



Adaptation of the Smart Villages Model for Rural Areas in Colombia

Johana Manosalva Barrera and Libia Denisse Cangrejo Aljure

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

November 26, 2024

ADAPTACIÓN DEL MODELO SMART VILLAGES PARA LAS ZONAS RURALES EN COLOMBIA

Johana Catalina Manosalva Barrera¹, Libia Denisse Cangrejo Aljure²

¹ MSc, Estudiante doctoral en Ingeniería – Industria y Organizaciones,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
jmanosalvab@unal.edu.co

² PhD, Profesora Asociada al Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial,
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
ldcangrejoa@unal.edu.co

Resumen. El desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia enfrenta desafíos críticos debido a la disparidad en el acceso a servicios básicos y la conectividad en comparación con las áreas urbanas. Este trabajo de investigación propone un modelo conceptual análogo de *Smart Villages*, diseñado para abordar estas brechas mediante la identificación y priorización de categorías clave a través de la metodología multicriterio, particularmente la escala de Saaty (AHP). El modelo integra dimensiones tecnológicas, socioeconómicas y ambientales, con el objetivo de fomentar la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida en comunidades rurales. La investigación incluye un análisis bibliométrico y de literatura existente para determinar las dimensiones fundamentales del modelo *Smart Villages*, adaptado al contexto colombiano. Los resultados ofrecen una estructura metodológica que permite la implementación de soluciones tecnológicas y promueven la resiliencia y el desarrollo económico en las zonas rurales.

Palabras clave. *Smart Villages*, Desarrollo Sostenible, AHP, Zonas Rurales, IoT, TIC.

Abstract. Sustainable development in rural areas of Colombia faces critical challenges due to disparities in access to basic services and connectivity compared to urban areas. This research proposes an analogous conceptual model of *Smart Villages*, designed to address these gaps by identifying and prioritizing key categories through a multicriteria methodology, particularly the Saaty scale (AHP). The model integrates technological, socioeconomic, and environmental dimensions, aiming to foster sustainability and improve the quality of life in rural communities. The research includes a bibliometric and literature analysis to determine the fundamental dimensions of the *Smart Villages* model, adapted to the Colombian context. The results provide a methodological framework that facilitates the implementation of technological solutions and promotes resilience and economic development in rural areas.

Keywords. *Smart Villages*, Development, AHP, Rural Areas, IoT, ICT.

1 INTRODUCCIÓN

La dinamización económica de los municipios en Boyacá, Colombia, es crucial para el desarrollo sostenible y la planificación territorial. En este contexto, el análisis multicriterio emerge como una herramienta poderosa para identificar el potencial económico de estas entidades territoriales, facilitando la categorización y la priorización de zonas de intervención (Gonzaga Añazco et al., 2017). Esta clasificación no sólo es esencial para la asignación eficiente de recursos, sino también para alinear las políticas públicas con las necesidades y fortalezas locales (Proaño et al., 2019).

La investigación se centra en el estudio de indicadores multidimensionales que incluyen acceso a tecnologías de la información, infraestructura turística, dinámicas económicas y factores de calidad de vida, estableciendo así un marco de referencia para el progreso regional (Figueroa Egurrola & Wong Gonzalez, 2024). Este enfoque integra la visión del Ministerio TIC de Colombia, que promueve la institucionalidad TIC en las entidades territoriales, una política clave para el desarrollo y apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación (Ministerio TIC, Colombia).

El estudio se apoya en metodologías avanzadas de decisión multicriterio, una estrategia que permite un análisis integral de variables heterogéneas, proporcionando una evaluación equitativa de las oportunidades de crecimiento (Daniela et al., 2024). Estas metodologías son fundamentales para los tomadores de decisiones y planificadores urbanos, quienes deben equilibrar múltiples factores para lograr un desarrollo regional equitativo y eficaz. Con una base sólida en la teoría y la práctica de la toma de decisiones (Cebrián Villar, 2011), el presente estudio aporta conocimientos esenciales para el avance económico de Boyacá, contribuyendo significativamente al cuerpo de investigación en desarrollo regional y políticas públicas. Esto permitirá dirigir los esfuerzos de desarrollo, asignar recursos de manera efectiva y diseñar políticas públicas que impulsen el desarrollo económico y tecnológico en la región.

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) es una herramienta de toma de decisiones estructurada que facilita la resolución de decisiones complejas. Al desglosar un problema en una jerarquía de subproblemas más sencillos, AHP permite analizar y comparar una serie de criterios y alternativas en diferentes niveles para llegar a una decisión bien fundamentada (Saaty & Mu, 2022; Teng et al., 2020; Udie et al., 2020). En nuestro estudio sobre el potencial económico de los municipios de Boyacá, AHP se utiliza para evaluar una variedad de criterios, como el acceso a Internet, la cobertura móvil, el turismo y la calidad de vida. Este enfoque permite descomponer estos factores complejos en una jerarquía de subcriterios, asignarles un peso relativo y sintetizar los resultados para obtener un ranking claro y justificado de los municipios según su potencial de desarrollo económico. Al tomar decisiones que involucran múltiples variables y preferencias, AHP proporciona un marco riguroso y coherente para identificar cuáles municipios están mejor posicionados para recibir inversiones y apoyo gubernamental.

En general, las principales categorías de los modelos *Smart Villages* incluyen: la integración de tecnologías avanzadas como IoT y big data, la prioridad en la sostenibilidad energética y ambiental, la importancia de la planificación regional, el enfoque en los aspectos socioeconómicos como la educación y la salud, y la innovación en la gestión y gobernanza. Estas categorías son fundamentales para transformar las comunidades rurales en entornos inteligentes, sostenibles y resilientes, mejorando la calidad de vida y promoviendo el desarrollo económico mientras se preserva el medio ambiente.

3 METODOLOGÍA

La metodología del proceso de Análisis Jerárquico-AHP, contempla:

- (a) Identificación de la meta
- (b) Análisis de alternativas
- (c) Selección de criterios de decisión
- (d) Ponderación de criterios
- (e) Valoración de alternativas
- (f) Cálculo de la prioridad Global
- (g) Análisis de resultados

3.1 Desarrollo de la metodología

3.1.1 Identificación de la Meta General del Problema.

Meta: identificar y categorizar las dimensiones del modelo *Smart Villages* aplicado a zonas rurales, mediante la aplicación de herramientas de toma de decisiones multicriterio.

3.1.2 Identificación de Alternativas.

La identificación de las alternativas se da con base en el Modelo de Madurez de ciudades y territorios inteligentes de MINTIC (Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones). Las dimensiones propuestas por MINTIC, permiten agrupar áreas funcionales de una ciudad y un territorio, donde se pueda avanzar mediante el diseño y aplicación de iniciativas con apoyo de herramientas tecnológicas; cada dimensión, permite identificar un nivel de percepción y resultados (MINTIC, 2022). Dichas dimensiones se observan en la figura 1.

Gobernanza	Calidad de Vida	Personas	Desarrollo económico	Hábitad	Medio ambiente	Tecnología	Recursos	Turismo
<ul style="list-style-type: none"> Gobernanza multinivel Gobierno Digital 	<ul style="list-style-type: none"> Bienestar Seguridad Ciudadana Salud 	<ul style="list-style-type: none"> Educación Sociedad Incluyente y Cohesión social Cultura ciudadana 	<ul style="list-style-type: none"> Emprendimiento e innovación. Entorno productivo, competitivo y sostenible Empleo. 	<ul style="list-style-type: none"> Movilidad Vivienda y Servicios públicos Infraestructura pública 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad ambiental Gestión del riesgo Gestión Territorial sostenible 	<ul style="list-style-type: none"> Acceso a Internet y Banda ancha Transformación digital Infraestructura tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> Renovables y no renovables Oferta financiera Talento humano 	<ul style="list-style-type: none"> Marketing y publicidad Infraestructura turística Impacto social

Fig. 1. Modelo de Madurez para ciudades y territorios inteligentes. MINTIC

3.1.3 Identificación de los criterios de decisión

Los criterios seleccionados para la metodología AHP han sido cuidadosamente alineados con la intención de la meta, la cual es determinar las categorías más adecuadas para un modelo *Smart Villages*. Cada uno de estos criterios ha sido diseñado para asegurar que las alternativas evaluadas no solo sean pertinentes y efectivas, sino que también contribuyan de manera significativa al desarrollo sostenible de las zonas rurales.

- Impacto en la Sostenibilidad:** Este criterio es esencial para evaluar cómo cada alternativa contribuye a las dimensiones clave de la sostenibilidad: ambiental, económica y social. La sostenibilidad es un pilar fundamental en cualquier modelo de desarrollo rural, y este criterio garantiza que las categorías seleccionadas tengan un impacto positivo y duradero en estas áreas críticas.
- Factibilidad en Implementación:** Considerar la viabilidad técnica, financiera e institucional es crucial para asegurar que las alternativas propuestas puedan ser implementadas de manera efectiva. Un modelo, por más ideal que sea, pierde su valor si no es factible de implementar en el contexto rural. Este criterio asegura que las categorías no solo sean deseables, sino también realizables dentro de los recursos y capacidades disponibles.
- Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Dado que el desarrollo rural debe alinearse con los objetivos globales de sostenibilidad, este criterio evalúa cómo cada alternativa contribuye a la mejora de la calidad de vida, la reducción de desigualdades y el fomento de la inclusión. Estos son aspectos fundamentales de los ODS y, por lo tanto, son vitales para garantizar que el modelo *Smart Villages* no solo tenga impacto local, sino que también contribuya a metas globales.
- Innovación y Adaptabilidad:** En entornos rurales, la capacidad de innovar y adaptarse a cambios es crucial. Este criterio permite evaluar si las alternativas propuestas son lo suficientemente flexibles y tecnológicamente avanzadas para enfrentar los desafíos futuros. La innovación asegura que el modelo se mantenga relevante, mientras que la adaptabilidad permite que responda a cambios inesperados, aumentando así su sostenibilidad a largo plazo.

- Potencial de Escalabilidad y Replicabilidad:** Para maximizar el impacto de un modelo *Smart Villages*, es necesario que las soluciones puedan ser escaladas y replicadas en diferentes contextos rurales. Este criterio evalúa el potencial de cada alternativa para ser implementada en otros entornos, asegurando que los beneficios no se limiten a una única localidad, sino que puedan ser extendidos a otras regiones, amplificando así su efecto positivo.

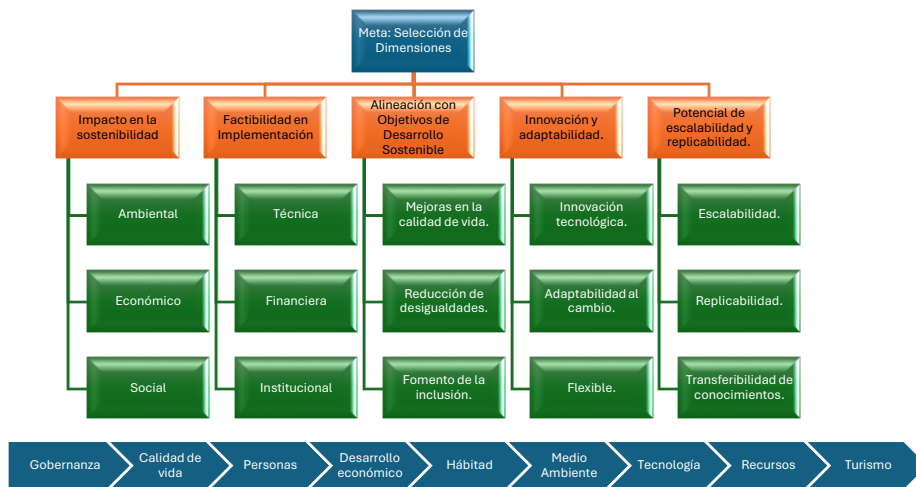


Fig. 2. Estructura jerárquica del modelo planteado.

3.1.4 Ponderación de los criterios

En el contexto del modelo *Smart Villages*, la ponderación de los criterios se realiza mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), que es una técnica que permite la asignación de pesos a cada criterio en función de su importancia relativa. La estructura jerárquica del modelo, que incluye la meta principal, criterios y subcriterios, se evalúa a través de comparaciones por pares. En este proceso, un panel de expertos en diferentes áreas relacionadas con el desarrollo rural, como gobernanza, calidad de vida, desarrollo económico, tecnología, y medio ambiente, evalúa la importancia de cada criterio.

El peso de cada criterio se determina a través de matrices de comparación, donde los expertos asignan valores de importancia relativa a cada criterio, siguiendo una escala de 1 a 9. Estos valores se normalizan para obtener un peso ponderado que refleje la influencia de cada criterio en la consecución de la meta general.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar el proceso AHP, se espera obtener un ranking de las alternativas (categorías) que refleje su contribución relativa a la consecución de la meta del modelo *Smart Villages*. Este ranking permitirá identificar las categorías más relevantes para el desarrollo sostenible de las zonas rurales, guiando la toma de decisiones estratégicas y la planificación de intervenciones en estas áreas.

Se anticipa que los resultados proporcionarán:

- **Identificación de Categorías Prioritarias:** Las categorías que reciban las mayores ponderaciones serán consideradas como las más críticas para el logro de los objetivos del modelo *Smart Villages*, facilitando así la priorización de recursos y esfuerzos.
- **Apoyo en la Toma de Decisiones:** Los resultados del análisis proporcionarán una base sólida y objetiva para que los responsables de la implementación del modelo realicen decisiones informadas, alineadas con las metas de desarrollo sostenible.
- **Planificación Estratégica Eficaz:** La jerarquización de las categorías permitirá una planificación estratégica más focalizada, asegurando que las intervenciones se dirijan hacia las áreas que maximicen el impacto positivo en las comunidades rurales.
- **Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Al identificar las categorías que mejor se alinean con los ODS, se espera que los resultados contribuyan al diseño de políticas y estrategias que promuevan un desarrollo integral y sostenible, tanto a nivel local como global.

5 CONCLUSIONES

- **Rigor y Eficiencia en la Priorización:** El AHP permite una evaluación rigurosa y cuantitativa de las categorías, identificando aquellas que tienen un impacto más significativo en el logro de los objetivos del modelo. Esto asegura que los esfuerzos se concentren en áreas clave que maximicen el desarrollo sostenible.
- **Participación Multidisciplinaria:** La inclusión de expertos de diferentes áreas asegura que las evaluaciones sean holísticas y contemplaran diversas perspectivas, lo que enriquece la validez de los resultados y facilita la creación de un modelo más integrador y adaptable a las realidades rurales.
- **Alineación con Objetivos Globales:** Las categorías seleccionadas a través del AHP se alinearán con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), garantizando que las

estrategias adoptadas no solo respondan a necesidades locales, sino que también contribuyan a metas globales de desarrollo sostenible.

- Facilitación de la Toma de Decisiones: El marco establecido por el AHP proporciona a los tomadores de decisiones una guía clara y fundamentada para la planificación y ejecución de políticas en zonas rurales, minimizando la subjetividad y promoviendo la implementación de soluciones basadas en evidencia.
- Escalabilidad y Replicabilidad: El análisis también resalta la importancia de seleccionar categorías que no solo sean efectivas en un contexto específico, sino que también puedan ser replicadas y escaladas en otras áreas rurales, ampliando así el impacto positivo del modelo *Smart Villages*.

6 REFERENCIAS

- Cebrián Villar, M. (2011). Joel Mokyr: The Enlightened Economy: An Economic History of Britain 1700-1850. New Haven & London, Yale University Press, 2009, 564 págs. *Investigaciones de Historia Económica*, 7(2), 339–340. <https://doi.org/10.1016/J.IHE.2011.05.005>
- Daniela, G., Freire, G., Miguel, G., & Reyes, Á. (2024). *Digital transformation in logistics logistics: a literature review of the influence of information technologies of information technologies in industry 4.0 4.0 and web development*. 7. <http://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/index>
- Figueroa Egurrola, D., & Wong Gonzalez, P. (2024). Proximidades para el desarrollo en Ciencia, Tecnología e Innovación de la región Sonora-Arizona. *Indiciales*, 1(7). <https://doi.org/10.52906/ind.v1i7.62>
- Gonzaga Añazco, S. J., Alaña Castillo, T. P., & Gonzalez Ordoñez, A. inés. (2017). Competitividad y Emprendimiento: Herramientas de Crecimiento Económico de un país. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 322–328. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.386>
- MINTIC. (2022). Índice de Ciudades y Territorios Inteligentes. *MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES*.
- Saaty, R., & Mu, E. (2022). T.L. Saaty Decision Making for Leaders Hackathon. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 14(1). <https://doi.org/10.13033/ijahp.v14i1.987>
- Teng, Y. M., Wu, K. S., & Wang, M. J. (2020). Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Delphi Analysis to Evaluate Key Factors in the Development of the Taiwan Cruise Tourism Industry. *Journal of Coastal Research*, 36(4), 828–833. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-19-00162.1>
- Udie, J., Bhattacharyya, S., & Ozawa-Meida, L. (2020). Integrating Analytic Hierarchy Process in Assessing the Criticality of Vulnerable Oil and Gas Infrastructure to Climate Change Impacts in the Niger Delta. *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, 12(4), 13–28. <https://doi.org/10.18848/1835-7156/cgp/v12i04/13-28>