

Criterios para localización de infraestructuras de telesalud/telemedicina, utilizando datos geoespaciales, Ecuador

Crítérios para localização de infraestruturas de telessaúde/telemedicina,
utilizando dados geoespaciais, Equador

Criteria for locating telehealth/telemedicine infrastructure,
using geospatial data, Ecuador

**Natalia Pacurucu-Cáceres, Lorena Vivanco Cruz, Villie Morocho Zurita
Rosario Achig, Verónica Viloria y Mónica González**

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Cuenca, provincia de Azuay
Cuenca, Ecuador

natalia.pacurucu@ucuenca.edu.ec; lorena.vivanco@ucuenca.edu.ec; villie.morocho@ucuenca.edu.ec;
rosario.achig@ucuenca.edu.ec; veronica.viloria@ucuenca.edu.ec; monica.gonzalez@ucuenca.edu.ec

Pacurucu: <https://orcid.org/0000-0002-0375-5295>
Vivanco: <https://orcid.org/0000-0003-2286-3010>
Morocho: <https://orcid.org/0000-0002-8196-2644>
Achig: <https://orcid.org/0000-0001-6538-9166>
Viloria: <https://orcid.org/0009-0008-2275-8302>
González: <https://orcid.org/0000-0002-1031-2150>

Resumen

Las limitaciones económicas del sector público, el difícil acceso a servicios de salud en zonas urbanas y rurales, y la ausencia de normativas y metodologías estandarizadas para ubicar puntos de telemedicina son retos comunes en Ecuador y en otros países de la región. Ante ello, la telemedicina surge como una alternativa para ampliar la cobertura, especialmente en territorios rurales. Este trabajo propone criterios y variables para la localización de equipamientos de telesalud, aprovechando herramientas de código abierto para integrar información geoespacial oficial en la infraestructura de datos espaciales (IDE) de la Universidad de Cuenca. Esto permitirá desarrollar una plataforma semiautomatizada que facilite la aplicación de una metodología de localización en el marco de ciudades inteligentes, fortaleciendo el acceso equitativo de la ciudadanía a la red nacional de telesalud. Como caso de estudio, se utiliza la parroquia Baños–Ecuador, orientado a la provisión de servicios ambulatorios como diagnóstico, triaje y monitoreo de pacientes.

PALABRAS CLAVE: equipamiento de salud; telemedicina; localización; ciudades inteligentes.

Resumo

As limitações econômicas do setor público, o difícil acesso aos serviços de saúde em áreas urbanas e rurais e a ausência de normas e metodologias padronizadas para localizar pontos de telemedicina são desafios comuns no Equador e em outros países da região. Diante disso, a telemedicina surge como uma alternativa para ampliar a cobertura, especialmente em territórios rurais. Este trabalho propõe critérios e variáveis para a localização de equipamentos de telessaúde, aproveitando ferramentas de código aberto para integrar informações geoespaciais oficiais na infraestrutura de dados espaciais (IDE) da Universidade de Cuenca. Isso permitirá o desenvolvimento de uma plataforma semiautomatizada que facilite a aplicação de uma metodologia de localização no âmbito das cidades inteligentes, fortalecendo o acesso equitativo dos cidadãos à rede nacional de telessaúde. Como estudo de caso, utiliza-se a paróquia de Baños–Equador, voltada para a prestação de serviços ambulatoriais, como diagnóstico, triagem e monitoramento de pacientes.

PALAVRAS-CHAVE: equipamentos de saúde; telemedicina; localização; cidades inteligentes.

Abstract

Economic constraints in the public sector, difficult access to health services in urban and rural areas, and the absence of standardized regulations and methodologies for locating telemedicine points are common challenges in Ecuador and other countries in the region. In response, telemedicine has emerged as an alternative for expanding coverage, especially in rural areas. This paper proposes criteria and variables for the location of telehealth equipment, using open-source tools to integrate official geospatial information into the spatial data infrastructure (SDI) of the University of Cuenca. This will enable the development of a semi-automated platform that facilitates the application of a location methodology within the framework of smart cities, strengthening equitable access for citizens to the national telehealth network. The parish of Baños, Ecuador, is used as a case study, focusing on the provision of outpatient services such as diagnosis, triage, and patient monitoring.

KEYWORDS: health equipment; telemedicine; location; smart cities.

1. Introducción

El acceso al derecho de salud en Ecuador está limitado por altos índices de desigualdad social (CEPAL, 2023). Los sistemas de salud del sector público tienen el grave problema del subfinanciamiento, con dificultades para estructurarse y satisfacer las necesidades de salud de la población (Fátima dos Santos y Fernández, 2013).

Los primeros programas de telemedicina, antes del 2010, presentaron dificultades de anchos de banda y no dispusieron de desarrollos avanzados en compresión de datos, al mismo tiempo que las tecnologías y servicios de Internet y de telefonía móvil se encontraban en etapas iniciales. Frente a esta problemática, el reciente progreso tecnológico debe incorporar las TIC en la gestión y prestación de los servicios de salud para garantizar equidad, universalidad, solidaridad, calidad y eficiencia; y, apoyar el incremento en su acceso.

El envejecimiento de la sociedad y el incremento de la tecnología hospitalaria fortalece la carga sobre el mercado laboral del personal en salud. De esa manera, la telesalud es una de las mejores formas de afrontar estos nuevos retos, ya que se puede proporcionar directamente asistencia en salud desde el prestador de servicio al domicilio de los pacientes. *"Al tiempo que se amplía la cobertura en el acceso en salud, se reducen los costos financieros y humanos, lo que es un aspecto prioritario si tenemos en cuenta la necesidad de las organizaciones para manejar de forma eficiente y oportuna sus recursos. De esa manera, el desarrollo incentiva la búsqueda de estrategias y alternativas de telesalud, para que tenga un papel cada vez más protagónico en la gestión de las organizaciones del área."* (Fátima dos Santos y Fernández, 2013: 50).

La telesalud involucra *"la práctica de los servicios de salud y de sus actividades relacionadas: educación, formación, gestión y dirección de sistemas de salud a distancia, entre otros, por medio de sistemas basados en TIC."* (Fátima dos Santos y Fernández, 2013: 50). Una de las principales características de la telesalud es la separación geográfica entre dos o más actores

implicados, ya sea un médico y un paciente, un médico y otro médico, o un médico y/o un paciente y la información o los datos relacionados con ambos (Fátima dos Santos y Fernández, 2013).

La telemedicina, según la Organización Mundial de Salud es 'la prestación de servicios de atención de la salud, donde la distancia es un factor crítico, por todos los profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y de la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, la investigación y la evaluación, y para la formación continua de los profesionales de la salud, todo en aras de avanzar en la salud de los individuos y sus comunidades.' (Organización Mundial de la Salud, 2016).

La nueva Política de Transformación Digital en Salud (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2024), propuesta a partir del último periodo del 2024, incluye lineamientos específicos para mejorar las capacidades profesionales en telemedicina y salud digital. La adopción de telemedicina en Ecuador es fundamental para cerrar brechas de acceso a los servicios de salud, especialmente en áreas rurales y de difícil acceso. Esto en concordancia con la Agenda Digital de Salud 2023-2027 (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2023) y el Plan Decenal de Salud 2022-2031 (República del Ecuador, Ministerio de salud pública, 2022). Es así que, de acuerdo a la mencionada agenda digital, la telesalud juega un papel fundamental en la ampliación de la cobertura y la mejora de la calidad y equidad en la atención médica, permitiendo a los pacientes recibir consultas, diagnósticos y seguimiento a los tratamientos sin necesidad de desplazarse largas distancias, así como los tiempos que esto implica.

En un primer acercamiento a la telemedicina, el Ministerio de Salud propone una Estructura de la Red Nacional de Telemedicina/Telesalud (FIGURA 1), a partir de la cual se establecen variables que orientan el dimensionamiento de las infraestructuras señaladas.

Centros consultantes - Centros de atención primaria: Hospital Básico -HB-, Centro de Salud Urbano -CSU-, Centro de Salud Urbano -CSR-, Puesto de Salud -PS-. - Pacientes. - Médicos en atención primaria.	Centros consultores - Hospitales de segundo y tercer nivel: Hospital General -HG-, Hospital Especializado -HE -HES-. - Médicos de familia - Médicos especialistas.	Red de telecomunicaciones Con requerimientos específicos en cuanto a capacidad de enlace o calidad de servicio (por determinarse).
Equipamiento Que cumpla estándares de interoperabilidad: equipos médicos, computacionales y comunicaciones.	Recursos humanos gestor Coordinación, gestión, dirección	Recursos humanos de soporte y de apoyo - Informático, de telecomunicaciones y biomédico. - Administrativo

FIGURA 1. Red de Telemedicina/ Telesalud en Ecuador. Fuente: A partir de López et al., 2013

La implementación de infraestructura de telesalud es esencial para mejorar el acceso a servicios médicos principalmente en comunidades alejadas. Aprovechan el uso de las TIC para proporcionar atención médica a distancia, superando barreras geográficas y optimizando recursos sanitarios. Según el equipamiento dotado a las unidades de salud integrantes de la red, pueden organizarse bajo la siguiente estructura:

a) Teleconsulta (nivel 2). Entre los médicos de zonas rurales con los hospitales donde se encuentran los especialistas: Consulta diferida (correo electrónico); Teleconsulta en tiempo real (videoconferencia); Teleconsulta de urgencia (no programada, en tiempo real).

b) Teleasistencia médica y sanitaria (nivel 3). Teleconsulta y telediagnóstico: Radiología (las unidades de primer nivel no tienen el equipamiento necesario).

La evolución de dicha propuesta se puede percibir en la Agenda Digital de Salud 2023-2027, dentro de las Líneas de Acción de la Estrategia 1 y 2, refieren a la necesidad de transformar digitalmente la gestión pública para mejorar la calidad de los servicios de salud mediante la

integración de tecnologías y generación de acciones para protocolizar los nuevos servicios en modalidad remota, haciendo uso de la telesalud/ telemedicina. Aunque la Agenda prevé normar y regular los servicios de telesalud/telemedicina tales regulaciones no se han podido ejecutar todavía (Ministerio de Salud, 2023).

En la salud pública, no existen todavía políticas eficientes ni metodologías sobre redes, telemedicina e informática médica. Actualmente, se han implementado algunos proyectos puntuales y aislados (Ministerio de Salud Pública / Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2013). Por tanto, no existen criterios oficiales que pueden incidir en el modelo de localización para infraestructuras de telesalud/telemedicina.

En este contexto es necesario plantear una metodología para su planificación. Uno de los métodos más usados para localización de infraestructura son las técnicas de análisis multicriterio (MCA) que permiten evaluar y comparar opciones considerando múltiples criterios tales como los factores económicos, sociales, ambientales y técnicos, lo que es esencial en la planificación del territorio y la

localización de infraestructura pública (Dean, 2022).

Con el tiempo, las técnicas MCA han incluido enfoques participativos que involucran a múltiples actores en el proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, Mayer (2001) y Macharis *et al.* (2009) (citado en Dean, 2022), permiten que los participantes determinen los objetivos y pesos para la localización de infraestructura. El análisis multicriterio comprende diversas clases de métodos, técnicas y herramientas (con diferentes grados de complejidad) que consideran explícitamente múltiples objetivos y criterios (o atributos) en la toma de decisiones (Dean, 2022).

Estas técnicas incluyen métodos como el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), TOPSIS (Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a la Solución Ideal), PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), y métodos de superación como ELECTRE (Aruldoss *et al.*, s. f.). El AHP es conocido por su capacidad para estructurar decisiones complejas en una jerarquía de criterios, mientras que TOPSIS es útil para evaluar alternativas basándose en su proximidad a una solución ideal y su distancia a una solución anti-ideal. Además, métodos como PROMETHEE y ELECTRE son particularmente útiles cuando se deben considerar múltiples criterios y se busca una clasificación de las alternativas sin necesidad de una función de utilidad explícita (Smith *et al.*, 2025).

2. Metodología

En el ámbito de la salud, las técnicas multicriterio han sido aplicadas con éxito en diversas áreas, como la priorización de pacientes para el acceso a servicios de salud, la evaluación de tratamientos médicos y la asignación de recursos. Según un estudio reciente (Khan *et al.*, 2022), AHP es uno de los métodos más comúnmente utilizados en la toma de decisiones sanitarias (Caprioli y Bottero, 2021; Yu *et al.*, 2023; Kaveh *et al.*, 2020), seguido por TOPSIS y la teoría de utilidad multiatributo. Cuando se integran herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), estas técnicas son mucho más potentes y permiten contar con localizaciones más detalladas.

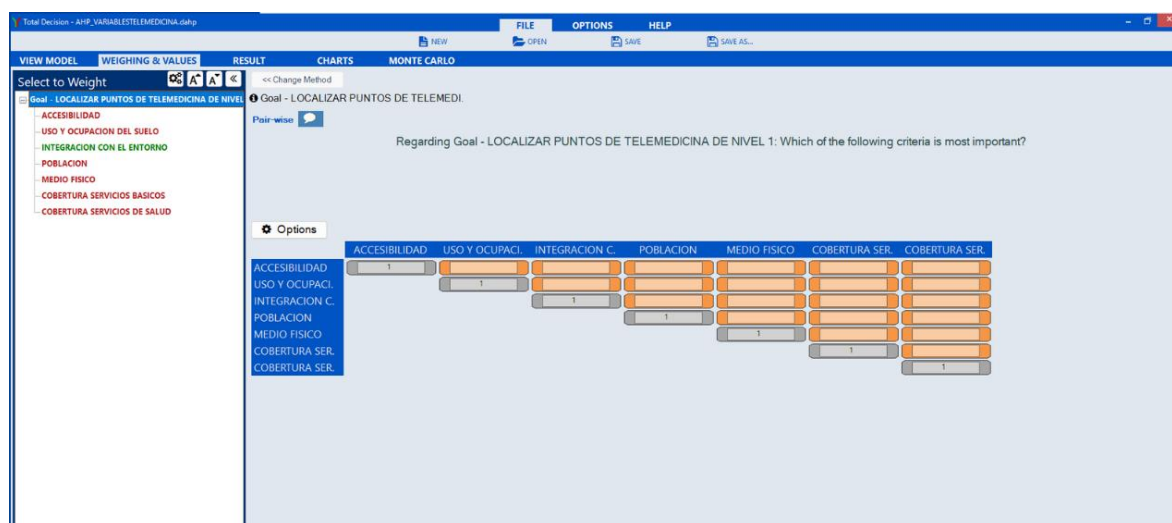
Con este antecedente se seleccionó la técnica del Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) que implicó la selección de criterios y variables que permitan la localización de puntos de telemedicina. Para ello, a través de la revisión bibliográfica y la valoración de expertos, se definieron los criterios (TABLA 1). Los criterios y variables fueron ponderados por un grupo de expertos entre ellos ingenieros en sistemas, médicos y los técnicos de planificación territorial del GAD parroquial de Baños. El proceso se llevó a cabo con el uso del software *Total Decision* (FIGURA 2) que es un programa que utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP),

TABLA 1. Descripción de criterios y variables seleccionadas para la localización de equipamiento de telemedicina. Fuente: elaboración propia

Criterio	Definición	Variables
Accesibilidad	Evalúa la facilidad con la que los usuarios pueden acceder a los equipamientos de telemedicina	Distancia las vías en tiempo, Distancia hacia los núcleos de población en tiempo, Cobertura de transporte público
Uso y ocupación del suelo	El uso eficiente del suelo es esencial para asegurar que los equipamientos de telemedicina se ubiquen en áreas adecuadas y disponibles, minimizando conflictos con otros usos del suelo y maximizando la eficiencia en la utilización de los recursos	Tamaño del predio, Predios sin edificar, Zonificación actual de los usos del suelo, Reservas de suelo para equipamientos públicos

Continuación tabla 1

Integración del equipamiento con el entorno	La integración con el entorno asegura que los equipamientos no solo sean funcionales sino también estéticamente agradables y respetuosos con el medio ambiente	Calidad paisajística
Población	Características demográficas de la población local para asegurar que los servicios de telemedicina estén diseñados para satisfacer las demandas locales	Grupos de atención prioritaria, Densidad poblacional, Población en edad de riesgo (niños 0-5 años y mayores a 65 años) por sector censal, grupos de atención prioritaria (discapacitados) por sector censal
Características del medio físico	Las características del medio físico pueden afectar la seguridad y la viabilidad a largo plazo de los equipamientos. Es fundamental ubicarlos en áreas con bajo riesgo de desastres naturales y condiciones geográficas favorables	Movimientos en masa, Deslizamientos, Inundaciones, Topografía (pendientes), Geomorfología, Altitud
Cobertura servicios básicos	La cobertura adecuada de servicios básicos es esencial para el funcionamiento eficiente de los equipamientos de telemedicina, asegurando que puedan operar sin interrupciones y ofrecer servicios de calidad.	Cobertura de servicio móvil avanzado, Cobertura de agua potable, Cobertura de alcantarillado, Cobertura de energía eléctrica, Cobertura de banda ancha, Cobertura servicio de recolección de desechos sólidos
Cobertura de servicios de salud	La cobertura de servicios de salud es crucial para garantizar que los equipamientos de telemedicina complementen y mejoren la atención médica existente, en lugar de duplicar esfuerzos o dejar vacíos en la atención	Cobertura de población servida por número de médicos, Cobertura territorial actual de equipamientos de salud (calculada en tiempo de desplazamiento y distancia)

FIGURA 2. Interfaz del software *Total Decision*. Fuente: Vilenio, s/f

Total Decision construye modelos jerárquicos facilitando descomponer el problema en objetivos o en partes y pueden incorporarse criterios cuantitativos como cualitativos. Los expertos ponderaron cada variable y criterio con lo que se obtuvo un promedio de todos los participantes. Estos pesos son usados para clasificar la información geográfica de acuerdo con los valores por rangos del 1 al 7, donde 7 es el valor óptimo para la localización del equipamiento y 1 el peor valor. En el ANEXO1 se

puede observar los valores asignados para cada variable.

Con la ponderación y los valores, se procesó la información cartográfica de cada variable para luego ejecutar un álgebra de mapas en QGIS, lo que permite encontrar la localización de las posibles zonas que pueden receptor el equipamiento. En la FIGURA 3 se muestra un ejemplo de procesamiento cada celda almacena un valor del 1 al 7, que corresponde con los valores determinados (ANEXOS 1 y 2).

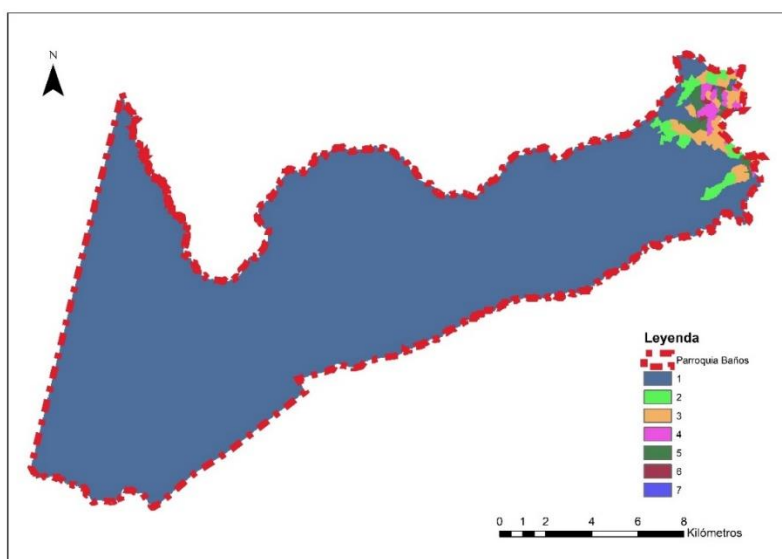


FIGURA 3. Variable de densidad poblacional por sector censal de la Parroquia Baños en formato ráster.

Fuente: elaboración propia

La cobertura de Internet es una de las variables clave para brindar servicios de telemedicina; es necesario considerar las dificultades para expandir las redes de conectividad como es el caso de fibra óptica, donde por cantidad de posibles abonados, es imposible expandir en zonas de poca concentración de población. Así mismo, las operadoras móviles, no ven posible la expansión de sus redes de telecomunicaciones para zonas de poca afluencia de personas. Paralelo a este proyecto se había venido experimentando con la posibilidad de conectividad a través de antenas satelitales como *Starlink*. Estas pruebas fueron realizadas en las zonas de baja densidad poblacional, y se pudo evidenciar la total factibilidad de conectividad,

con la única limitante que es la necesidad de alimentación de energía eléctrica. En ese sentido, quedó validada la posibilidad de uso de este tipo de tecnología con algunos detalles adicionales como la consideración de puntos alejados a pendientes superiores al 30%, así como la necesidad de mantener distancias similares a las alturas de los bosques cercanos. Es decir, la antena necesita al menos un ángulo de 45° con línea de vista al satélite. Si esto se aplica se podría identificar zonas fuera de las coberturas vegetales y de pendientes con dichas características y esto permitiría la generación de un buffer alrededor de la pendiente y zonas de bosques de 300m.

2.1 Propuesta de niveles de atención por Telemedicina

Cabe recalcar que no existe una caracterización oficial de los niveles de telemedicina en el país, por lo que nuestra propuesta identifica 3 niveles comparables con otros niveles de complejidad manejados en normativas como la de Perú (Red Nacional de Telesalud, Ministerio de Salud).

- ✓ Nivel 1. Baja complejidad: el paciente puede recibir atención médica a través del teléfono o sistemas de comunicación como *WhatsApp*.
- ✓ Nivel 2. Complejidad mediana: el paciente es capaz de interactuar con el médico utilizando sistemas de telemedicina con o sin ayuda de un asistente médico que acompañe al paciente.
- ✓ Nivel 3. Alta complejidad: es la correlación con el sistema de salud, donde sería factible la atención y el uso de equipamientos de alta complejidad, así como interconsultas entre los médicos, todo esto a través de sistemas de comunicación.

Si bien es necesario contar con plataformas informáticas de telemedicina a partir del nivel 2, la complejidad de estas dependerá de los servicios disponibles para los pacientes. Para esta propuesta se ha caracterizado este nivel de atención 2 con los siguientes elementos: Servicios de telemedicina: teleinterconsulta, telejunta médica, teleconsulta, telemonitoreo, teleorientación; servicios de salud: salud ambulatoria, apoyo a diagnóstico, triaje, monitoreo de pacientes; Equipos: sistema de conexión de Internet adsl, fibra óptica, conectividad móvil 3G o superior o satelital (*Starlink*), computadora, aro de luz, equipo de signos vitales; Prestador de servicio: 1 médico general, 1 técnico.

2.2. Área de estudio

La parroquia Baños se ubica al sureste del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador, y ocupa 25.144,3 hectáreas, equivalentes al 6,9% del territorio cantonal y 3,02% de la provincia. Su topografía es irregular, con altitudes de 2.570 a 4.145 msnm, lo que genera microclimas: temperaturas anuales entre 3°C en el páramo y

16°C en la cabecera parroquial, y precipitaciones de 1.000 a 1.100 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, 2022; Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Baños, 2024).

Según el Censo 2022 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023), registra 21.797 habitantes, 46,55% hombres y 53,45% mujeres, con una población mayoritariamente joven, destacando el grupo de 10 a 19 años. La distribución muestra una dualidad: 35,17% en zonas urbanas, vinculadas al área central y proximidad con Cuenca, y 64,83% en áreas rurales. La población con discapacidad equivale al 5,86% (1.278 personas), aspecto clave en la planificación de servicios de telesalud.

El sistema de salud se limita a un Centro de Salud Tipo A en la cabecera parroquial (Ministerio de Salud Pública, 2023), mientras que las comunidades periféricas dependen de brigadas médicas mensuales. En 2023 se registraron 6.480 consultas preventivas iniciales, 10.251 subsecuentes, 3.330 consultas de morbilidad primeras y 5.285 posteriores. No obstante, las coberturas siguen siendo bajas: solo 3,33% en prevención de cáncer de mama, 0,15% en cáncer uterino y 23% en control prenatal. Estas deficiencias reflejan brechas significativas que podrían mitigarse con telesalud.

En cuanto a morbilidad, el 28% de la población adulta padece enfermedades crónicas no transmisibles, como hipertensión, diabetes y afecciones respiratorias, superando el promedio cantonal (23%). La infraestructura vial comprende 193,64 km, pero solo el 15,51% está en buen estado; el 80,21% corresponde a vías de lastre, lo que dificulta la movilidad en temporada de lluvias.

Los tiempos de acceso a servicios también son desiguales: 45,78% de la población invierte 15 minutos o menos en desplazamientos habituales, mientras que el 22,29% requiere entre 30 y más de 45 minutos. Estas condiciones limitan la atención oportuna, sobre todo en zonas rurales y en pacientes con movilidad reducida, mostrando la urgencia de fortalecer alternativas como la telesalud.

3. Resultados y discusión

La aplicación de la metodología en la parroquia Baños, permitió constatar que los criterios más relevantes para localización de este tipo de equipamientos es la cobertura de servicios de salud, cobertura de servicios básicos y población. Esto se determinó a partir del taller con nueve

expertos y se obtuvo los promedios que se observan en la TABLA 2. El criterio con mayor ponderación fue la cobertura de servicios de salud con un peso del 23%, conformado por las variables número de médicos -0,38- y cobertura actual de salud -0,62-.

TABLA 2. Ponderación promedio de los criterios y variables para la localización de puntos de telemedicina.
Fuente: elaboración propia

CRITERIO	VARIABLE / NOMBRE	Ponderación
C1. ACCESIBILIDAD (Promedio 0,14)	DISTANCIA VIAS	0,26
	DISTANCIA NUCLEOS POBLACION	0,29
	COBERTURA TRANSPORTE PUBLICO	0,44
C2. USO Y OCUPACION DEL SUELO (Promedio 0,09)	TAMAÑO PREDIO	0,19
	PREDIOS SIN EDIFICAR	0,15
	USO ACTUAL	0,37
	RESERVAS DE SUELO	0,29
C3. INTEGRACION CON EL ENTORNO (Promedio 0,06)	CALIDAD PAISAJISTICA	1,00
C4. POBLACION (Promedio 0,15)	DENSIDAD POBLACIONAL	0,23
	POBLACION EN EDAD DE RIESGO	0,36
	GRUPOS DE ATENCION PRIORITARIA	0,41
C4. MEDIO FISICO (Promedio 0,13)	MOVIMIENTOS EN MASA	0,21
	DESLIZAMIENTOS	0,23
	INUNDACIONES	0,20
	PENDIENTES	0,16
	GEOMORFOLOGIA	0,12
	ALTITUD	0,08
C5. COBERTURA SERVICIOS BASICOS (Promedio 0,21)	AGUA POTABLE	0,20
	ALCANTARILLADO	0,13
	ENERGIA ELECTRICA	0,24
	BANDA ANCHA	0,16
	SERVICIO MOVIL AVANZADO	0,14
	DESECHOS SOLIDOS	0,12
C6. COBERTURA SERVICIOS DE SALUD (Promedio 0,23)	NUMERO DE MEDICOS	0,38
	COBERTURA ACTUAL DE SALUD	0,62

Las capas procesadas en formato ráster con los valores entre 1 y 7 y la ponderación de la tabla anterior permitió realizar la suma lineal ponderada usando un álgebra de mapas. Al ser los criterios como los servicios básicos los más relevantes, la localización se concentra

específicamente en las zonas con cobertura de servicios. Por ello las zonas más idóneas se encuentran cerca de la cabecera parroquial y en sectores como Misicata o Huzhil como se ve en la FIGURA 4.

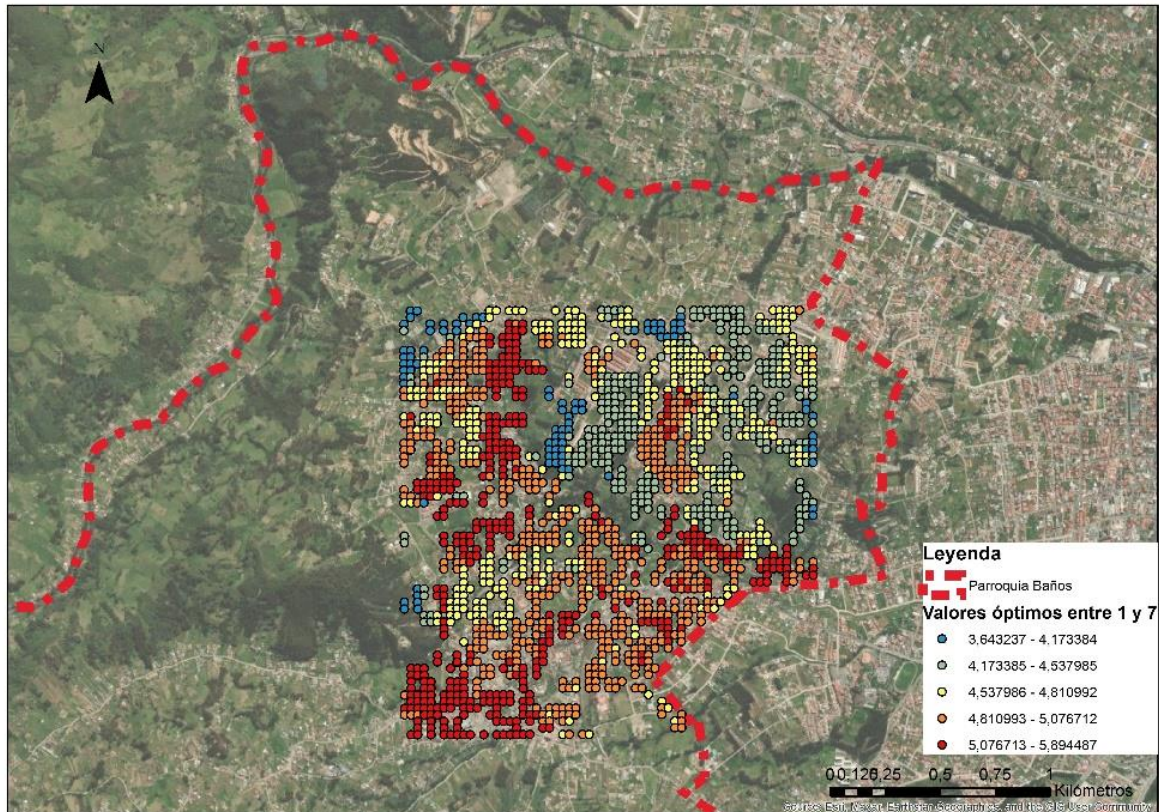


FIGURA 4. Resultado del álgebra de mapas para la localización de puntos de telemedicina en la parroquia Baños. Fuente: elaboración propia

Sin embargo, se presentaron algunos factores que representaron un desafío importante para la aplicación de la metodología, que se describen a continuación:

- ✓ Dificultades en el Acceso a Datos Geoespaciales: Aunque existe una creciente disponibilidad de datos geoespaciales, muchos de ellos permanecen inaccesibles debido a restricciones legales, problemas de confidencialidad o falta de infraestructura adecuada. Además, los datos disponibles suelen estar desactualizados o incompletos, lo que limita su utilidad para análisis precisos y toma de decisiones informadas.
- ✓ Conectividad desigual: En áreas rurales o remotas, la falta de acceso a Internet dificulta la implementación de soluciones basadas en telemedicina y GIS. Tecnologías como *Starlink* ofrecen alternativas prometedoras, pero requieren infraestructura básica como suministro eléctrico.
- ✓ Falta de Estandarización en los Datos: Los datos provenientes de distintas fuentes suelen utilizar modelos, terminologías y unidades diferentes, dificultando su integración y análisis.
- ✓ Desorden Institucional: Las entidades públicas suelen operar con objetivos

fragmentados y sin un marco común para gestionar datos geospaciales. Esto genera duplicidad de esfuerzos y dificulta la creación de bases integradas.

Para lograr solucionar estos problemas, la propuesta descrita en el caso de estudio utiliza álgebra de mapas en QGIS para procesar variables geográficas relevantes como densidad poblacional, cobertura de servicios básicos e Internet. Este enfoque semiautomatizado facilita la identificación óptima de puntos para infraestructura sanitaria, reduciendo tiempos y costos operativos mientras se aprovechan herramientas abiertas.

4. Conclusiones

En la búsqueda de una metodología para localización de puntos de telesalud, se ha procurado identificar las variables que afecten a dichos cálculos considerando el paralelismo a otras metodologías de localización/asignación.

En ese sentido, es claro que las metodologías que utilizan la técnica de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) son las más apropiadas para este tipo de problemática. En este artículo se presentó la propuesta de metodología con las

variables seleccionadas y se ha aplicado sobre datos del GAD Parroquial de Baños. En los resultados es notorio que la distribución de las propuestas de puntos de telemedicina se ha aglomerado alrededor de la cabecera parroquial, considerando que la distribución de uso de suelo de esta parroquia en particular reserva gran cantidad de su extensión para área protegida.

De esta forma, la cobertura de Internet por fibra óptica, así como Servicio Móvil Avanzado 3G o superior, así como los otros servicios básicos, impiden la localización más distribuida en la extensión de dicha parroquia. A pesar de ello, se han establecido parámetros adicionales que hacen ver la oportunidad de mejorar condiciones para el establecimiento de dichos puntos de telemedicina considerando la ampliación de cobertura de Internet a través de servicios satelitales como es el caso de *Starlink*. Esto se muestra como una esperanza adicional a la búsqueda de puntos de telemedicina en zonas alejadas a las cabeceras parroquiales, pero que cuenten con al menos servicio eléctrico, considerando también los otros criterios con la ponderación obtenida a través de la colaboración de los expertos.

5. Agradecimientos

A la Universidad de Cuenca y a la Dirección de Investigación (DIUC) por el apoyo a la ejecución del proyecto de investigación: "Propuesta metodológica para la planificación de la infraestructura de salud con enfoque en telesalud usando datos geospaciales en un entorno de ciudades inteligentes".

6. Nota

Una versión preliminar se presentó en el VIII Workshop de la Red Iberoamericana de Observación Territorial (RIDOT) y el XIV Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial, celebrados del 8 al 20 de junio de 2025 en la Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

7. Referencias citadas

- ARULDOSS, M.; LAKSHMI, T. M. & V. P. VENKATESAN. 2013. "A survey on multi criteria decision making methods and its applications". *American Journal of Information Systems*, 1(1): 31-43. Disponible en: DOI: [10.12691/ajis-1-1-5](https://doi.org/10.12691/ajis-1-1-5).
- CAPRIOLI, C. y M. BOTTERO. 2021. "Addressing complex challenges in transformations and planning: A fuzzy spatial multicriteria analysis for identifying suitable locations for urban infrastructures". *Land Use Policy*, 102: 105147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105147>.

- COMISION ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (CEPAL). 2023. *Salud y desigualdad en América Latina y el Caribe: La centralidad de la salud para el desarrollo social inclusivo y sostenible*. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- DEAN, M. 2022. "Including multiple perspectives in participatory multi-criteria analysis: A framework for investigation". *Evaluation*, 28(4): 505-539. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/13563890221123822>.
- FÁTIMA DOS SANTOS, A. y A. FERNÁNDEZ. 2013. *Desarrollo de la telesalud en América Latina. Aspectos conceptuales y estado actual*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CUENCA. 2022. *Plan de Uso y Gestión de Suelo del cantón Cuenca*. Ecuador.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE BAÑOS. 2024. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Baños 2024-2027*. Ecuador.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y CENSOS. 2023. *Resultados del VIII Censo de Población y VII de Vivienda 2022*. Quito, Ecuador.
- KHAN, I.; PINTELON, L. & H. MARTIN. 2022. "The Application of Multicriteria Decision Analysis Methods in Health Care: A Literature Review". *Medical Decision Making*, 42(2): 262-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0272989X211019040>.
- KAVEH, M.; KAVEH, M.; MESGARI, M. S. & R. S. PALAND. 2020. "Multiple criteria decision-making for hospital location-allocation based on improved genetic algorithm". *Applied Geomatics*, 12(3), Article 3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00297-5>.
- LÓPEZ, R.; VILELA, L. y G. GUAMÁN. 2013. En: *Desarrollo de la telesalud en América Latina. Aspectos conceptuales y estado actual*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA / MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. 2013. *Proyecto: Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional*. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>.
- MINISTERIO DE SALUD. 2023. *Agenda Digital de Salud 2023-2027*. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/>.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. 2023. *Estadísticas del Subcentro de Salud de Baños*. Ecuador.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD / ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. 2016. *Marco de Implementación de un Servicio de Telemedicina*. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/28413>.

REPÚBLICA DEL ECUADOR, MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. (2022). *Plan Decenal de Salud 2022-2031*. Disponible en: <https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/>.

SMITH, K. A.; MOSTAFIZ, R. B.; FRIEDLAND, C. & I. NAHMENS. 2025. *Bibliometric Web of Science and Google Trends analysis of multi-criteria decision analysis within the built environment*. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1528895>.

VILENIO (s/f). *Características de Total Decision*. Disponible en: https://vilenio.com/td_caracteristicas.html. [Consulta: marzo, 2025].

YU, Y.; ZHOU, R.; QIAN, L.; YANG, X.; DONG, L. & G. ZHANG. 2023. "Supply-demand balance and spatial distribution optimization of primary care facilities in highland cities from a resilience perspective: A study of Lhasa, China". *Frontiers in Public Health*, 11: 1131895. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1131895>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Cuenca, Ecuador; julio, 2025

ANEXOS

ANEXO 1. Valores asignados para cada variable según criterios de: accesibilidad, uso y ocupación del suelo, integración con el entorno y población. Fuente: elaboración propia

		CRITERIOS										
		1. ACCESIBILIDAD			2.USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO				3. INTEGRACIÓN DEL EQUIPAMIENTO CON EL ENTORNO	4.POBLACION		
VARIABLE		DISTANCIA DESDE LAS VIAS EN TIEMPO	DISTANCIA DESDE HACIA LOS NUCLEOS EN TIEMPO	COBERTURA DE TRANSPORTE PUBLICO	TAMAÑO DEL PREDIO	PREDIOS SIN EDIFICAR	ZONIFICACIÓN ACTUAL USOS DEL SUELO	RESERVAS DE SUELO	CALIDAD PAISAJISTICA	DENSIDAD POBLACIONAL	GRUPOS DE ATENCION PRIORITARIA POBLACION	
											EN EDAD DE RIESGO (NIÑOS 0-5 AÑOS Y MAYORES A 65 AÑOS)	DISCAPACIDAD POR SECTOR CENSAL
VALOR	7	0-5 minutos a pie	30 minutos a pie	5 a 15 min caminando (distancia ideal)	1400-1500 m2	Sin edificación	Antropico	Reserva para Equipamientos comunitarios	Bajo alto	90-176 Hab/ha	75-90 HAB	34-42 HAB
	6	5-10 minutos a pie	40 minutos a pie		1300-1400	Menos del 10% edificado	Tierras improductivas		Bajo medio	50-90 Hab./ha	59-74 HAB	27-33 HAB
	5	10-15 minutos a pie	50 minutos a pie	16 a 30 min caminando (distancia aceptable)	1200 m2-1300	Entre el 10 % y el 25% edificado	Agropecuario mixto			30-50 Hab/ha	44-58 HAB	21-26 HAB
	4	15-20 minutos a pie	60 minutos a pie		1100-1200	Entre el 26% y el 50% edificado	Conservación y producción		Medio bajo	20-30 Hab./ha	33-43 HAB	15-20 HAB
	3	20-30 minutos a pie	80 minutos a pie	31 a 45 min caminando (máximo tolerable)	1000 m2-1100	Entre el 51% y el 75% edificado	Agrícola / Pecuario		Medio	10-20 Hab./ha	24-32 HAB	11-14 HAB
	2	30-60 minutos a pie	120 minutos a pie		751-1000	Entre el 76% y el 90% edificado	Protección o producción		Alto	5-10 Hab./ha	13-23 HAB	6-10 HAB
	1	60-120 minutos a pie	mayor a 120 minutos a pie	Sin cobertura de transporte público	>750 m2	Más del 90% edificado	Conservación y protección / Agua	Suelo no destinado a reservas de equipamiento o comunitario	Muy alto	0-5 hab/ha	0-12 HAB	0-5 HAB

ANEXO 2. Valores asignados para cada variable según criterios de: accesibilidad, uso y ocupación del suelo, integración con el entorno y población. Fuente: elaboración propia

		CRITERIOS														
		5. CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO					6. COBERTURA SERVICIOS BÁSICOS							7. COBERTURA DE SERVICIOS DE SALUD		
VARIABLE		MOVIMIENTOS EN MASA	DESGLAZAMIENTOS	INUNDACIONES	TOPOGRAFÍA (PENDIENTES)	GEOMORFOLOGIA	ALTITUD (msnm)	COBERTURA DE AGUA POTABLE	COBERTURA DE ALCANTARILLADO	COBERTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	COBERTURA DE BANDA ANCHA	COBERTURA DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO 3G	COBERTURA DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO 4G	COBERTURA DE SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	NUMERO DE MEDICOS	COBERTURA TERRITORIAL ACTUAL DE EQUIPAMIENTOS DE SALUD (CALCULADA EN DISTANCIA)
VALOR	7	Sin susceptibilidad	NULO	Sin susceptibilidades	0-2%	Valle en V Relieve en rellanos y ondulaciones escalonadas Interfluvio de cimas redondeadas	2570 - 2795	116-155 viviendas	Hay alcantarillado	113-158 viviendas	93-127 hogares	Señal Alta >-85 dBm	Señal Alta >-100 dBm	118-157 VIVIENDAS	0 a 1	SIN COBERTURA
	6	Muy baja	Bajo	Baja	2-5%	Valle fluvial, llanura de inundación Relieve volcánico colinado alto Terraza media.	2795 - 3020	85-115 viviendas		85-113 viviendas	72-89 hogares			93-118 VIVIENDAS	1 a 2	
	5	Baja			5-12%	Fondo de valle glaciar Valle fluvio-glaciar Vertiente heterogénea con fuerte disección	3020 - 3245	66.84 vivinedas		71-85 viviendas	56-69 hogares			71-93 VIVIENDAS	2 a 3	
	4		Media	Media	12-25%	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial Morrena lateral Laguna glaciar vertiente rectilínea	3245 - 3470	52-65 viviendas		57-71 viviendas	43-54hogares	Señal Media -95 dBm < Cobertura con niveles < -85 dBm	Señal Media -120 dBm < Cobertura con niveles < -100 dBm	54-71 VIVIENDAS	3 a 4	
	3	Media			25-40%	Coluvio-aluvial antiguo Coluvio-aluvial reciente Deposito glaciar modelado por acción fluvial Vertiente heterogenea coluvion antiguo	3470 - 3695	40-51 viviendas		42-57 viviendas	31-42 hogares			37-54 VIVIENDAS	4 a 5	
	2	Alta	Alto		40-70%	Colada de lava antigua Rocas aborregadas Domo volcánico Vestigios de edificio volcanicos Vertiente rectilínea con	3695 - 3920	9-39 viviendas		16-42 viviendas	17-30 hogares			16-37 VIVIENDAS	5 a 6	
1	Muy alta	Muy alto	Alta/Cuerpo de agua natural	70-100%	Afloramientos rocosos en ambiente periglacial, cubeta glaciar, circo glaciar, barranco Escarpe de deslizamiento Vertiente	3920 - 4145	0-8 viviendas	No hay alcantarillado	1-16 viviendas	0-17 hogares	Señal Baja -105 dBm < Cobertura con niveles < -95 dBm	Señal Baja -140 dBm < Cobertura con niveles < 120 dBm	0-16 VIVIENDAS	mas de 6	CON COBERTURA	