

Sara -sistema para la administración de comunidades rurales soportado por una arquitectura de nube

Sara - system for the administration of rural communities supported by a cloud architecture

Urbano Eliécer Gómez-Prada¹ 

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Resumen

Introducción: La administración de proyectos comunitarios rurales enfrenta limitadas capacidades de planificación local. En este contexto, se desarrolló SARA, un sistema orientado a mejorar la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia, a partir del análisis de las dinámicas organizativas de las comunidades rurales y de los procesos de gestión en las alcaldías.

Objetivo: Desarrollar un sistema para la administración de proyectos comunitarios rurales que contribuya a mejorar la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia en la gestión.

Metodología: El desarrollo del sistema se fundamentó en un enfoque metodológico híbrido que integró investigación exploratoria-descriptiva con Design Science Research (DSR) y Rational Unified Process (RUP), permitiendo la construcción iterativa y la evaluación del artefacto. SARA se implementó como una arquitectura en la nube compuesta por una aplicación web, una API REST, una aplicación móvil y dispositivos IoT.

Resultados: Los resultados obtenidos en un contexto piloto evidenciaron una percepción positiva por parte de los usuarios en términos de utilidad y facilidad de uso, así como su potencial para apoyar la gestión de proyectos comunitarios. A diferencia de otras soluciones centradas en la productividad agrícola, SARA se enfoca en la gobernanza local, la transparencia y la sostenibilidad social.

Conclusiones: SARA constituye una alternativa para fortalecer la gestión pública en entornos rurales y contribuir a los procesos de transformación digital, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las políticas de gobernanza digital en Colombia.

Palabras clave: Sistemas orientados a servicios, computación en la nube, comunidades rurales, gestión de proyectos comunitarios, gobernanza local, transformación digital, investigación basada en diseño.

Abstract

Introduction: The management of rural community projects faces limited local planning capabilities. In this context, SARA was developed as a system aimed at improving traceability, transparency, and efficiency, based on the analysis of the organizational dynamics of rural communities and the management processes within local governments.

Objective: To develop a system for managing rural community projects that contributes to improving traceability, transparency, and efficiency in management processes.

Methodology: The system development was based on a hybrid methodological approach integrating exploratory-descriptive research with Design Science Research (DSR) and the Rational Unified Process (RUP), enabling iterative artifact construction and evaluation. SARA was implemented as a cloud-based architecture comprising a web application, a REST API, a mobile application, and IoT devices.

Results: The results obtained in a pilot context revealed a positive user perception regarding usefulness and ease of use, as well as its potential to support the management of community projects. Unlike other solutions focused on agricultural productivity, SARA emphasizes local governance, transparency, and social sustainability.

Conclusions: SARA represents an alternative for strengthening public management in rural environments and contributing to digital transformation processes, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs) and digital governance policies in Colombia.

Keywords: Cloud computing, community project management, rural communities, local governance, digital transformation, Design Science Research.

¿Cómo citar?

Gómez-Prada UE. Sara - system for the administration of rural communities supported by a cloud architecture. Ingeniería y Competitividad, 2026, 28(2) e-20115488

<https://doi.org/10.25100/iyv.v28i2.15488>

Recibido: 6/12/25

Revisado: 06/04/26

Aceptado: 20/05/26

Online: 26/06/26

Correspondencia

uegomezpr@uis.edu.co



¿Por qué se realizó el estudio?

El estudio se realizó para diseñar y validar una solución TIC, basada en una arquitectura en la nube, escalable y de baja complejidad operativa, con el objetivo de mejorar la gestión de proyectos comunitarios rurales liderados por Juntas de Acción Comunitaria (JAC), fortaleciendo el registro, el seguimiento y el control de sus actividades y recursos.

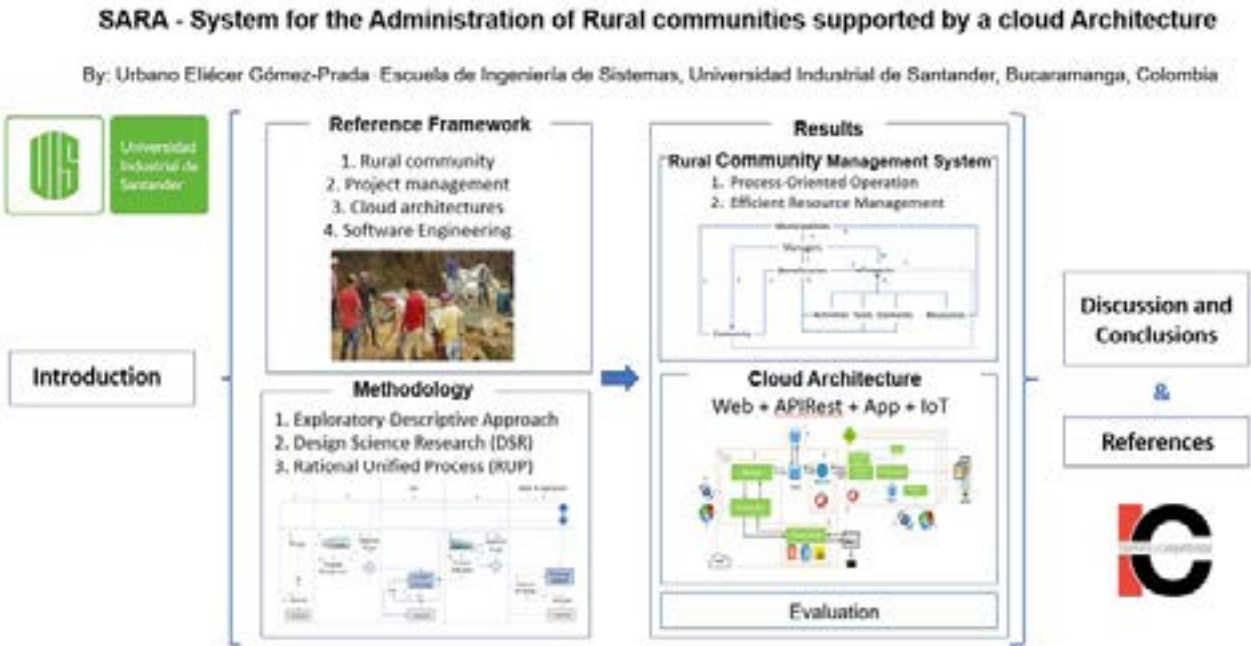
¿Cuáles fueron los principales hallazgos?

El estudio permitió identificar y estructurar un modelo de gestión de proyectos comunitarios rurales de baja complejidad operativa, orientado a la dinámica de las Juntas de Acción Comunitaria y materializado en una arquitectura compuesta por una aplicación web, una aplicación móvil y servicios de integración. Los resultados preliminares muestran que la solución es útil, fácil de usar y replicable en otros contextos rurales con necesidades similares de trazabilidad, coordinación y control.

¿Qué aportan estos hallazgos?

Estos hallazgos proporcionan una herramienta tecnológica que fortalece el control, la trazabilidad y la coordinación de proyectos comunitarios tanto para las Juntas de Acción Comunitaria como para las Secretarías de Infraestructura municipales, facilitando el seguimiento de actividades, recursos, participantes y resultados, a la vez que ofrecen una base tecnológica escalable para su adopción en otras comunidades rurales.

Graphical Abstract





Introducción

Las comunidades rurales enfrentan escasez de información que dificulta la gestión de sus proyectos de infraestructura (1), (2). Estas comunidades, generalmente organizadas a través de Juntas de Acción Comunal (CABs), a menudo experimentan limitaciones en el acceso a servicios y tecnologías que apoyan la gestión de sus actividades. En este contexto, las Tecnologías de la Información (TI) pueden ayudar a salvar estas brechas facilitando el registro, el seguimiento y el control de los proyectos, al tiempo que apoyan procesos de autosuficiencia y sostenibilidad, como se sugiere en el punto (3).

En este contexto, SARA se propone como un sistema orientado a la gestión de proyectos de comunidades rurales, alineado con iniciativas que promueven el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el Objetivo 11 relacionado con comunidades sostenibles (4), (5). Como se describe en el punto (6), el sistema incorpora una arquitectura de software que mejora la trazabilidad de la información en proyectos apoyados por entidades territoriales, contribuyendo a una mejora del control y de los resultados del proyecto.

Actualmente, estos proyectos suelen gestionarse manualmente, lo que limita el control de recursos y el seguimiento de los resultados. Según el punto (7), este proceso incluye fases como la identificación de necesidades, planificación, solicitudes de financiación, aprobación, ejecución y auditoría, todas ellas necesarias para su desarrollo exitoso de la información.

El desarrollo de SARA integra tres metodologías: Investigación Exploratoria-Descriptiva, Investigación en Ciencia del Diseño (DSR) y el Proceso Unificado Racional (RUP). El proyecto propone un sistema basado en procesos para gestionar proyectos desarrollados por comunidades rurales y para guiar el uso de las Tecnologías de la Información (TI) integradas en la arquitectura. Su objetivo es proporcionar claridad y facilitar el registro de las actividades asociadas a estos proyectos.

El sistema está soportado por una arquitectura basada en la nube, definida por (8), (9) como un servicio informático flexible y escalable entregado a través de Internet que no depende de servidores físicos locales. En este caso, la arquitectura está compuesta por una aplicación web, una aplicación móvil y dispositivos de Internet de las Cosas (IoT). Tanto el sistema como su arquitectura en la nube son coherentes con el contexto de las comunidades rurales y están destinados a apoyar una futura fase de adopción que promueva un enfoque integral, participativo y sostenible, como se destaca en (10) y (11).

SARA está concebida como una solución accesible, escalable y flexible, adecuada para entornos rurales con limitaciones tecnológicas y de conectividad. El sistema centraliza la información y facilita el acceso desde diferentes ubicaciones, mejorando la coordinación de proyectos, la interacción entre actores comunitarios y gobiernos locales, y los procesos de rendición de cuentas. Además, sirve como un modelo que puede ayudar a otras comunidades rurales a aumentar la eficiencia en la ejecución de proyectos, mejorar la calidad de vida de los beneficiarios y fortalecer el desarrollo regional.

La construcción de la primera versión de SARA implicó varias iteraciones y evaluaciones basadas en casos. Se llevó a cabo un proceso de adopción con una comunidad rural y tres





funcionarios municipales, lo que resultó en una aceptación positiva del sistema. No obstante, una implementación más amplia requerirá políticas públicas que fomenten su apropiación en comunidades rurales y municipios de Colombia.

La siguiente fase del proyecto buscará la participación de más líderes rurales y entidades territoriales para reidentificar y abordar las barreras a la apropiación de TI identificadas en los puntos (12) y (13). Este proceso de retroalimentación guiará los ajustes en el sistema de gestión y apoyará la incorporación de nuevas funcionalidades mediante aplicaciones adicionales que proporcionen acceso a programas de salud, educación y otros programas sociales.

La búsqueda de la apropiación tecnológica se basará en la confianza, la comunicación y la participación de los beneficiarios, tres elementos esenciales para el éxito en entornos rurales según (14). Estos principios apoyarán la evolución de SARA hacia el modelo de Software como Servicio (SaaS).

SARA tiene un impacto directo en la capacidad de las comunidades para autogestionarse y mejorar su participación en proyectos de desarrollo. Sin embargo, su éxito a largo plazo requerirá mecanismos que garanticen la sostenibilidad y autonomía del sistema, así como estrategias para mitigar limitaciones legales y regulatorias.

Metodología

Según (6), el desarrollo de SARA se basa en un enfoque metodológico híbrido que integra la Investigación Exploratoria-Descriptiva, la Investigación en Ciencia del Diseño (DSR) y el Proceso Racional Unificado (RUP). Este enfoque pretende comprender el contexto rural mientras construye y valida iterativamente una solución tecnológica en entornos reales.

La comprensión de las comunidades rurales se apoyó mediante investigaciones exploratorias-descriptivas siguiendo el enfoque descrito en (15), que se centra en analizar las experiencias y significados atribuidos a un grupo social. Este proceso condujo a la concepción del sistema de gestión descrito en la Sección 4.1.

La construcción y evaluación de los prototipos se apoyó en la integración de Design Science Research (DSR) y el Rational Unified Process (RUP). DSR proporcionó el marco para la generación y validación del artefacto, incorporando modelos, métodos e instancias que garantizan el rigor científico (16). RUP, a su vez, estructuró el proceso de desarrollo de software mediante iteraciones incrementales guiadas por casos de uso y retroalimentación continua. Esta combinación permitió la evolución progresiva de los prototipos en respuesta a los requisitos cambiantes (17), (18), asegurando tanto la idoneidad de las soluciones diseñadas como la validez y calidad científica del artefacto resultante.

Siguiendo los principios de la Investigación en Ciencia del Diseño, el desarrollo de SARA se estructuró como un ciclo iterativo compuesto por: (i) identificación y análisis de problemas en el contexto rural, (ii) diseño y construcción del artefacto tecnológico, (iii) evaluación del artefacto en escenarios representativos, y (iv) refinamiento de la solución basada en la retroalimentación obtenida.

La metodología propuesta está organizada en cinco fases complementarias que guían el desarrollo y la evolución del sistema. Las fases 1 a 4 se han implementado y evaluado dentro del contexto del estudio, mientras que la Fase 5 se propone como una etapa futura centrada en la apropiación tecnológica por parte de las comunidades. La Figura 1 ofrece una visión general de estas fases, que se describen a continuación:

1. La Fase 1 ilustra el enfoque exploratorio orientado a comprender las comunidades mediante la observación (a), la definición de requisitos (R) y el diseño del sistema (b).
2. La Fase 2 está soportada por DSR y RUP e incluye actividades de implementación (c), evaluación mediante casos o escenarios (d) y mejora del diseño cuando sea necesario (e). Estas actividades se realizan iterativamente basándose en la retroalimentación obtenida durante las pruebas.
3. La Fase 3 implica a la comunidad en actividades de formación (f) y uso del sistema (g), permitiendo redefinir los requisitos (R) basándose en la experiencia real. SARA se encuentra actualmente en esta fase y se están estableciendo acuerdos para trabajar con otras comunidades.
4. La Fase 4 cuenta nuevamente con el apoyo de DSR y RUP, incorporando los ajustes identificados durante la Fase 3. Incluye la implementación continua (c'), la evaluación del usuario (h) y el refinamiento del sistema (e), manteniendo un enfoque iterativo e incremental basado en retroalimentación continua.
5. La Fase 5 corresponde a una etapa futura centrada en la apropiación tecnológica e implicará la implementación de estrategias (i), como programas de formación y mecanismos de incentivos, así como la promoción de políticas regionales que fomenten el uso de la tecnología dentro de las comunidades (j).
6. La adopción y apropiación de tecnología en contextos rurales representan desafíos significativos debido a las tradiciones culturales y la resistencia al cambio, factores ampliamente documentados en la literatura (19). En este sentido, varios estudios destacan la necesidad de promover transformaciones en el comportamiento del usuario para facilitar la incorporación efectiva de soluciones tecnológicas (14), (20), (21). Desde esta perspectiva, la apropiación puede entenderse como la capacidad de utilizar herramientas tecnológicas para transformar procesos, mejorar la calidad del producto y fortalecer los resultados (22).

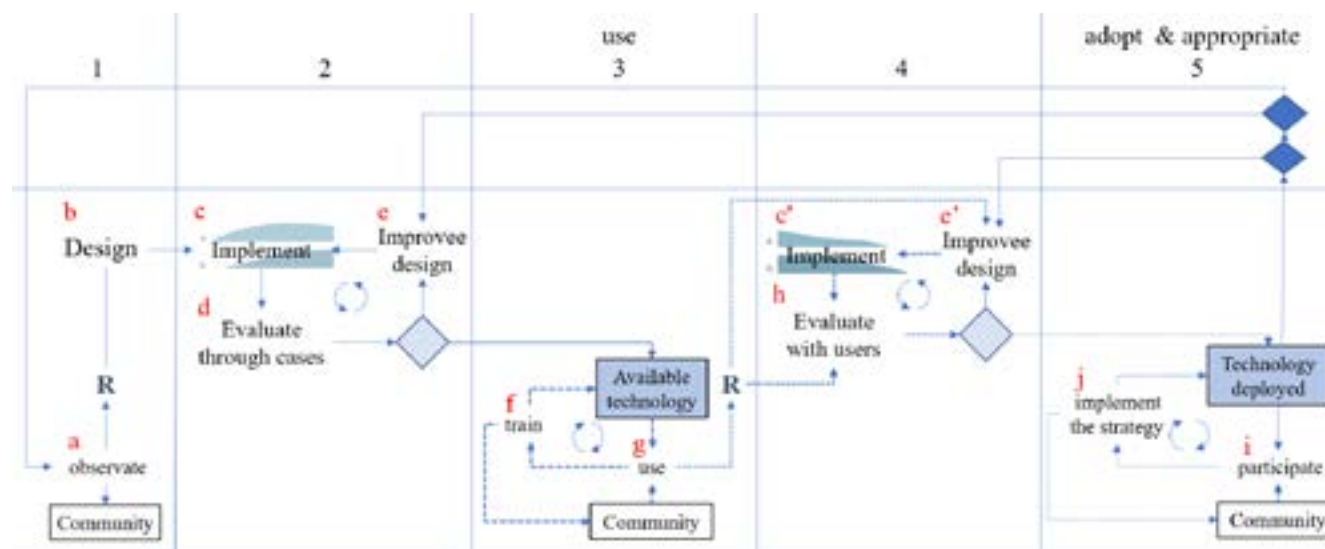


Figura 1. Metodología propuesta



En el contexto de SARA, estos elementos constituyen la base conceptual de la Fase 5 propuesta, que se centrará en diseñar estrategias que fomenten la confianza, el conocimiento y el uso sostenible de la tecnología dentro de las comunidades. Estas estrategias incluirán procesos de formación, mecanismos de incentivos y alineación con las políticas regionales, coherentes con enfoques que enfatizan la importancia de adaptar el diseño tecnológico a las condiciones de vida de los usuarios y a la dinámica de sus procesos (23). Esta perspectiva requiere la adopción de una visión sistémica que integre dimensiones técnicas, humanas y contextuales en el proceso de apropiación tecnológica.

Marco de referencia

Según (22), una comunidad rural puede describirse como un grupo de personas que viven en áreas territoriales más pequeñas que un municipio y, según (24), situadas en asentamientos rurales dispersos caracterizados por densidades de población inferiores a 150 habitantes por kilómetro cuadrado. Estas comunidades pueden poseer sus propias identidades y expresiones culturales, así como necesidades. Generalmente están formadas por familias dedicadas principalmente a la agricultura, la ganadería u otras actividades asociadas a entornos rurales. Además, según (11), su desarrollo suele requerir el apoyo de entidades territoriales.

La arquitectura de la nube se refiere al diseño y marco estructural de sistemas, aplicaciones y servicios alojados en plataformas en la nube. Implica la integración de componentes como almacenamiento, servidores, redes y bases de datos para garantizar escalabilidad, flexibilidad, seguridad y accesibilidad remota tanto para usuarios como para organizaciones (25).

La arquitectura en la nube aprovecha recursos remotos proporcionados por proveedores como Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure y Google Cloud Platform (GCP), permitiendo el acceso a recursos informáticos bajo demanda sin requerir inversiones iniciales sustanciales en infraestructura (26).

SARA proporciona a las comunidades rurales una arquitectura basada en la nube para apoyar la gestión de proyectos comunitarios, alineándose con la necesidad de mejorar los resultados productivos y económicos, así como la calidad de vida de los habitantes rurales, a través de las Tecnologías de la Información (TI), como destacan el Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación de Colombia (27) y el Plan Estratégico de Desarrollo de Santander (22).

La incorporación de arquitectura basada en la nube para optimizar las actividades agrícolas se ha vuelto cada vez más común, y varias experiencias demuestran su potencial. Algunos ejemplos incluyen:

1. En Colombia, la Federación Nacional de Productores de Cereales y Legumbres (FENALCE) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) desarrollaron una plataforma TIC basada en datos recogidos a través de sensores, imágenes satelitales y modelos predictivos. Esta información se analiza para ofrecer recomendaciones personalizadas a los agricultores a través de una aplicación móvil. La plataforma emplea algoritmos de aprendizaje automático centrados en variables de gestión climática, del suelo y de cultivos en la producción de maíz para reducir el riesgo de pérdidas (28).



2. Otro ejemplo colombiano es Agrocrafit (29), una plataforma de software web y móvil que facilita la comercialización agrícola entre organizaciones previamente asociadas de productores y consumidores. Dentro de este sistema, los consumidores registran la demanda proyectada, mientras que los productores proporcionan información sobre sus cultivos a través de dispositivos móviles. A partir de estos datos, el software estima las fechas de cosecha y los volúmenes de producción, aumentando la certeza respecto a la oferta disponible y reduciendo la brecha entre oferta y demanda.
3. En Ecuador, (30) presenta un sistema web y móvil que genera información geográfica sobre el patrimonio natural y cultural de las comunidades rurales, aumentando su visibilidad y reconocimiento entre los ciudadanos.
4. En Brasil, (31) desarrolló AgroAPI, una plataforma que proporciona datos y modelos agrícolas a través de diferentes APIs. Esta herramienta se centra en variables como la productividad, las fechas de siembra y las condiciones climáticas, facilitando la toma de decisiones y contribuyendo al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los autores destacan el potencial de la digitalización para promover la agricultura sostenible, reconociendo al mismo tiempo la necesidad de impulsar la transformación digital del sector mediante una gestión más eficiente de los datos generados por sensores, a pesar de los desafíos que aún persisten.
5. En Nigeria, (32) informa de un estudio realizado en 95 aldeas que involucró a 1.044 adultos que habían aprendido recientemente a usar teléfonos móviles, aprovechando la creciente cobertura de telecomunicaciones en las zonas rurales. Los resultados demostraron que el uso de dispositivos móviles mejora la productividad regional al facilitar el acceso a créditos agrícolas y mercados para la comercialización de productos agrícolas.

En este contexto, la arquitectura en la nube surge como una alternativa tecnológica relevante. Este modelo de diseño permite el desarrollo, despliegue y gestión de aplicaciones y recursos informáticos con flexibilidad y escalabilidad a través de Internet, en lugar de depender de servidores físicos locales (8).

Resultados

Esta sección presenta los resultados del desarrollo de SARA, un sistema de gestión para comunidades rurales centrado en proyectos que apoyan la autogestión. Incluye la arquitectura del sistema, sus componentes principales y las funcionalidades implementadas a través de la aplicación web, la API REST, la aplicación móvil y los dispositivos IoT, resumidos en (6).

Desde la perspectiva de la implementación, el sistema se construyó utilizando tecnologías web y móviles que permiten su funcionamiento en entornos heterogéneos. La aplicación web fue desarrollada en PHP utilizando el framework Laravel y soportada por una base de datos MySQL. La API REST y la aplicación móvil se implementaron en RAD Studio utilizando la tecnología Delphi y DataSnap, que permite el desarrollo de servicios web y la comunicación entre aplicaciones cliente y servidor (33)(34)(35), (36).

Las siguientes subsecciones describen los componentes del sistema y su funcionamiento, así como los resultados obtenidos de su implementación y uso dentro del contexto rural evaluado.





Sistema de Gestión de Comunidades Rurales

El sistema propuesto se basa en la comprensión de cómo operan las comunidades rurales y cómo se llevan a cabo los procesos de gestión de proyectos en colaboración con los gobiernos municipales. A partir de este análisis, se definió una estructura orientada a procesos para articular la interacción entre las comunidades y los representantes municipales. La estructura implica a miembros de la comunidad, que pueden asumir roles como beneficiarios o gestores, y proyectos, dentro de los cuales se realizan actividades utilizando herramientas, consumiendo recursos y actuando sobre elementos de infraestructura o activos comunitarios.

Algunos de los términos resaltados en cursiva en el párrafo anterior corresponden a los elementos definidos en la estructura del sistema ilustrada en la Figura 2. Esta estructura, introducida previamente en (6), constituye la base para el diseño de la arquitectura y sus componentes. La estructura del sistema puede describirse según la numeración mostrada en la Figura 2 de la siguiente manera:

1. Los municipios están compuestos por comunidades, que a su vez están formadas por miembros de la comunidad. Estos miembros pueden actuar como gestores y beneficiarios de desarrollo comunitario y deben designar a un representante comunitario.
2. Los beneficiarios necesitan proyectos que respondan a sus necesidades.
3. Los proyectos implican actividades realizadas utilizando diferentes herramientas, beneficiando a elementos específicos de la infraestructura mientras consumen recursos.
4. Los proyectos requieren el apoyo de un representante municipal, que generalmente es el Secretario de Infraestructura o un funcionario municipal equivalente.
5. Los beneficiarios asignan actividades, herramientas y elementos de infraestructura que requieren atención.
6. Los gobiernos municipales asignan recursos a las comunidades rurales. El representante municipal es responsable de supervisar los recursos que ejecuta la comunidad y debe tener acceso a información que permita un seguimiento y control efectivos del proyecto, asegurando que los resultados del proyecto beneficien a la comunidad.
7. Los proyectos generan beneficios para la comunidad.

El sistema está alineado con las directrices presentadas en los puntos (4) y (22), que enfatizan la importancia de proporcionar a las comunidades rurales condiciones adecuadas para la gestión, ejecución y supervisión de proyectos comunitarios relacionados con la construcción y el mantenimiento de infraestructuras como sistemas de drenaje, puentes, carreteras, caminos y edificios públicos. Una gestión insuficiente de estos proyectos puede llevar a esfuerzos duplicados, aumento de costes y falta de información precisa sobre las necesidades de las Juntas de Acción Comunitaria (CABs) (10).

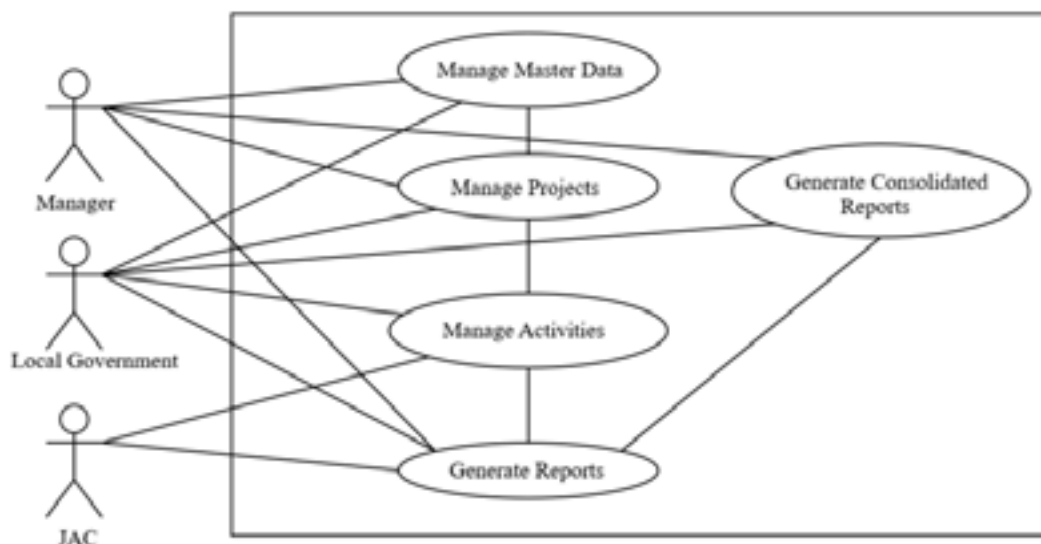


Figura 3. Diagrama de casos de uso simplificado

Para apoyar el registro de actividades, cualquier miembro de la comunidad puede asumir temporalmente el papel de representante de la Junta de Acción Comunitaria (CAB) cuando sea necesario. También cabe señalar que los requisitos 3 y 4 pueden gestionarse tanto a través de la plataforma web como de la aplicación móvil. El proceso de gestión de proyectos llevado a cabo por el CAB se presentó en (6) mediante un diagrama de actividad. Las etapas más relevantes del proceso se resumen de la siguiente manera:

1. La comunidad identifica una necesidad y presenta una solicitud al gobierno municipal.
2. El gobierno municipal evalúa la solicitud y, si se aprueba, asigna el proyecto.
3. El presidente del CAB registra las actividades, elementos de infraestructura, participantes y herramientas necesarias durante la ejecución del proyecto.

Cabe señalar que las acciones realizadas por el CAB y otros miembros de la comunidad pueden realizarse a través de la aplicación móvil tras la sincronización del proyecto. Las actividades registradas en el dispositivo móvil deben sincronizarse posteriormente para permitir la consulta por parte de las partes interesadas. Archivos multimedia como fotografías, vídeos y grabaciones de audio también pueden estar asociados con actividades.

Los componentes arquitectónicos ilustrados en la Figura 4 son:

1. Plataforma web: Permite la configuración de comunidades, proyectos y generación de informes. Se describe en la Sección 4.2.1.
2. Aplicación móvil: Consume los servicios de la API REST, permitiendo el registro y transmisión de actividades al backend para almacenamiento y procesamiento. Incorpora una base de datos local para soportar la operación asincrónica y se describe en la Sección 4.2.2.
3. API REST: Facilita la comunicación entre el backend, el front-end y las aplicaciones, permitiendo el intercambio de datos y el registro de actividades de proyectos comunitarios. Se describe en la Sección 4.2.3.
4. Dispositivos IoT: Utilizados para recopilar información relacionada con el caudal de los ríos, la temperatura y la precipitación. Estos dispositivos se describen en la Sección 4.2.4.
5. Módulo de Ubicación Geográfica Digital: Permite la identificación de elementos de infraestruc-

tura en un mapa digital utilizando el componente de Google Maps. Ejemplos incluyen la localización de tramos de asfalto de carreteras rurales o estructuras de recogida de agua asociadas a sistemas de acueductos comunitarios. Una descripción técnica se proporciona en el apartado (6).

6. Base de datos MySQL: Almacena registros maestros e información sobre la actividad del proyecto. La base de datos se replica en un servidor secundario como mecanismo de seguridad y copia de seguridad.

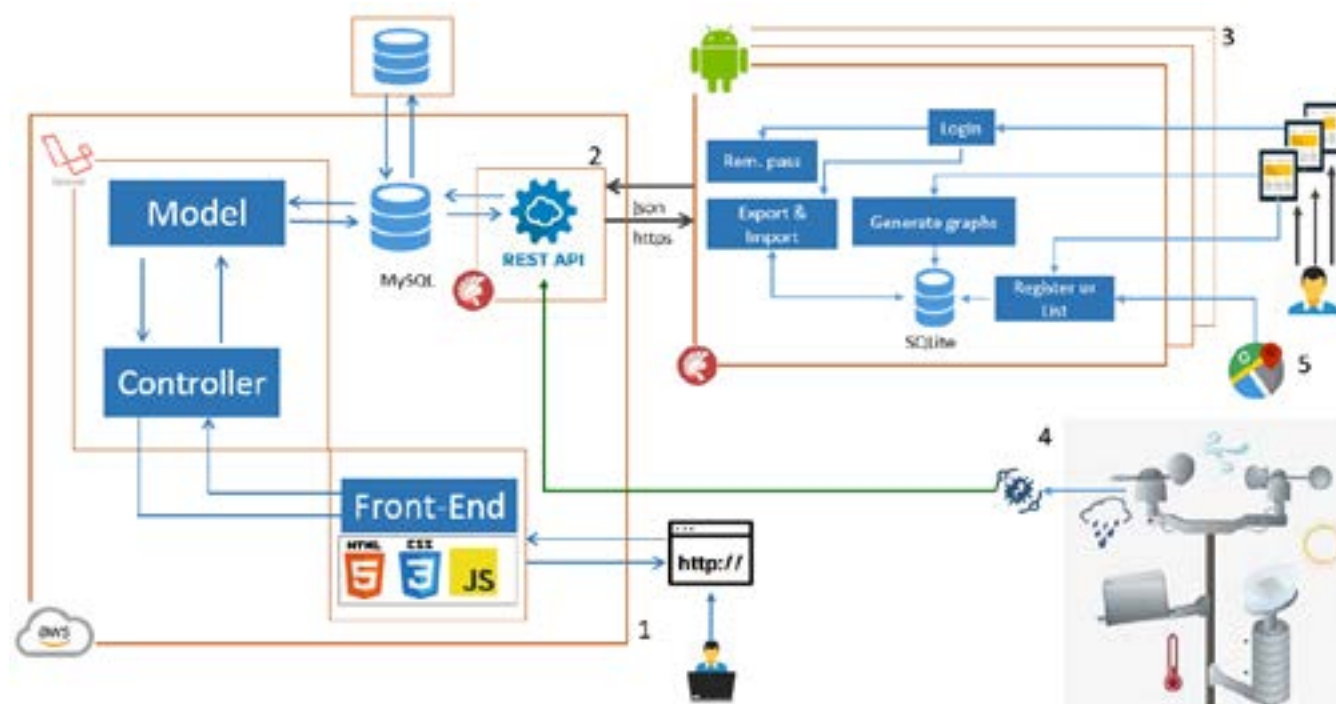


Figura 4. Arquitectura SARA

La Figura 4 también ilustra, siguiendo la dirección de las flechas, la generación de informes y resúmenes gráficos y el proceso de migración utilizado para transferir los registros de la aplicación al sistema central.

Los registros móviles actualizados pueden requerir el uso de un canal de comunicación de respaldo, que está previsto para mejorar la disponibilidad del sistema durante las interrupciones de Internet. Este canal estará soportado por tecnologías de comunicación de Bajo Consumo y Área Amplia (LPWA) capaces de transmitir pequeñas cantidades de datos a largas distancias con bajo consumo energético.

El proceso de migración se realiza de la siguiente manera:

1. La aplicación móvil genera un archivo JSON que contiene registros de actividad pendientes de migración desde la base de datos local SQLite, que se transmiten a la API REST usando el protocolo HTTP y posteriormente se marcan como migrados. La aplicación también incluye una opción gráfica de autenticación basada en combinaciones de imágenes asociadas a actividades agrícolas, funcionando de forma similar a un mecanismo de contraseña.
2. La API REST exporta datos maestros, recibe validaciones y almacena registros de actividad en la base de datos.

Aplicación web

Como se ha presentado anteriormente en el punto (6), la aplicación web gestiona los datos maestros y las funcionalidades de reportes. Consta de dos componentes principales: el Front-End, correspondiente a la capa de presentación con la que interactúan los usuarios, y el backend, responsable de la lógica de negocio, incluyendo la gestión de actividades, la asignación de participantes responsables, la definición de plazos y otras funciones administrativas.

Algunos de los informes generados por el sistema incluyen:

1. Informe de Actividad del Proyecto, que muestra una lista de actividades junto con información como número de registro, proyecto, tipo de actividad, fechas de eventos, número de participantes, horas aportadas, observaciones y contenido multimedia asociado. Cada elemento multimedia es interactivo y puede verse en un formato ampliado (véase la Figura 5). Algunos de estos registros se crean a través de la aplicación móvil y posteriormente se migran a la plataforma en la nube, permitiendo rastrear tanto la fecha de registro como la de migración.
2. Informe de Gastos Consolidados, que presenta visualmente la distribución de los costes del proyecto según el periodo de informe seleccionado.
3. Informes adicionales, que incluyen registros consolidados por mes, proyecto o usuario, y un informe de participación que muestra, en formato de calendario, las fechas en que cada usuario registró información.

ID	Act	Fecha	Proyecto	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Observaciones	Participantes	Presupuesto
1	186			Manejo de...	2025-08-26	2025-08-26	placas nuevas	10	1000

Figura 5. Informe de Actividad del Proyecto

Aplicación móvil

Según el punto (6), la aplicación móvil es “software diseñado para registrar información relacionada con los procesos del proyecto y sincronizarla para consulta a través de la plataforma web”. La aplicación soporta comunicaciones asíncronas, opera en smartphones de gama media y alta, detecta automáticamente la disponibilidad de la red y sincroniza los datos con el servidor. Estas capacidades garantizan que los datos se mantengan actualizados y accesibles, permitiendo a los usuarios registrar actividades en áreas con conectividad limitada.



Se espera que el proyecto evolucione mediante la incorporación de aplicaciones y funcionalidades adicionales. Estas aplicaciones futuras mantendrán una estructura y configuración de opciones similares para minimizar las diferencias percibidas entre sistemas. Este enfoque busca mitigar la resistencia al cambio, que a menudo es significativa en entornos rurales, como destacan (38) y (39).

En general, se espera que las aplicaciones proporcionen las siguientes funciones:

1. Registrar y listar actividades.
2. Generando informes gráficos consolidados.
3. Exportar e importar registros, que requieren autenticación de usuario.

Un ejemplo de la aplicación móvil se presenta en la Figura 6, correspondiente al componente móvil de la arquitectura ilustrado en la Figura 4. Cada pantalla representa un paso específico dentro del proceso operativo (también descrito en (6)):

1. Registro de actividades, siguiendo el proceso genérico de registro de actividades.
2. Selección de proyectos.
3. Informe de actividad, incluyendo opciones de filtrado, indicadores resumen (participantes, recursos financieros y horas aportadas) y una lista detallada de registros.
4. Informe consolidado mensual, que incluye totales de registros, horas, participantes y recursos financieros, junto con sus correspondientes visualizaciones gráficas.



Figura 6. Gestión de actividades de proyectos a través de aplicación móvil

REST API

Como se ha descrito anteriormente en el punto (6), la API REST es un servicio desplegado en el servidor cuyo propósito es establecer la comunicación entre las aplicaciones móviles y la base de datos. Actúa como una capa intermedia que gestiona el intercambio de información a través de formatos JSON y expone los métodos necesarios para que las aplicaciones envíen y recuperen datos.

Dispositivos IoT

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a tecnologías que conectan objetos físicos a Internet para recopilar, procesar y compartir datos ambientales, proporcionando así beneficios a los usuarios (40). Dentro de SARA y teniendo en cuenta que algunos municipios aún dependen de procedimientos manuales para registrar variables climáticas, se han incorporado dos componentes IoT en la

arquitectura para automatizar la recopilación de datos de temperaturas y precipitaciones. Estos dispositivos funcionan mediante redes de comunicación GPRS, 3G y 4G. En etapas futuras, se espera que la información recopilada apoye la toma de decisiones relacionadas con proyectos de infraestructura, como la planificación de actividades de construcción según los periodos de lluvia y las condiciones ambientales.

Este enfoque está inspirado en (41), que empleó ordenadores de placa única de bajo coste para ofrecer servicios en la nube en zonas rurales y remotas, mejorando la disponibilidad de servicios y permitiendo la ejecución eficiente y rentable de servicios digitales locales.

Evaluación

Las pruebas realizadas y el uso de SARA por parte de los beneficiarios indican una percepción positiva del sistema, especialmente dentro de la Secretaría de Infraestructuras municipal. Para evaluar esta percepción, se realizó una encuesta adaptada de (39) para evaluar la utilidad percibida de las funcionalidades del sistema y su facilidad de uso, a través de una escala de Likert de cinco puntos que va desde “fuertemente en desacuerdo” (1) hasta “totalmente de acuerdo” (5).

Los resultados, presentados en la Figura 7, muestran que todos los participantes percibieron las funcionalidades de reporte y trazabilidad de actividades como útiles, mientras que el 90% consideró el sistema fácil de usar. Estos hallazgos sugieren que el artefacto desarrollado cumple con los criterios de usabilidad y utilidad dentro del contexto evaluado. Sin embargo, se requiere una evaluación adicional que implique un mayor número de usuarios y escenarios adicionales de despliegue para reforzar la validez de estos hallazgos.

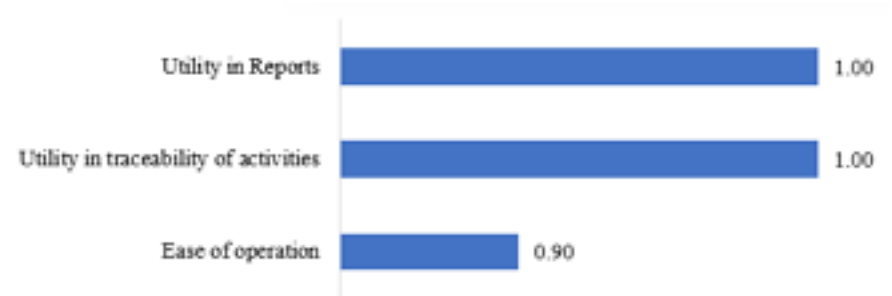


Figura 7. Evaluación de la utilidad percibida y facilidad de uso.

Discusión

Desde una perspectiva tecnológica, la arquitectura basada en la nube propuesta en SARA incorpora características ampliamente reconocidas en la literatura, como escalabilidad, facilidad de operación, bajos costes de mantenimiento y actualización, y seguridad (25), (42), (43), (44) y (45) Sin embargo, su contribución va más allá de estos aspectos técnicos al incorporar un enfoque simplificado de diseño de interfaces destinado a reducir la complejidad operativa. Esta decisión de diseño responde a las características de los entornos rurales, donde la resistencia al cambio y las fuertes tradiciones culturales pueden limitar la adopción de la tecnología (38) y (39).



Desde una perspectiva funcional, SARA proporciona un proceso estructurado y herramientas de sistematización que apoyan la gestión de los recursos públicos en proyectos comunitarios y contribuyen a la gobernanza local, atendiendo necesidades identificadas en estudios previos (22), (46) y (47). Este enfoque es especialmente relevante en territorios con capacidades limitadas de planificación local, como las zonas rurales de Santander (Colombia), donde el sistema está siendo pilotado actualmente. En este contexto, la coordinación entre las comunidades locales y las instituciones gubernamentales constituye un éxito crítico.

Los resultados también destacan la importancia de considerar factores como el nivel educativo, las condiciones económicas y la alfabetización digital, ya que descuidar estos aspectos puede conducir a resistencia o abandono del sistema, como se informó en estudios previos (47) y (48).

En este sentido, una línea de trabajo futura implica incorporar funcionalidades complementarias, como el acceso a programas sociales y servicios relacionados con la salud, con el objetivo de aumentar la participación y el compromiso de la comunidad, de acuerdo con las recomendaciones encontradas en la literatura (32).

SARA se diferencia de las soluciones existentes por centrarse en la gobernanza local, la transparencia y la gestión integral de proyectos de comunidades rurales, abarcando fases como la planificación, financiación, ejecución y rendición de cuentas. En cambio, muchas plataformas existentes se centran principalmente en la productividad agrícola.

Los resultados obtenidos durante la evaluación preliminar sugieren que el sistema responde eficazmente a estas necesidades, especialmente en términos de utilidad percibida y facilidad de uso. Estos hallazgos son coherentes con estudios que enfatizan la importancia de involucrar a los beneficiarios en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas para entornos rurales (49) (50) y (51). En este sentido, la metodología adoptada en SARA, basada en ciclos iterativos y la participación comunitaria, contribuye a fortalecer la relevancia y idoneidad del artefacto.

Desde una perspectiva social, SARA promueve la sostenibilidad y está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (5), especialmente el Objetivo 11 relacionado con comunidades sostenibles. También contribuye indirectamente a otros objetivos asociados con la reducción de la pobreza, la reducción de la desigualdad y el fortalecimiento institucional. SARA también fue concebida de acuerdo con las recomendaciones de la OCDE para el desarrollo rural en Colombia, que destacan la importancia de la gobernanza territorial, la coordinación institucional y la participación comunitaria como motores clave del desarrollo local (52).

Por último, el proceso de adopción debería considerar modelos de comportamiento que incorporen factores como la confianza, la influencia social y la utilidad percibida, especialmente entre las poblaciones juveniles rurales (13). Estos elementos, junto con experiencias previas en apropiación tecnológica en contextos similares (39), proporcionan una base para guiar las futuras estrategias de implementación y sostenibilidad del sistema (53).

Conclusiones

Este artículo presentó SARA, un sistema diseñado para apoyar la gestión de proyectos de comunidades rurales, desarrollado mediante un enfoque metodológico que integra investigación



exploratoria, investigación en ciencias del diseño (DSR) y procesos iterativos de construcción y evaluación.

A diferencia de las soluciones centradas principalmente en la productividad agrícola, SARA aborda la gobernanza de proyectos incorporando mecanismos de planificación, ejecución, supervisión y rendición de cuentas que responden a necesidades específicas dentro de contextos rurales.

Los resultados obtenidos durante la implementación piloto indican que el sistema cumple con los criterios de usabilidad y utilidad. Además, su diseño orientado a procesos y arquitectura basada en la nube apoyan la escalabilidad y adaptabilidad entre diferentes comunidades. La incorporación de un enfoque de desarrollo participativo también contribuye a mejorar su relevancia en entornos caracterizados por limitaciones tecnológicas y resistencia al cambio.

No obstante, el estudio presenta limitaciones relacionadas con el alcance de la evaluación, que se llevó a cabo en un contexto específico e involucró a un número limitado de usuarios. Como futuros trabajos y teniendo en cuenta que el sistema actualmente corresponde a un Nivel de Preparación Tecnológica (TRL) 4, se planifica una validación adicional en nuevos escenarios de despliegue, junto con el desarrollo de estrategias de apropiación tecnológica, incluyendo programas de formación, mecanismos de incentivos e integración con políticas públicas. Se espera que estas acciones refuercen el impacto a largo plazo de SARA en la gestión de proyectos de comunidades rurales.

Contribuciones de los autores

El autor realizó observaciones dentro de la comunidad beneficiaria, desarrollando una comprensión profunda del área de estudio y su dinámica rural a través de la participación en diversos proyectos. Esta implicación proporcionó valiosas perspectivas sobre las necesidades, desafíos y limitaciones específicas que enfrentan las comunidades rurales. Dada la etapa actual de madurez tecnológica de la solución propuesta, el autor busca involucrar a los interesados relevantes que puedan contribuir a su adopción, validación y despliegue futuro.

Agradecimientos

El autor agradece sinceramente el apoyo brindado por la VIE de la Universidad Industrial de Santander (UIS) para el desarrollo del Proyecto N° 4271.

El autor elaboró todos los elementos que componen la declaración de contribución de autoría CRediT.

Financiación: Universidad Industrial de Santander

Conflicto de intereses: no declara. Aspecto ético: no declara.

Referencias

1. Dirven M, Candia D (Internet). Medición de lo rural para el diseño e implementación de políticas de desarrollo rural. 2020 (cited 2026 Jun 3). Available from: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45317>
2. Parra-Peña R, Puyana R (Internet). Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e





internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva. 2021 (cited 2026 Jun 3). Available from:

<https://repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4092>

3. Ndlela S, Worth S. Creating self-reliance and sustainable livelihoods amongst small-scale sugarcane farmers. *J Agric Educ Ext.* 2021;27(3):325-339.

<https://doi.org/10.1080/1389224X.2020.1851268>

4. Rincón-Zapata C, Restrepo-Ruiz A, Izate-Cárdenas M, Zabala-Salazar H, Arboleda-Álvarez O. Desigualdades rurales en Colombia: aportaciones para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Rev La Sallista Investig.* 2021;18(2):178-200.

<https://doi.org/10.22507/rli.v18n2a13>

5. United Nations (Internet). Sustainable Development Goals. 2023 (cited 2026 Jun 3). Available from:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals>

6. Gómez-Prada U. Arquitectura de nube para la gestión rural comunitaria con aplicaciones web y móvil. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.* 2025.

<https://doi.org/10.26507/paper.4844>

7. Natarajan N, Newsham A, Rigg J, Suhardiman D. Sustainable livelihoods framework for the 21st century. *World Dev.* 2022;155:105898.

<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105898>

8. Condori J. Ventajas y desventajas de cloud computing. *Rev Inf Tecnol Soc.* 2012;7:86-87. Available from:

<http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rits/n7/n7a35.pdf>

9. Soldani J, Tamburri D, Van Den Heuvel W. The pains and gains of microservices: a systematic grey literature review. *J Syst Softw.* 2018;146:215-232.

<https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.09.082>

10. Ríos A, Palacio J, Giraldo D, Villegas D, Cubillos S. Desarrollo rural sostenible: una mirada desde la Ingeniería Agroindustrial. Medellín: UPB; 2019. Available from:

<http://hdl.handle.net/20.500.11912/4934>

11. Hoyos A, Verhelst K. La innovación social como herramienta para la transformación social de comunidades rurales. *Rev Virtual Univ Catol Norte.* 2019;57:87-99.

<https://doi.org/10.35575/rvucn.n57a7>

12. Whitacre B, Meadowcroft D, Gallardo R. Firm and regional economic outcomes associated with a new, broad measure of business innovation. *Entrepreneurship & Regional Development.* 2019;31(9-10):930-952.

<https://doi.org/10.1080/08985626.2019.1630486>

13. Zaremohzzabieh Z, Abu Samah B, Muhammad M, Omar S, Bolong J, Hassan M, Mohamed Shaffril H. A test of the technology acceptance model for understanding the ICT adoption behavior of rural young entrepreneurs. *Int J Bus Manag.* 2015;10(2):158-169.

<https://doi.org/10.5539/ijbm.v10n2p158>





14. Álvarez E, Bernal C. Modelo de innovación abierta: énfasis en el potencial humano. *Inf Tecnol*. 2017;28(1):65-76.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100007>
15. Hernández Sampieri R, Mendoza Torres C. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. España: McGraw-Hill; 2018.
16. Hevner A, March S, Park J, Ram S. Design science in information systems research. *Management Information Systems*. 2004;28(1):75-105.
<https://doi.org/10.2753/mis0742-1222240302>
17. Jacobson I, Booch G, Rumbaugh J. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP). Madrid: Pearson; 2000.
18. Koelmel A, Borsch M, Bulander R, Waidelich L, Brugger T, Kuehn A, Krutwig M. Quantifying the economic and financial viability of NB-IoT and LoRaWAN technologies: a comprehensive life cycle cost analysis using pragmatic computational tools. *FinTech*. 2023;2(3):510-526.
<https://doi.org/10.3390/fintech2030029>
19. Walmsley B, Oddy V. Modelling systems to describe maternal productivity, with the aim of improving beef production efficiency by eliciting practice change. *Anim Prod Sci*. 2018;58(1):193-205.
<https://doi.org/10.1071/AN14874>
20. Guarín-Manrique L, Martínez-Ardila H. La intermediación en los sistemas de innovación agroindustrial. *Cuad Desarro Rural*. 2022;19:1-23.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr19.isia>
21. Sierra J (Internet). Uso TIC agrícola: ajustes en la cosecha. *El Colombiano*. 2017 (cited 2026 Jun 3). Available from:
<https://www.elcolombiano.com/negocios/uso-tic-agricola-aun-tiene-ajustes-en-la-cosecha-FX7752304>
22. Daza L, Hernández C, Quijano A, Serna J. Plan estratégico del Departamento de Santander. 2017. Tesis de Maestría en Administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8864>
23. Somers S, Stapleton L. E-agricultural innovation using a human-centred systems lens: proposed conceptual framework. *AI Soc*. 2014;29(2):193-202.
<https://doi.org/10.1007/s00146-013-0475-x>
24. Ramírez I, de Aguas J (Internet). Configuración territorial de las provincias en Colombia. Bogotá; 2022 (cited 2026 Jun 3). Available from:
<https://hdl.handle.net/11362/48021>
25. Podeschi R. The future of digital entrepreneurship in a global economy: the case for cloud services. In: *Digital Entrepreneurship and the Global Economy*. Routledge; 2022. p 127-137.
<https://doi.org/10.4324/9781003194798-11>
26. Wittig A, Wittig M. Amazon Web Services in Action: an in-depth guide to AWS. Simon and Schuster; 2023.
<https://surl.li/rbpwfk>



27. Ministerio TIC de Colombia (Internet). Plan TIC. 2018 (cited 2026 Jun 3). Available from:
https://lc.cx/X_26lc
28. Jiménez D, Delerce S, Dorado H, Cock J, Muñoz LA, Agamez A, Jarvis A. A scalable scheme to implement data-driven agriculture for small-scale farmers. *Glob Food Secur.* 2019;23:256-266.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.08.004>
29. Gómez U, Pérez J, Ramírez J. Sistema de Información Agrícola para la disminución de brechas entre oferta y demanda: AGROCRAFT. *Inf Tecnol.* 2016;27(3):215-220.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000300020>
30. Collado A, Heras V, Rodas P, Delgado A, Carrión C, Mora-Navarro G, Lerma J. Geomatics documentation techniques as monitoring tools for rural built heritage in Nabón (Ecuador). *ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci.* 2021;8:65-72.
<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-M-1-2021-65-2021>
31. Romani L, Evangelista S, Vacari I, Apolinário D, Vaz G, Speranza E, Barbosa L, Drucker D, Massruhá S. AgroAPI platform: an initiative to support digital solutions for agribusiness ecosystems. *Smart Agric Technol.* 2023;5:100247.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100247>
32. Aker J, Ksoll C. Can mobile phones improve agricultural outcomes? Evidence from a randomized experiment in Niger. *Food Policy.* 2016;60:44-51.
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.03.006>
33. Cíceri M. Introducción a Laravel: aplicaciones robustas y a gran escala. Routledge. 2019.
<https://books.google.com/books?id=sPyIDwAAQBAJ>
34. Lazurchak I, Vdovychyn T, Zhydyk V. The use of the RAD Studio integrated environment in the future teachers' training. *Phys Math Educ.* 2020;2(24):80-86
35. Embarcadero Technologies (Internet). REST Debugger. 2022 (cited 2026 Jun 3).
https://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/Sydney/en/REST_Debugger
36. Guo A, Zhang Y. Research on software architecture base on Data Snap technology. 2012.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-25349-2_61
37. Mohammed A, Zeebaree S. Sufficient comparison among cloud computing services: IaaS, PaaS, and SaaS: a review. *Int J Sci Bus.* 2021;5(2):17-30.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4450129>
38. Berman-Arévalo A, Ojeda D. Ordinary geographies: care, violence, and agrarian extractivism in post-conflict Colombia. *Antipode.* 2020;52(6):1583-1602.
<https://doi.org/10.1111/anti.12667>
39. Gómez-Prada U, Orellana M, Salinas J. Strategy for the appropriation of a DSS in small bovine producers using simulation and a serious video game. *Information.* 2020;11(12).
<https://doi.org/10.3390/info11120566>
40. Xu J, Gu B, Tian G. Review of agricultural IoT technology. *Artif Intell Agric.* 2022;6:10-22.
<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.01.001>



41. Helmer S, Pahl SJ, Miori L, Brocanelli S, Cardano F, Gadler D, Morandini D, Piccoli A, Salam S, Mahabub S, Ventura A, Abrahamsson P, Oyetoyan T. Bringing the cloud to rural and remote areas via cloudlets. In: Proc 7th Annual Symposium on Computing for Development. 2016.
<https://doi.org/10.1145/3001913.3001918>
42. Joshi P, Islam S. E-Government maturity model for sustainable E-Government services from the perspective of developing countries. Sustainability. 2018;10:1882.
<https://doi.org/10.3390/su10061882>
43. Vera-Rivera A, Gaona C, Astudillo H. Desarrollo de aplicaciones basadas en microservicios: tendencias y desafíos de investigación. Rev Ib Sist Tecnol Inf. 2019;E23:107-120. Available from:
<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1646>
44. Adéchian S, Baco M, Olarinde I, Natcher C. Social ties development as competitive strategies in vegetables marketing: evidence from small-scale farmers in Benin. Eur J Dev Res. 2021.
<https://doi.org/10.1057/s41287-021-00415-y>
45. Iles I, Ma Z, Nixon R. Multi-dimensional motivations and experiences of small-scale farmers. Soc Nat Resour. 2021;34(3):352-372.
<https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1823540>
46. Acquaaah I. Business strategy and competitive advantage in family businesses in Ghana: the role of social networking relationships. J Dev Entrep. 2011;16(1):103-126.
<https://doi.org/10.1142/S1084946711001744>
47. Slamet A, Nakayasu A, Ichikawa M. Small-scale vegetable farmers' participation in modern retail market channels in Indonesia: the determinants of and effects on their income. Agriculture. 2017;7(2):11.
<https://doi.org/10.3390/agriculture7020011>
48. Kabbiri R, Dora M, Kumar V, Elepu G, Gellynck X. Mobile phone adoption in agri-food sector: are farmers in Sub-Saharan Africa connected? Technol Forecast Soc Change. 2018;131:253-261.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.010>
49. Lundström C, Lindblom J. Considering farmers' situated knowledge of using agricultural decision support systems to foster farming practices. Agric Syst. 2018; 159:9-20.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.10.004>
50. González-Bañales DL, Bermeo Andrade HP. Integración de sistemas de información para la innovación en la gestión operativa de unidades productivas agrícolas: un caso de estudio en Colombia. In: INNODOCT 2020. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València; 2020.
<https://doi.org/10.4995/INN2020.2020.11798>
51. Sheikh J, Dar H, Sheikh F. Usability guidelines for designing knowledge base in rural areas: towards women empowerment. 2014.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07635-5_45
52. OECD. Rural Policy Review of Colombia 2022. OECD Rural Studies. Paris: OECD Publishing; 2022.
<https://doi.org/10.1787/c26abeb4-en>
53. Gómez-Prada U. Propuesta de formación guiada con dinámica de sistemas para promover el desarrollo de software orientado por modelos en sistemas productivos rurales que requieren asociatividad. Formación Universitaria. 2022;15(1):153-162.





<https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000100153> 53).

