts*. Journal of Financial Intermediation, 27, 1–30.

<https://doi.org/10.1016/j.jfi.2015.12.003> ([doi.org in Bing](#))

Arner, D., Buckley, R., & Zetsche, D. (2020). *FinTech for financial inclusion: A framework for digital financial transformation*. Journal of Banking Regulation, 21(1), 1–14.

<https://doi.org/10.1057/s41261-019-00104-3> ([doi.org in Bing](#))

Arias, J., & Camacho, A. (2021). *Digitalización rural y brechas tecnológicas en Colombia*. Revista de Economía del Rosario, 24(2), 45–72.

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.10934> ([doi.org in Bing](#))

Banerjee, A., & Duflo, E. (2011). *Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty*. MIT Press.

Batista, C., & Vicente, P. (2020). *Improving access to financial services in rural areas: Evidence from field experiments*. World Development, 127, 104–118.

<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104-118> ([doi.org in Bing](#))

Bongomin, G., & Ntayi, J. (2020). *Financial inclusion in rural Africa: The role of mobile money trust and literacy*. Journal of African Business, 21(3), 305–325.

<https://doi.org/10.1080/15228916.2019.1584265> ([doi.org in Bing](#))

Brooke, J. (1996). *SUS: A quick and dirty usability scale*. In P. W. Jordan et al. (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.

Burgess, R., & Pande, R. (2020). *Digital payments and rural development: Evidence from emerging economies*. Journal of Development Economics, 147, 102–118.

<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102118> ([doi.org in Bing](#))

CAF. (2020). *Inclusión financiera en América Latina y el Caribe: Desafíos y oportunidades*. Banco de Desarrollo de América Latina.

CAF. (2022). *Transformación digital rural en América Latina*. Banco de Desarrollo de América Latina.

Carattoli, M., et al. (2013). *Innovation capabilities in emerging economies*. Journal of Technology Management & Innovation, 8(3), 45–58.

Castiaux, A. (2012). *Developing dynamic capabilities to meet sustainable development challenges*. International Journal of Innovation Management, 16(6), 1–17. Chang, Y., et al. (2013). *Organizational innovation and performance*. Technovation, 33(10–11), 469–482.

Collins, D., Morduch, J., Rutherford, S., & Ruthven, O. (2009). *Portfolios of the Poor: How the World's Poor Live on \$2 a Day*. Princeton University Press.

Cortés, D., & Peña, X. (2023). *Barreras de adopción de pagos digitales en zonas rurales colombianas*. Revista Desarrollo y Sociedad, 92, 55–89. <https://doi.org/10.13043/dys.92.3>

Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., & Hess, J. (2018). *The Global Findex Database 2017: Measuring financial inclusion and the fintech revolution*. World Bank.

Di Stefano, G., et al. (2010). *Dynamic capabilities and innovation*. Strategic Management Journal, 31(13), 1253–1270.

Donovan, K. (2020). *Mobile money, digital payments and the global South*. Information Technologies & International Development, 16(2), 1–15.

Donovan, K. (2022). *Mobile money and digital payments in the Global South: A decade of evidence*. Information Technologies & International Development, 18(1), 1–22.

Evans, D. (2020). *Why mobile money succeeds in some countries and fails in others*. Journal of Economic Perspectives, 34(3), 45–70. <https://doi.org/10.1257/jep.34.3.45> ([doi.org in Bing](#))

FAO. (2021). *Digital financial inclusion for smallholder farmers*. Food and Agriculture Organization.

FAO. (2022). *Digital financial inclusion for rural transformation in Latin America*. Food and Agriculture Organization.

Fatehkia, M., et al. (2021). *Digital divides in rural areas: A global review*. Information Development, 37(3), 321–336.

GSMA. (2022). *State of Mobile Internet Connectivity Report 2022*. GSMA.

GSMA. (2023). *Mobile Money State of the Industry Report 2023*. GSMA.

GSMA. (2024). *Digital inclusion and rural connectivity: Global insights 2024*. GSMA.

- Gutiérrez, L., & Ortega, D. (2022). *Adopción de tecnologías financieras en zonas rurales de Colombia*. Revista de Estudios Regionales, 58, 112–140.
- Harrys, J., et al. (2009). *Capabilities for innovation in rural contexts*. Rural Sociology, 74(3), 356–379.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hernández, C., & Rojas, M. (2021). *Confianza digital y adopción de servicios financieros en comunidades rurales*. Revista Colombiana de Sociología, 44(1), 89–115.
- IFAD. (2021). *Digital financial services for rural transformation*. International Fund for Agricultural Development.
- Jack, W., & Suri, T. (2021). *Mobile money and economic resilience: Updated evidence from Kenya*. Science Advances, 7(12), 1–9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd1338>
([doi.org](https://doi.org/10.1126/sciadv.abd1338) in Bing)
- López, A., & Rivas, J. (2022). *Brechas digitales rurales en América Latina: Un análisis comparado*. Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico, 37, 55–78.
- Maldonado, J., & Rodríguez, P. (2023). *Pagos digitales y confianza en zonas rurales: Un estudio experimental en Colombia*. Revista Innovar, 33(89), 45–63.
- Marichova, A. (2015). *Digital inclusion in rural areas*. Journal of Rural Studies, 39, 219–227.
- Martínez, S., & Gómez, L. (2020). *Tecnologías frugales para la inclusión financiera rural*. Revista de Innovación Social, 12(3), 77–95.
- M-Pesa. (2022). *Safaricom Annual Sustainability Report 2022*. Safaricom.
- Nandhi, M., & Balasubramanian, S. (2020). *NFC-based payments for low-income users: Evidence from India*. Journal of Payments Strategy & Systems, 14(2), 134–150.
- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to usability*. Nielsen Norman Group.
- OECD. (2021). *Digital transformation in rural regions: Policy perspectives*. OECD Publishing.
- Pérez, J., & Ramírez, C. (2022). *Evaluación de usabilidad de sistemas USSD en contextos de baja alfabetización digital*. Revista Ingeniería y Desarrollo, 40(1), 55–78.
- PwC. (2023). *The future of digital payments in emerging markets*. PwC Insights.
- Reporte de Inclusión Financiera – RIF. (2023). *Informe anual de inclusión financiera en Colombia*. Banca de las Oportunidades & Superintendencia Financiera de Colombia.

Rojas, A., & Medina, F. (2024). *Pagos digitales offline: Innovaciones para zonas sin conectividad*. Revista de Tecnología y Sociedad, 19(2), 33–60.

Rutherford, S. (2000). *The Poor and Their Money*. Oxford University Press.

Strauss, A., & Corbin, J. (2008). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (3rd ed.). Sage.

Suri, T. (2021). *Mobile money and financial inclusion: Ten years later*. Annual Review of Economics, 13, 1–25.

Sánchez, L., & Duarte, P. (2023). *POS solares y autonomía energética en zonas rurales*. Revista Energía y Desarrollo, 15(2), 77–101.