

# **Análisis de accesibilidad geográfica en la atención de servicios ginecobstetras en el Municipio de San Juan de Pasto**

**Biancy Dayana Delgado Ortiz**

**Cristian David Urbano Rojas**

**Juan Manuel Villamarín Zamora**

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Especialistas en Sistemas de Información Geográfica

Directora:

Esp. Maria Camila Betancourth Ossa

Línea de Investigación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2025

## Resumen

La presente investigación permite analizar la accesibilidad geográfica a los servicios gineco-obstetras de 8 de los principales Centros de Salud de la cabecera Municipal de Pasto, Colombia, teniendo en cuenta la división política administrativa por comunas y la cantidad de mujeres en edad de gestación, mediante el uso de herramienta de análisis espacial las cuales permiten identificar áreas con cobertura insuficiente evidenciando las barreras que limitan el acceso a atención especializada a la hora del parto, considerando variables como: nivel de atención, cantidad de servicios que prestan los centros médicos, capacidad hospitalaria,

Para el desarrollo del estudio, se emplearon índices de accesibilidad geográfica como lo es el índice de Factor de Ruta y el índice de Hansen, para los cuales se tomó como punto de partida los centroides de las comunas del casco urbano de la ciudad de Pasto (12) y como destino los centros médicos (8). Basados en los orígenes y destinos se estimó el costo del desplazamiento entre los nodos, que para este caso el valor de impedancia fue la distancia euclidiana y la distancia por la red vial (distancia mínima) y sumado a la matriz de atracción permitió determinar el índice de factor de ruta y el índice de Hansen. Los resultados mostraron que las zonas nororiente y sur de la ciudad muestran niveles bajos de accesibilidad a razón de la tortuosidad vial para acceder hasta los centros de salud.

**Palabras clave:** Accesibilidad geográfica, servicios ginecobstetras, análisis espacial, sistemas de información geográfica, salud pública

## Abstract

This research allows us to analyze the geographic accessibility to the gynecological-obstetric services of 8 of the main Health Centers of the Municipal capital of Pasto, Colombia, taking into account the political-administrative division by communes and the number of women of childbearing age, through the use of spatial analysis tools which allow us to identify areas with insufficient coverage, evidencing the barriers that limit access to specialized care at the time of delivery, considering variables such as: level of care, number of services provided by medical centers, hospital capacity,

For the development of the study, geographic accessibility indexes such as the Road Factor index and the Hansen index were used, for which the centroids of the communes of the urban area of the city of Pasto (12) were taken as a starting point and the medical centers (8) as a destination. Based on the origins and destinations, the cost of travel between nodes was estimated. In this case, the impedance value was the Euclidean distance and the distance along the road network (minimum distance). Added to the attraction matrix, it allowed determining the route factor index and the Hansen index. The results showed that the northeastern and southern areas of the city have low levels of accessibility due to the tortuosity of roads to access health centers.

**Keywords: Geographical accessibility, gynecological and obstetric services, spatial analysis, geographic information systems, public health.**

# Contenido

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA.....	7
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	10
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	11
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>14</b>
<b>4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL.....</b>	<b>17</b>
<b>5. REFERENTE TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>30</b>
6.1 ENFOQUE METODOLÓGICO .....	30
6.2 TIPO DE ESTUDIO.....	31
6.3 PROCEDIMIENTO .....	32
6.3.1 FASE I: Revisión y recolección de información .....	32
6.3.2 FASE II: Diagnóstico y Caracterización .....	33
6.3.3 FASE III: Cálculo del Índice de Accesibilidad .....	35
6.3.4 FASE IV: Análisis Exploratorio de Datos Espaciales .....	37
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>58</b>

## Lista de figuras

Figura 1 .....	8
Figura 2 .....	42
Figura 3 .....	43
Figura 4 .....	44
Figura 5 .....	45
Figura 6 .....	46
Figura 7 .....	47
Figura 8 .....	48
Figura 9 .....	49
Figura 10 .....	50
Figura 11 .....	52
Figura 12 .....	53

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 .....	25



# **1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación**

La accesibilidad geográfica a los servicios de salud representa un aspecto crucial en la garantía de una atención médica equitativa y oportuna. El municipio de San Juan de Pasto, Colombia, evidencia notables disparidades en el acceso a los servicios ginecobstetras, especialmente en las zonas rurales y periféricas. La accesibilidad se define como la facilidad relativa con la que se puede llegar a lugares de actividad, como centros de salud, desde un lugar determinado (BTS, 1997). Sin embargo, en el caso de Pasto, se observa que tanto la oferta de servicios médicos como la demanda no están uniformemente distribuidas, generando limitaciones en la atención de mujeres en servicios de ginecología y obstetricia.

Al considerar el impacto en la salud materna, se propone profundizar en el contexto local de Pasto, donde persisten disparidades en la distribución de recursos médicos, afectando la equidad en la atención de salud ginecobstetra. La aplicación de un modelo de accesibilidad geográfica permitirá identificar vacíos y proponer soluciones, fundamentando la importancia de este análisis en una época y contexto en el que los derechos de salud reproductiva y materna son prioritarios para el bienestar de la población.

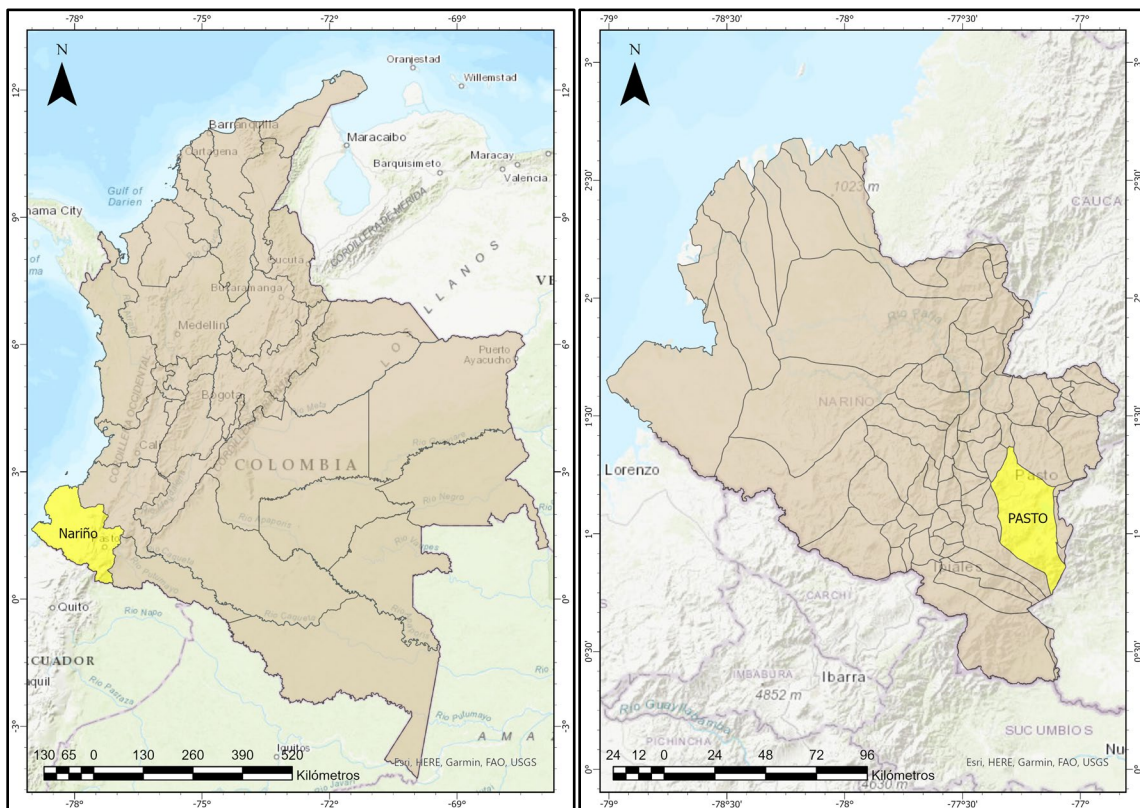
## **1.1 Descripción del área problemática**

El municipio de Pasto se ubica en el departamento de Nariño, más exactamente al suroccidente de este departamento ( $1^{\circ}12'52.48''$  N -  $77^{\circ}16'41.22''$  O). Políticamente es

compuesto por 12 comunas y 17 corregimientos. Cuenta con un área de 6.181 km<sup>2</sup> a una altura de 2.527 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía de Pasto, 2020).

### Figura 1

Mapa de localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia.



*Nota.* Localización del área de estudio partiendo desde una escala de país hasta ubicar el municipio donde se desarrolla el presente análisis.

La estructura socioeconómica del municipio se acoge a la estratificación establecida por el país la cual es una clasificación que focaliza a los individuos dentro de un área geográfica con

el objetivo de efectuar cobros diferenciales en temas de servicios públicos y del mismo modo aplicar ciertos subsidios según su clasificación. En el municipio y el país existen seis niveles:

- Estrato 1 Bajo Bajo
- Estrato 2 Bajo
- Estrato 3 Medio Bajo
- Estrato 4 Medio
- Estrato 5 Medio Alto
- Estrato 6 Alto

En términos de oferta, el sistema de salud en Pasto está distribuido de manera desigual, con una mayor concentración de hospitales en la zona norte de la ciudad. Esto implica que, para muchas mujeres, especialmente aquellas en áreas rurales o periféricas, el desplazamiento hasta estos centros resulta problemático debido a las barreras geográficas, económicas y de transporte (Sánchez-Torres, 2015). Además, la escasez de médicos especializados y el déficit de infraestructura contribuyen a la falta de accesibilidad en estas áreas (COGME, 2000). A nivel nacional, el sistema de salud colombiano ha hecho esfuerzos por mejorar la accesibilidad mediante políticas como la Política Nacional de Prestación de Servicios de Salud, que enfatiza la accesibilidad, calidad y eficacia (Ministerio de Protección Social, 2005), aunque aún persisten brechas significativas, especialmente en servicios ginecobstetras.

A su vez, la problemática se amplía al considerar factores de accesibilidad como el desempeño de la red de transporte y las barreras físicas y socioeconómicas que enfrentan las usuarias. Estudios indican que la accesibilidad depende de factores como la capacidad del servicio, la demanda potencial y las facilidades de transporte (Chen et al., 2020), mientras que en

contextos rurales se identifican limitantes en la infraestructura vial y demoras en el acceso a la atención oportuna (Min Salud & UNFPA, 2014). Así, la distancia, el tiempo de desplazamiento, la calidad del servicio y los costos asociados afectan directamente la posibilidad de una atención ginecobstetra efectiva para muchas mujeres en Pasto, lo cual es crítico al tratarse de servicios vinculados a la salud materna y reproductiva.

Por consiguiente, esta investigación se enfoca en comprender la relación entre la ubicación geográfica y la accesibilidad de los servicios ginecobstetras en Pasto, abordando tanto la oferta limitada y concentrada en la zona norte como las barreras sociales y económicas que dificultan el acceso. Esta investigación busca contribuir al conocimiento de la accesibilidad espacial desde un enfoque geográfico, empleando SIG para mapear las distancias y los tiempos de viaje que enfrentan las usuarias, y a su vez identificar las principales barreras para proponer soluciones y estrategias que promuevan una atención ginecobstetra más equitativa y accesible en la ciudad de San Juan de Pasto.

## **1.2 Formulación del problema**

La formulación del problema de investigación se centra en la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las barreras geográficas y socioeconómicas que afectan la accesibilidad a los servicios ginecobstetras en la ciudad de San Juan de Pasto, Colombia, y de qué manera se pueden implementar estrategias para mejorar la cobertura y oportunidad de la atención en estas áreas?

Esta pregunta guía la investigación para abordar la problemática desde una perspectiva integral, considerando los factores de oferta y demanda en la atención de servicios ginecobstetras. En particular, se exploran los elementos que dificultan el acceso, tales como la localización de los centros de salud y las limitaciones de transporte y recursos en las áreas periféricas de Pasto. Dado que la accesibilidad se puede conceptualizar en función de la convergencia de factores espaciales y económicos (Sánchez-Torres, 2015), este proyecto busca analizar de forma precisa la relación entre la oferta y demanda en el contexto geográfico específico de Pasto, empleando SIG para modelar y evaluar la accesibilidad de estos servicios.

### **1.3 Justificación**

La atención ginecológica y obstétrica son todos aquellos cuidados que se deben durante toda la etapa gestacional, parto y los momentos posteriores al mismo, ya que todas las medidas preventivas que se adopten se pueden ver reflejadas en el bienestar y la calidad de vida de la madre (Carvajal & Barriga, 2019). En la ciudad de Pasto Nariño (Colombia), se cuenta con un gran número de instituciones tanto públicas como privadas que ofrecen este tipo de atención, sin embargo, existe un factor de vital importancia a ser considerado en la atención oportuna en emergencias de este tipo, esta es la accesibilidad espacial de las gestantes a este tipo de servicios.

La accesibilidad espacial enfocada a los servicios de salud es uno de los factores fundamentales en el cálculo del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) debido a que la atención médica debe ser “accesible y equitativa para toda la población” (Terán, 2017). Como consecuencia de lo anterior, según la Organización Mundial de la Salud, en el año 2015, alrededor de 303.00 mujeres gestantes fallecieron a causa de una no oportuna atención médica.

La importancia de los estudios que analizan a la accesibilidad espacial que tiene las mujeres a servicios ginecológicos y obstétricos radica en que estos ayudan a identificar barreras geográficas, de vías de acceso, rutas de transporte público en el cual se ve envuelta la población más vulnerable, es decir personas que viven en zonas periféricas o asentamientos cercanos, que por lo general es población sensible social y económicamente.

En la presente propuesta se busca determinar el nivel de accesibilidad que tienen las mujeres gestantes al momento del parto a servicios ginecológicos y obstétricos en la ciudad de Pasto, evaluando tiempos y rutas de acceso oportunas mediante el uso de herramientas de análisis espacial ligadas a los Sistemas de Información Geográfica. Los resultados del presente estudio pueden ser usados como insumo principal para determinar áreas que requieren mayor atención en temas relacionados con la cobertura de salud en la ciudad, debido a que los resultados sectorizan las zonas con mayor y peor accesibilidad, facilitando la inversión y designación de recursos para la construcción de centros de salud que suplan las necesidades requeridas por la población de estudio.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la accesibilidad geográfica en la atención de los servicios gineco-obstétricos en la cabecera Municipal de Pasto, mediante el uso de herramientas de análisis espacial, con el fin de identificar desigualdades en la cobertura y proponer estrategias para optimizar el acceso a dichos servicios.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar y revisar las variables e indicadores utilizados en estudios previos sobre accesibilidad geográfica a servicios de salud, con el fin de seleccionar los más adecuados para esta investigación.
- Caracterizar la red de servicios de salud disponible para la atención del parto en San Juan de Pasto, actualizando la información disponible para asegurar su vigencia.
- Calcular un índice de accesibilidad geográfica para la red de servicios de salud en la ciudad de San Juan de Pasto, basado en las variables e indicadores seleccionados.
- Realizar un análisis exploratorio de datos espaciales para identificar patrones y áreas con limitaciones en la accesibilidad a los servicios de salud para la atención del parto en San Juan de Pasto.

### 3. Antecedentes

La accesibilidad a los servicios de salud desde una perspectiva espacial o geográfica ha sido un tema central en la investigación académica durante décadas. Este concepto se refiere a la facilidad con la que las personas pueden acceder a los servicios de salud en función de su ubicación geográfica, considerando factores como la distancia física, la disponibilidad de transporte, la distribución de servicios y las barreras socioeconómicas. Numerosos estudios han abordado este tema desde diferentes perspectivas, entre los más destacados están los siguientes:

En el estudio de Barrios (2022), realizó una evaluación en la capital del departamento del Quindío sobre la accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica. En la investigación utilizó la técnica del área de captación flotante de dos pasos para evaluar las condiciones de accesibilidad, tomando en cuenta la atención médica. También tomó en cuenta otras variables importantes, como el estado de la movilidad, para comparar los niveles de desigualdad e inequidad espacial entre las áreas de análisis.

Kanugantia (2016), otro estudio relacionado, cuantifica la accesibilidad espacial a la atención médica en la zona rural del distrito de Alwar de Rajasthan en la India. Para medir la accesibilidad, utilizó el método de área de captación flotante de dos pasos ejecutado a través de la plataforma GIS. El resultado del estudio ayudó a los responsables de la formulación de políticas a identificar las viviendas que no tienen acceso a la atención médica y también a conocer el nivel de accesibilidad de las aldeas que tienen acceso a la atención médica.

En el análisis de Luo & Wang (2003) utilizaron un método de modelado de redes para evaluar la distancia real y percibida a los servicios de salud en su investigación sobre la

---

accesibilidad espacial a los hospitales en la región de Chicago. Descubrieron que los factores como la calidad de las carreteras y la disponibilidad de transporte juegan un papel importante en la accesibilidad, y que la distancia real no siempre coincide con la distancia percibida por los pacientes.

Otros estudios han complementado este análisis. Guagliardo (2004) destacó la importancia de combinar métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar la accesibilidad a los servicios médicos, enfatizando la influencia de factores socioeconómicos y culturales. Por su parte, McGrail y Humphreys (2009) analizaron las disparidades en la accesibilidad a servicios de salud en áreas rurales de Australia, utilizando indicadores como la densidad poblacional y la capacidad instalada de los servicios. También, Penchansky y Thomas (1981) desarrollaron un marco conceptual de la "accesibilidad" basado en cinco dimensiones clave: disponibilidad, accesibilidad geográfica, aceptabilidad, asequibilidad y adecuación.

En resumen, los estudios previos sobre la accesibilidad espacial a los servicios de salud han destacado la importancia de considerar una variedad de factores que van más allá de la distancia física. Estos estudios han mejorado significativamente la comprensión de los obstáculos y las disparidades en el acceso a la atención médica, proporcionando información útil para informar políticas y prácticas que buscan mejorar el acceso para todos, independientemente de su ubicación geográfica.



## 4. Referente normativo y legal

Teniendo en cuenta el enfoque de la presente investigación, centrada en la accesibilidad geográfica sobre los servicios de salud en el momento del parto, es necesario dirigir el desarrollo del trabajo bajo las normas que legitiman el desarrollo integral del municipio así como la calidad de vida de la población, en madres gestantes y los niños y niñas, el ordenamiento del territorio, identificando la gestión pública y el rol que juega el gobierno, en su interacción con otros actores institucionales para cumplir con los derechos y deberes del ciudadano.

Para ello es importante reconocer los principios establecidos en las normativas vigentes en Colombia, que orientan la planificación y la prestación de servicios de salud, especialmente en lo que respecta a la accesibilidad geográfica.

Tal como lo establece la Constitución Política de Colombia de 1991, siendo la norma suprema de todas las leyes, donde establece que "La Colombia es un Estado Social de Derecho, con un orden público democrático, participativo y pluralista, fundado en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que lo integran.". De igual manera, cabe resaltar los artículos más relevantes como son el Artículo artículo 11. Sobre el Derecho a la vida y en el Artículo 49. Salud digna, donde es el Estado quien debe garantizar el acceso a los servicios de salud de manera eficiente y oportuna: "La salud es un derecho fundamental de las personas. El Estado organizará, dirigirá y regulará el servicio público de salud. La atención en salud será prestada bajo los principios de universalidad, solidaridad y eficiencia."

Por otra parte, se encuentra el Artículo 365, el cual determina la Prestación de Servicios Públicos, entre ellos los servicios públicos a la salud, el cual es de interés general y deben ser prestados de acuerdo con los principios de eficiencia, calidad y cobertura.

Y finalmente, se destaca el Artículo 44, sobre el derecho de los Niños, siendo la salud, uno de los principales derechos para la atención al momento del parto, donde todos los niños tienen derecho a sobrevivir y a recibir atención médica adecuada.

Asimismo, la Ley 1438 de 2011 donde se reforma el sistema de salud, establece principios clave sobre el acceso universal y equitativo a los servicios de salud, y uno de éstos contempla los lineamientos para mejorar la cobertura y accesibilidad, destacando así los siguientes artículos: Artículo 2, el cual establece que el acceso a la salud debe ser equitativo, universal y eficiente. Y el Artículo 4, quien garantiza la cobertura de salud a todas las personas, sin importar su lugar de residencia.

Por otra parte, se encuentra la Ley Estatutaria en Salud 1751 de 2015, la cual tiene como propósito la protección del derecho fundamental a la salud y establece lineamientos importantes sobre la accesibilidad a los servicios. Regula la prestación de servicios de salud, con énfasis en la cobertura, que según el artículo 10, la cobertura debe ser integral, lo que implica que los servicios de salud deben estar disponibles no solo en términos de recursos, sino también en términos de accesibilidad geográfica, y así dar garantía de la calidad del servicio incluyendo la atención en el momento del parto.

Adicionalmente, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial 388 de 1997, incorpora políticas con el fin de orientar el proceso de Planeación y Ordenamiento del Territorio Municipal

---

en el proceder de las acciones político-administrativas la cual disponen de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo territorial. De manera particular al caso de estudio, esta ley asegura que la infraestructura de servicios de salud esté organizada de forma que maximice su accesibilidad, lo cual es vital para mejorar la cobertura de los servicios de salud, incluida la atención al parto. En su Artículo 5: Establece que los Planes de Ordenamiento Territorial – POT deben incluir estrategias para garantizar la accesibilidad y la cobertura de los servicios públicos, entre ellos los servicios de salud.

Por último, la Resolución 1441 de 2013 sobre la red pública de servicios de salud del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, establece directrices sobre la creación y fortalecimiento de la red pública de servicios de salud, es decir que se determinan lineamientos y condiciones que deben cumplir las empresas prestadoras de servicios de salud para garantizar su cobertura, calidad y accesibilidad.



## **5. Referente teórico**

La accesibilidad geográfica a los servicios de salud constituye un pilar fundamental en la garantía de derechos básicos, como la salud materna y reproductiva, especialmente en contextos de desigualdad socioeconómica y geográfica (WHO, 2015). Este apartado desarrolla el marco conceptual y teórico necesario para comprender los elementos centrales de la investigación, así como las herramientas y métodos que fundamentan su abordaje.

Por otra parte, la accesibilidad geográfica puede definirse como la facilidad relativa con la que las personas pueden llegar a servicios o recursos específicos desde un lugar determinado, considerando factores como la distancia, el tiempo de desplazamiento, la infraestructura vial y

los medios de transporte disponibles (López & Rueda, 2018). Este concepto abarca varias dimensiones:

1. **Acceso físico:** Relacionado con la proximidad espacial entre la población y los servicios de salud, considerando tanto la distancia lineal como las rutas disponibles.
2. **Acceso temporal:** Vinculado al tiempo requerido para desplazarse a los servicios de salud, influenciado por factores como la congestión vehicular, las condiciones climáticas y la calidad de las vías.
3. **Acceso económico:** Hace referencia al costo asociado al desplazamiento y a los servicios médicos, lo cual puede limitar la accesibilidad en comunidades de bajos ingresos.
4. **Acceso social y cultural:** Incluye barreras lingüísticas, educativas y culturales que afectan la disposición o capacidad de las personas para utilizar los servicios disponibles (Penchansky & Thomas, 1981).

La accesibilidad geográfica puede analizarse a través de modelos espaciales que integran variables como la distribución geográfica de los centros de salud, la densidad poblacional y las redes de transporte disponibles (Sánchez-Torres, 2015). Un enfoque común es el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular indicadores como el

---

índice de accesibilidad potencial, el índice de Hansen y el coeficiente de Gini de distribución de recursos

En el ámbito de la salud reproductiva, la accesibilidad juega un papel crucial en la reducción de riesgos asociados al embarazo, el parto y el puerperio. Según la OMS (2020), las barreras en el acceso oportuno a servicios gineco-obstétricos contribuyen significativamente a las altas tasas de mortalidad materna en países en desarrollo. Factores como la localización de los hospitales, la capacidad instalada, la disponibilidad de personal especializado y la conectividad vial impactan directamente en la atención de emergencias obstétricas.

En Colombia, el acceso desigual a servicios gineco-obstétricos es particularmente evidente en zonas rurales y periféricas de la ciudad. Estudios recientes han demostrado que las mujeres en estas áreas enfrentan tiempos de desplazamiento significativamente mayores y acceso limitado a infraestructura médica, lo que impacta negativamente en los indicadores de salud materna (Carvajal & Barriga, 2019).

La accesibilidad espacial se evalúa mediante modelos que consideran variables como la localización de los servicios, la capacidad instalada, las condiciones del transporte y las

características demográficas de las áreas de estudio. Entre los modelos y fórmulas utilizadas para analizar la accesibilidad se encuentran:

### 1. Índice de Hansen:

Este índice mide la accesibilidad considerando la interacción entre la oferta de servicios y la demanda en función de la distancia o el tiempo de viaje (Neutens, 2015). La fórmula es:

$$A_i = \sum_j \frac{S_j}{D_{ij}^b} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- $A_i$ : Accesibilidad en el área  $i$
- $S_j$ : Capacidad o cantidad de servicios disponibles en  $j$
- $D_{ij}$ : Distancia o tiempo entre  $i$  y  $j$
- $b$ : Parámetro que controla la disminución de la accesibilidad con la distancia

### 2. Factor de Ruta:

Evalúa la eficiencia del transporte en términos de distancia real sobre la distancia en línea recta, mediante la fórmula (Kubukcu, 2021).

$$R_i = \frac{1}{n-1} \sum \frac{d_{ij}}{d_{gij}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$R_i$  : Factor integral del punto  $i$

$n$  : Número de nodos

$d_{ij}$ : Distancia real y mínima por red entre el nodo  $i$  y  $j$

$d_{gij}$ : Distancia geográfica o euclidiana en el nodo  $i$  y  $j$

La interpretación del valor obtenido del cálculo anterior se puede resumir en la tabla X, donde un valor mayor a 1,5 indica un factor de baja accesibilidad.

**Tabla 1**

*Valores para la interpretación del factor de ruta*

Rango	Clasificación
=1	Red lineal
$1 < 1,5$	Red regular
$1,5 < 2$	Red irregular
$> 2$	Red tortuosa

*Nota.* en la tabla anterior se pueden observar los valores que puede tomar al calcular el Factor de ruta, según la literatura este indica que si se obtiene un valor por encima de 1.5 se estaría frente un valor de accesibilidad bajo.

### 3. Coeficiente de Gini:

Es empleado ampliamente por varios autores en análisis de accesibilidad espacial (Delamater, 2013; Wang & Luo, 2005), la importancia de este coeficiente radica en que tiene la capacidad de determinar la distribución de la riqueza en un área

determinada y de manera paralela indica el grado de inequidad en general. Este indicador puede adaptarse para medir la inequidad en la distribución de servicios de salud:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n (X_{i-1} + X_i)(Y_i - Y_{i-1}) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$X_i$ : Proporción acumulada de la población (ordenada de menor a mayor acceso)

$Y_i$ : Proporción acumulada de los servicios (o recursos) disponibles

$n$ : Número total de grupos o categorías

El resultado oscila entre:

$G = 0$ : Perfecta igualdad, donde todos los grupos tienen el mismo acceso a los servicios

$G = 1$ : máxima desigualdad, donde un solo grupo concentra todo el acceso.

#### 4. Normalización de máximos y mínimos:

El método de normalización de máximos y mínimos consiste en un proceso de transformación lineal sobre los valores originales haciendo uso de la ecuación 4. La aplicación

de esta ecuación cambia de manera radical los valores de entrada, dando como resultado unos nuevos valores se varían entre cero (0) y uno (1) (Amirí et al., 2014).

$$Z = \frac{X - \min(X)}{[\max(X) - \min(x)]} \quad \text{Ecuación 4}$$

Adicionalmente, para una adecuada comprensión de la metodología del presente estudio, es necesario tener en cuenta algunos conceptos clave, entre ellos están:

1. **Equidad en Salud:** Se refiere a la ausencia de disparidades evitables o remediables en el acceso a servicios de salud entre diferentes grupos de población (WHO, 2015).
2. **Zonas Periféricas:** Áreas geográficas alejadas del centro urbano, caracterizadas por una menor densidad poblacional y una infraestructura menos desarrollada (Terán, 2017).
3. **Barreras Geográficas:** Obstáculos físicos o estructurales que dificultan el acceso a servicios esenciales, como cadenas montañosas, ríos o carreteras en mal estado (Carvajal & Barriga, 2019).
4. **Análisis Espacial:** Uso de herramientas y técnicas, como SIG, para analizar patrones geográficos y relaciones espaciales entre variables (Sánchez-Torres, 2015).
5. **Sistemas de información geográfica (SIG):** son herramientas informáticas que se utilizan para almacenar, visualizar, analizar e interpretar datos geográficos. Los datos

geográficos (también llamados datos espaciales o geoespaciales) identifican la ubicación geográfica de las entidades (Bolstad, 2005).

6. **Interpolación espacial:** es una técnica matemática utilizada para estimar valores entre puntos de datos conocidos. Implica construir una función o curva que pase por los puntos de datos dados y pueda usarse para predecir valores faltantes en ubicaciones intermedias (McKenzie, 2023).
  
7. **Movilidad urbana:** Semanjski (2022) lo define como “una forma de movilidad que se desarrolla en zonas urbanas. Esto significa que todo el movimiento o un viaje, o al menos una parte de él, se desarrolla en un entorno urbano”, y a su vez, la subdivide en tres categorías: la movilidad intraurbana (donde los lugares de inicio y fin del viaje están situados en el mismo asentamiento urbano), suburbana (donde el viaje comienza en un área urbana y termina en un entorno suburbano/rural o viceversa) e interurbana (donde el viaje comienza en un entorno urbano y termina en otro dominio urbano).

Estudios previos han demostrado la utilidad de integrar SIG y modelos matemáticos en la evaluación de accesibilidad. Por ejemplo, Terán (2017) aplicó un modelo de accesibilidad espacial en Ecuador, destacando cómo la falta de conectividad vial y transporte adecuado incrementa las inequidades en el acceso a servicios de salud.

En el caso colombiano, Sánchez-Torres (2015) analizó la accesibilidad en municipios rurales, concluyendo que la distancia promedio a centros de salud en zonas periféricas es hasta

---

tres veces mayor que en zonas urbanas. Este estudio resalta la necesidad de intervenciones focalizadas para reducir las barreras de acceso.

Este proyecto busca llenar los vacíos de información sobre la distribución y accesibilidad de servicios gineco-obstétricos en Pasto, empleando SIG y modelos de accesibilidad para identificar áreas críticas. Los resultados podrán ser utilizados para orientar políticas públicas que promuevan una distribución equitativa de recursos y mejoren los indicadores de salud materna en la región.

## **6. Metodología**

### **6.1 Enfoque metodológico**

Se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos. El enfoque cuantitativo resulta fundamental para la recolección y análisis de datos geoespaciales, permitiendo una representación precisa de distancias, tiempos de desplazamiento y barreras físicas a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Según Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo "se fundamenta en la medición numérica y el uso de estadísticas para establecer patrones y generalizaciones", lo cual es esencial para mapear y cuantificar la accesibilidad geográfica a los servicios ginecobstetras.

El componente cualitativo complementó esta investigación al permitir un análisis en profundidad de las percepciones y experiencias de las usuarias y profesionales de salud. Sampieri et al. (2014) señalan que el enfoque cualitativo "se utiliza para entender los significados que las personas otorgan a los fenómenos y estudiar los comportamientos desde la perspectiva de los participantes". Este enfoque permitió recolectar información sobre las barreras no geográficas que dificultan el acceso a los servicios ginecobstetras, tales como factores socioeconómicos y culturales.

Finalmente, el enfoque mixto proporcionó una visión integral y más completa del problema, combinando la precisión del análisis cuantitativo con la riqueza contextual del cualitativo. Según Creswell (2008), "los estudios mixtos se justifican cuando el investigador busca aprovechar las fortalezas de ambos enfoques para ofrecer una comprensión más profunda

del fenómeno en estudio". Esta metodología permitirá explorar tanto las barreras espaciales como las sociales en el acceso a los servicios ginecobstetras, asegurando una investigación exhaustiva y relevante para el contexto de San Juan de Pasto.

## 6.2 Tipo de estudio

El estudio tuvo un alcance descriptivo y correlacional. El enfoque descriptivo es fundamental para analizar el estado actual de la accesibilidad geográfica a los servicios ginecobstetras, describiendo las características geográficas de la red de atención y aspectos como distancias, tiempos de desplazamiento y áreas de cobertura. Sampieri et al. (2014), los estudios descriptivos "buscan especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a un análisis", lo cual es esencial para el mapeo detallado de los servicios de salud.

El componente correlacional se justifica para analizar la relación entre variables espaciales, demográficas y de infraestructura con la accesibilidad a los servicios de salud. Tal como señalan Cohen et al. (2017), los estudios correlacionales permiten "examinar la relación entre dos o más variables, sin pretender establecer causalidad directa". En este caso, la correlación entre la distancia a los centros de salud y el acceso efectivo de las mujeres a los servicios ginecobstetras proporcionará datos relevantes para identificar disparidades o brechas en la prestación de estos servicios.

En resumen, el alcance descriptivo y correlacional permitió no solo caracterizar la situación actual, sino también identificar relaciones significativas entre las variables geográficas

y sociodemográficas que inciden en el acceso a la atención ginecobstetra. Esto es coherente con la propuesta de Sampieri et al. (2014), que destaca que los estudios descriptivos y correlacionales son herramientas clave para "determinar la frecuencia y modo de relación entre los factores de interés en un contexto dado", facilitando así el desarrollo de estrategias de intervención más efectivas.

## **6.3 Procedimiento**

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto, se estructuraron diversas fases metodológicas que abarcan actividades específicas y técnicas orientadas al análisis de la accesibilidad geográfica a los servicios de salud en San Juan de Pasto. Estas fases permiten organizar y sistematizar el trabajo, garantizando que cada objetivo sea abordado de manera integral, desde la recopilación de datos hasta el análisis espacial avanzado.

### **6.3.1 FASE I: Revisión y recolección de información**

Esta fase está orientada a identificar y revisar las variables e indicadores que han sido utilizados en investigaciones previas relacionadas con la accesibilidad geográfica a servicios de salud. El objetivo es seleccionar las variables más relevantes para la investigación.

#### **1. Revisión de información secundaria**

Se realizó una revisión sistemática de literatura académica, artículos, libros y revistas que abordan el concepto de accesibilidad geográfica hacia servicios de salud. Esta actividad

permitió identificar métodos y enfoques aplicados para evaluar la accesibilidad a servicios gineco-obstétricos, así como las variables más relevantes a incluir en el análisis.

## **2. Recopilación de información institucional**

Se recopilaron datos secundarios provenientes de fuentes oficiales como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) del Ministerio de Salud, el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud (REPS), y el Instituto Departamental de Salud. Estos datos incluyeron:

- Información demográfica y socioeconómica de mujeres en edad fértil (15 – 49 años).
- Centros de salud disponibles en el municipio de San Juan de Pasto y su nivel de atención.

## **3. Identificación y priorización de variables**

A partir de la información recopilada, se seleccionaron las variables principales, como:

- Estratos socioeconómicos.
- Distancias y tiempos de viaje hacia los centros de salud.
- Capacidad instalada de los servicios gineco-obstétricos en los hospitales.

### **6.3.2 FASE II: Diagnóstico y Caracterización**

En esta fase, se busca caracterizar la red de servicios de salud disponibles en el municipio, especialmente aquellos que atienden partos y emergencias gineco-obstétricos. La información recolectada debe ser actualizada para garantizar su vigencia.

#### **1. Diagnóstico socioeconómico de la población**

Se consolidaron datos demográficos y socioeconómicos a partir de fuentes oficiales y documentos institucionales de mujeres en edad de fertilidad (15 – 49 años), segmentados por las 12 comunas que divide la cabecera municipal del municipio de San Juan de Pasto. Este análisis incluyó información sobre la distribución poblacional, la estratificación y las condiciones socioeconómicas. De esta manera se realizó un consolidado actual de base de datos de las mujeres en edad de fertilidad

## **2. Sondeo de entidades públicas y/o privadas**

Se identificaron los centros de salud que ofrecen servicios gineco-obstétricos, clasificándolos según su ubicación, nivel de atención y capacidad instalada. Esto permitió elaborar un inventario actualizado de los centros hospitalarios relevantes para la atención del parto, donde se tomaron los centros médicos, los cuales se destacan en la prestación de este servicio.

## **3. Consolidación de datos cartográficos**

Se recopilaron y procesaron datos sobre la red vial y la ubicación de los centros de salud en plataformas como Open Street Maps. Esta información se integró en un entorno SIG para facilitar el análisis espacial, destacando las rutas de acceso hacia los hospitales y centros de atención.

En cuanto a la información recolectada, se logró vectorizar y corregir los errores topológicos de la red vías a través del software ArcGIS, donde se determinó la longitud total aproximada de vías en la cabecera urbana.

Asimismo, los datos socioeconómicos fueron tratados a través del mismo software, donde los barrios de la cabecera municipal se agruparon en un total de 12 comunas, este resultado se usó como insumo para generar el perímetro del área de estudio.

Por último, el listado de centros médicos mencionados anteriormente fue especializado mediante ayuda del software Google Earth Pro, donde se generó un archivo en formato KML que, a su vez, se convirtió a formato shapefile para ser manipulado en ArcGIS.

### **6.3.3 FASE III: Cálculo del Índice de Accesibilidad**

#### **1. Identificación, trazado y cuantificación de rutas óptimas.**

En esta actividad, con los datos previamente organizados y recopilados, se procedió a la identificación, trazado y cuantificación de la ruta óptima entre un nodo de origen (centroides de las comunas de la cabecera municipal) y un nodo destino (centros de salud priorizados). Este proceso se realizó mediante herramientas SIG, utilizando software como QGIS y el complemento ORS (OpenRouteService).

El proceso comenzó con la generación de centroides para las comunas, representando el punto promedio desde el cual se calcularía la distancia hacia los centros médicos. Una vez ubicados los centros de salud en el sistema, se trazaron las rutas más cortas, considerando la red vial existente y los parámetros de accesibilidad. Se analizaron variables como distancia y tiempo de recorrido, priorizando rutas con mayor eficiencia para garantizar un acceso oportuno a los servicios gineco-obstétricos.

#### **2. Determinación de la accesibilidad promedio por ámbito hospitalario**

Posteriormente, se calculó un índice de accesibilidad espacial que integra tanto indicadores espaciales como estadísticos. Este cálculo se realizó considerando los siguientes elementos:

- **Factor de Ruta:**

Para calcularlo, se utilizó el complemento ORS, que permitió analizar la distancia y tiempo de desplazamiento entre los nodos origen y destino. Esta variable es clave para determinar las dificultades físicas en el acceso, basándose en la conectividad vial y la ubicación estratégica de los centros de salud.

- **Índice de Hansen:**

Este índice se tomó como medida de accesibilidad espacial para evaluar la interacción entre la oferta (capacidad de los hospitales) y las demanda (población objetivo). Para su cálculo, se utilizaron las siguientes variables relacionadas con el atractivo de cada hospital:

- Área de las instalaciones tomadas en m<sup>2</sup>
- Capacidad de recepción de pacientes: se evaluó en términos del número de camas disponibles y el número de salas de parto.
- Nivel de atención de los centros médicos.

Estas variables fueron calificadas utilizando una escala indicativa:

- 1 = Bajo
- 2 = Medio
- 3 = Alto

Además, para representar gráficamente el índice de Hansen, se normalizaron estas variables utilizando ecuaciones estadísticas como la ecuación 4, asegurando una estandarización de los datos para su correcta interpretación en un entorno SIG.

- **Coefficiente de Gini:**

Se utilizó este coeficiente para medir las desigualdades en el acceso a los servicios gineco-obstétricos. Este análisis permitió identificar las comunas con mayores barreras de acceso, estableciendo una comparación entre la población atendida y la capacidad instalada en los hospitales.

### **6.3.4 FASE IV: Análisis Exploratorio de Datos Espaciales**

#### **1. Elaboración de mapas temáticos y análisis espacial**

En esta etapa final del estudio, se priorizó la creación de mapas temáticos que sintetizaran la información obtenida en las fases previas. Estos mapas fueron diseñados para ofrecer una representación visual clara de la densidad de población, las rutas óptimas calculadas, y los índices y coeficientes generados (como los índices de Hansen y Gini).

Los mapas temáticos incluyeron:

- **Densidad poblacional por comunas**, resaltando las áreas con mayor concentración de mujeres en edad de gestación.

- **Distribución de centros de salud gineco-obstétricos**, clasificando cada uno según su nivel de atención y capacidad instalada.
- **Rutas óptimas de acceso a servicios de salud**, mostrando los tiempos de desplazamiento promedio por comuna.
- **Mapa de accesibilidad espacial (índice de Hansen)**, que permitió visualizar los sectores con mayor o menor acceso a los servicios de salud prioritarios.

Estos mapas se generaron en software SIG (QGIS y ArcGIS), facilitando el análisis de patrones espaciales y la identificación de zonas con barreras significativas en el acceso a los servicios.

## 2. Visualización gráfica y análisis estadístico descriptivo

Para complementar los mapas temáticos, se utilizó el software GeoDa para realizar análisis estadísticos descriptivos y crear gráficos que aportaran mayor profundidad al estudio.

Entre los gráficos generados se encuentran:

- **Diagramas de caja y bigotes:**

Estos gráficos mostraron la distribución del factor ruta por comuna, permitiendo identificar las comunas con tiempos de acceso más largos y aquellas con condiciones de movilidad más favorables hacia los centros médicos.

- **Gráficos de frecuencias:**

---

Se elaboraron gráficos de frecuencias del índice de Hansen, destacando la concentración de comunas con accesibilidad baja, media o alta, lo que permitió identificar patrones de desigualdad en el acceso a servicios gineco-obstétricos.

- **Curva de Lorenz:**

La curva de Lorenz se utilizó para ilustrar gráficamente las desigualdades en la distribución del acceso a los servicios de salud. Este análisis visual complementó el cálculo del índice de Gini, confirmando las disparidades detectadas en fases previas y resaltando las comunas con mayor inequidad en el acceso.



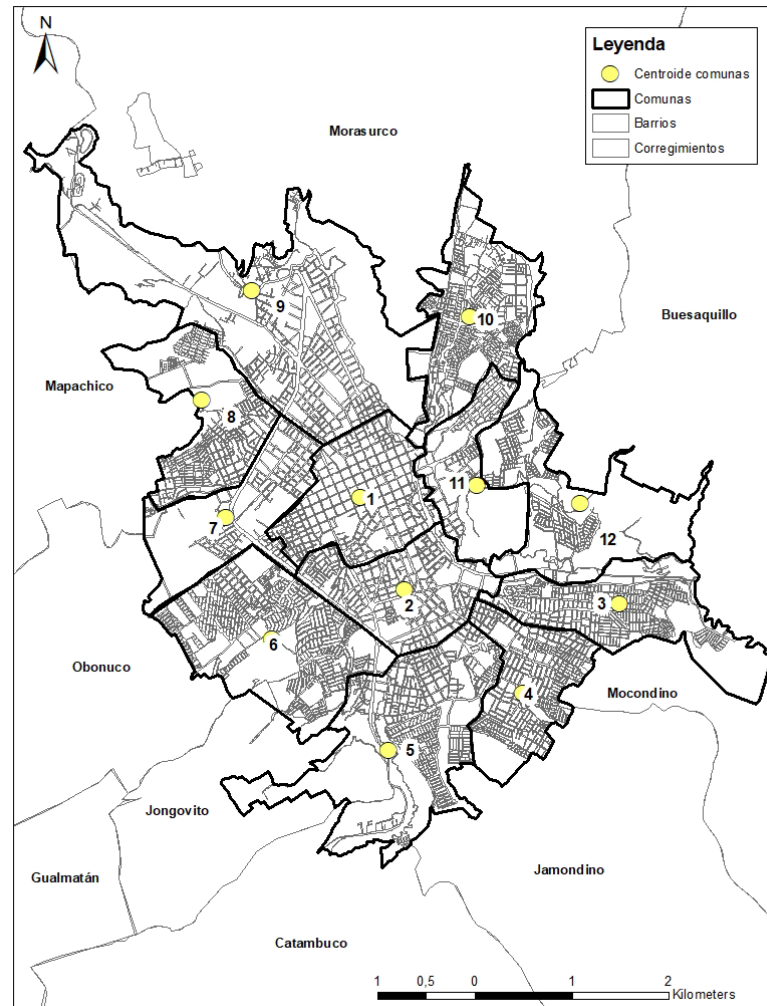
## 7. Resultados

En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos de la metodología propuesta, misma que fue expuesta en el capítulo anterior. Para darle cumplimiento a los objetivos planteados se partió de una revisión bibliográfica extensa, la cual permitió entender el funcionamiento de los indicadores y coeficientes que evalúan la accesibilidad espacial a centros médicos.

De acuerdo con la literatura consultada, se decidió seleccionar los indicadores más empleados en estudios de accesibilidad geográfica los cuales fueron el Índice de Factor de Ruta, el Índice de Hanssen y el coeficiente de Gini. La caracterización de la red de servicios públicos se digitalizó empleando el programa Google Earth, donde sólo se digitalizaron los centros médicos que contaran con servicio de Ginecología y Obstetricia considerando que al momento del parto se presentaran complicaciones, dando como resultado un total de 8 puntos asistenciales.

**Figura 2**

*Centroides de las comunas de la ciudad de San Juan de Pasto. Fuente: Elaboración propia*



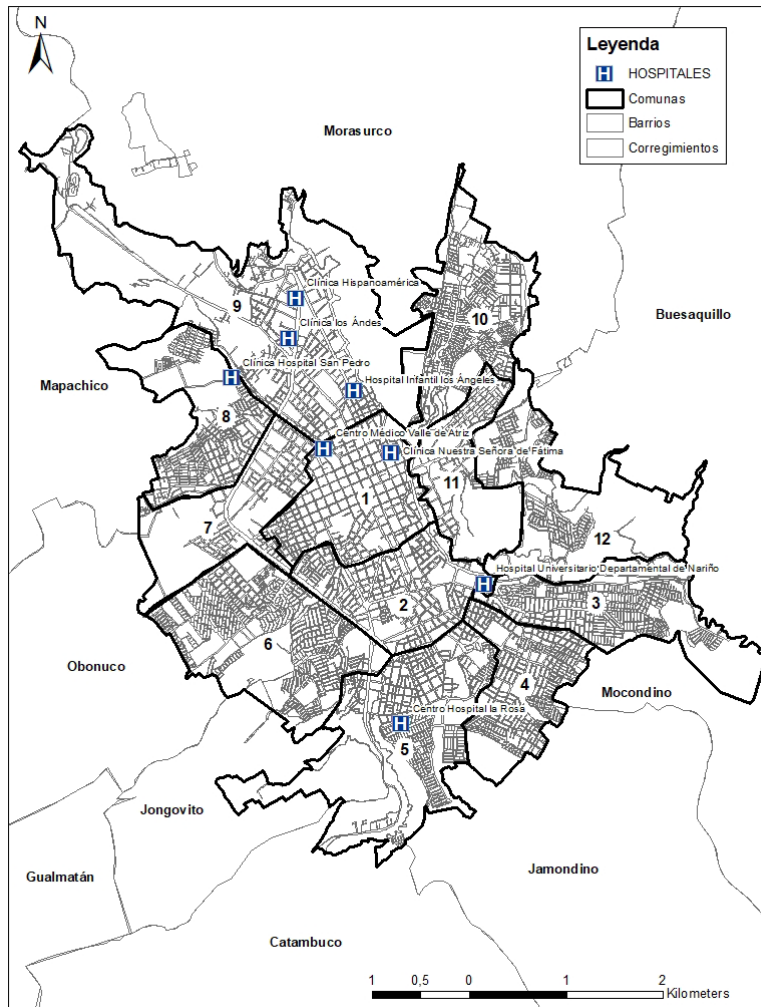
*Nota:* en la presente figura se muestra el cálculo geográfico donde se obtuvo el centroide de las 12 comunas que componen el casco urbano de la ciudad de Pasto

Al analizar la información espacial referencia en la figura anterior se pudo determinar que la población total de la ciudad de Pasto es de 360239 habitantes, donde la comuna 6 presenta el mayor número de población con 45787 habitantes, mientras tanto que la comuna 12 es la de menor población con

13949, y en promedio se tiene que las comunas presentan una población de 30020 con una desviación estándar del 11015,935378.

**Figura 3**

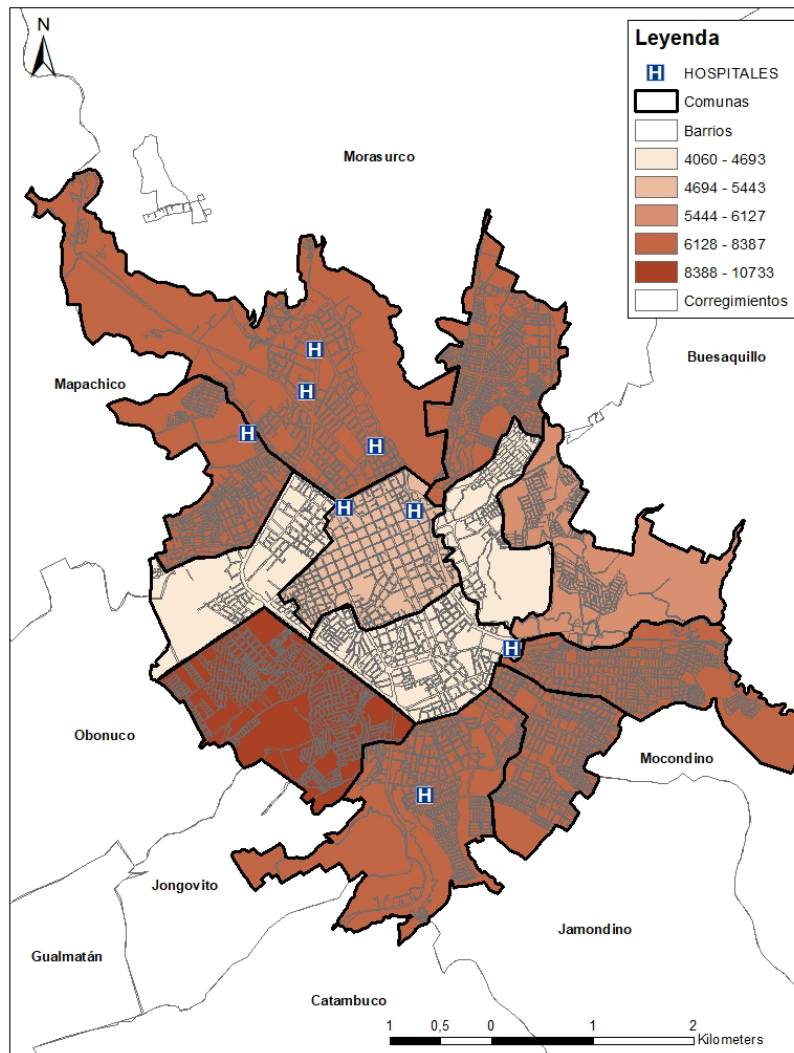
*Hospitales de la ciudad de Pasto. Fuente: Elaboración propia.*



*Nota:* se muestra el resultado de la espacialización de los centros médicos que se emplean en el análisis

**Figura 4**

*Mapa de población fértil en la ciudad de Pasto. Fuente: Elaboración propia*



*Nota:* se presenta la distribución espacial de la población fértil (femenina) por comuna en la ciudad de San Juan de Pasto

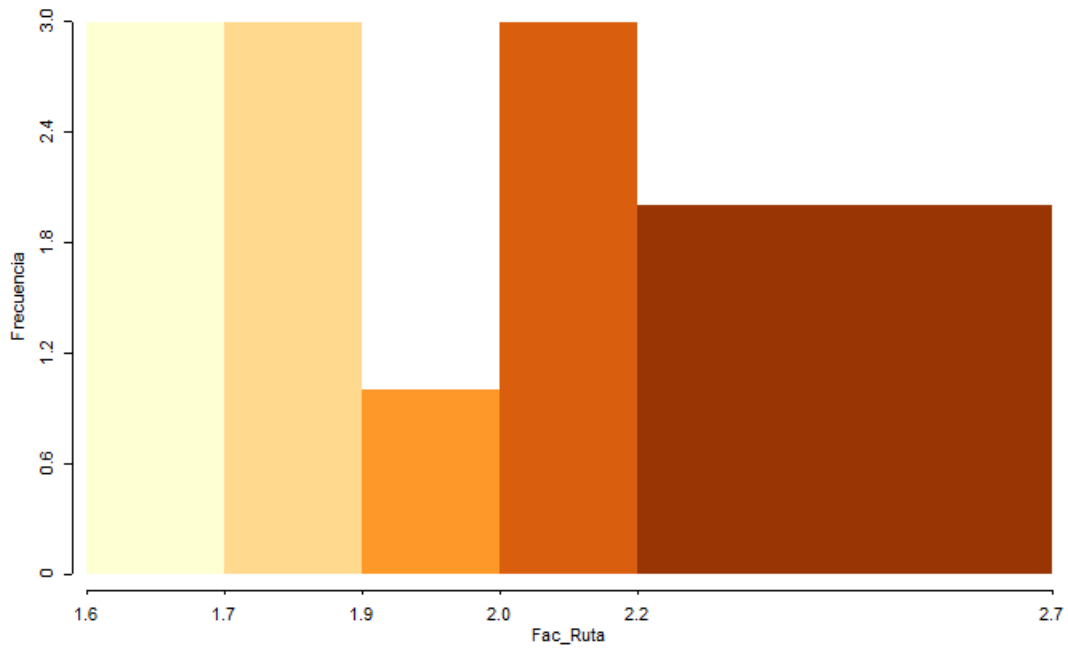
Para determinar el primer indicador, se calcularon las distancias en línea recta desde los centroides de las comunas (origen) hasta los centros médicos (destinos) obteniendo como resultado que la distancia máxima se encuentra entre el centroide de la Comuna 5 y la Clínica

Hispanoamérica con una distancia de 4,731497 kilómetros, y la distancia mínima en línea recta esta entre la Comuna 5 y El Centro Hospital La Rosa con una distancia de 0,323482 km en promedio los centroides de las comunas distan en 2,390686 km de los nodos médicos objetos de estudio. En cuanto a la distancia por la red vial, se encontró que la mayor distancia en trayecto se encuentra entre la comuna 5 y la Clínica Hispanoamérica con 2,390686 km, la distancia mínima fue de 0,60759 entre la comuna 1 y el Centro médico Valle de Atriz, la distancia promedio fue de 3,889632 con una desviación estándar de 1,654637.

Con la matriz de distancia euclidiana y la distancia por la red se determinó el índice de factor de ruta empleando la ecuación 2. obteniendo los siguientes resultados

**Figura 5**

*Gráfico de frecuencias de índice de factor de ruta por comuna. Fuente: Elaboración propia*

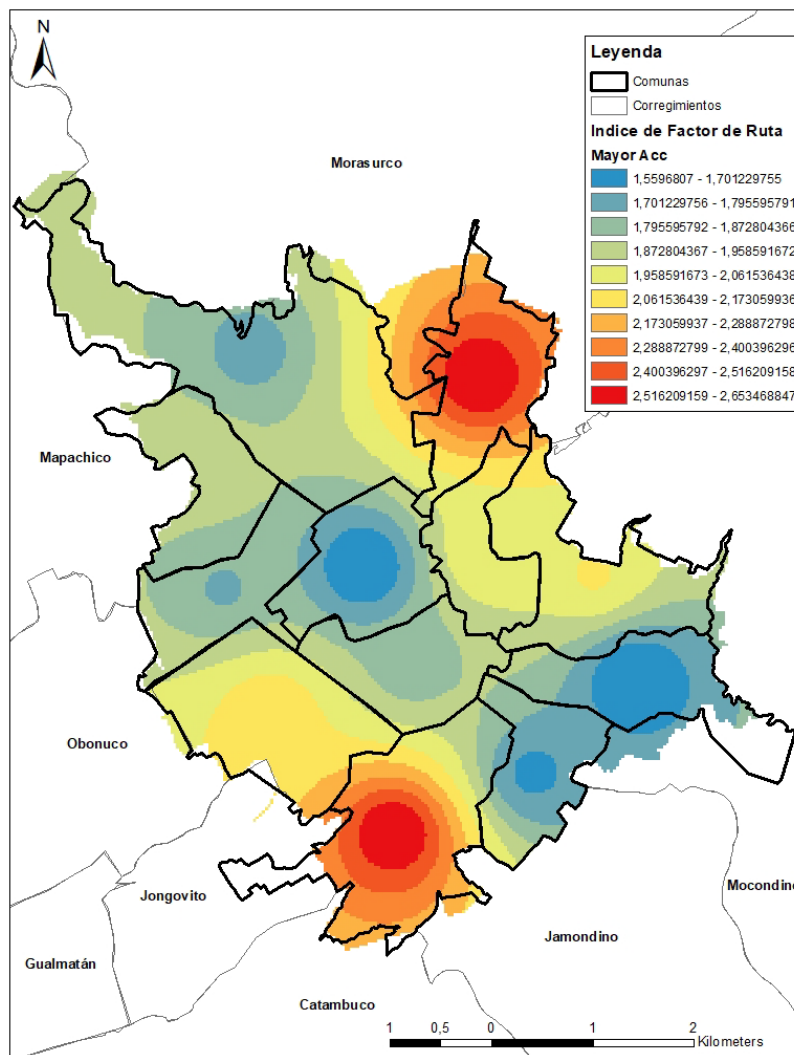


*Nota:* en la imagen anterior se presente la frecuencia acumulada de acuerdo con el valor del índice de factor de ruta

Una vez calculado el índice de factor de ruta se pudo determinar que el valor máximo de este indicador es de 2,65356, un valor mínimo de 1,55936, un promedio de 1,97204 con una desviación estándar de 0.369659.

### Figura 6

*Mapa de Índice Factor Ruta. Fuente: Elaboración propia.*



---

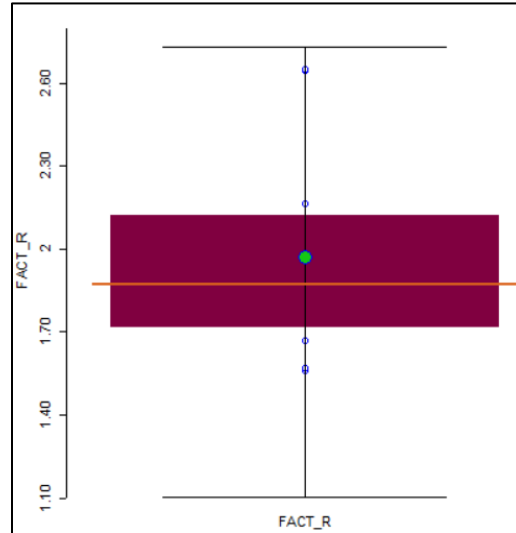
*Nota:* se presenta la superficie de interpolación generada a partir de los valores del índice de factor de ruta y relacionados mediante el método IDW

De acuerdo al ráster de los valores del índice de factor de ruta, se puede determinar que la accesibilidad determinada por este índice muestra que existe una baja accesibilidad en la zona noroccidente y sur de la ciudad, esto indicaría que los desplazamientos por las vías que debe realizar la población objeto de estudio son mayores a consecuencia de la tortuosidad de las vías, sumado a que las vías en esta ciudad en su mayoría son de un solo destino, aumentando los valores del costo de desplazamiento entre dos puntos.

Por otra parte, se puede observar en el mapa obtenido unos mejores valores del índice de factor en la zona centro y norte de la ciudad, esto se debe a que el mayor número de centros médicos se encuentran en esta zona, que sumado a las vías en esta zona tiene la particularidad de ser de doble sentido, hecho que disminuye el costo de desplazamiento.

### **Figura 7**

*Diagrama de cajas y bigotes del índice de factor de ruta. Fuente: Elaboración propia*

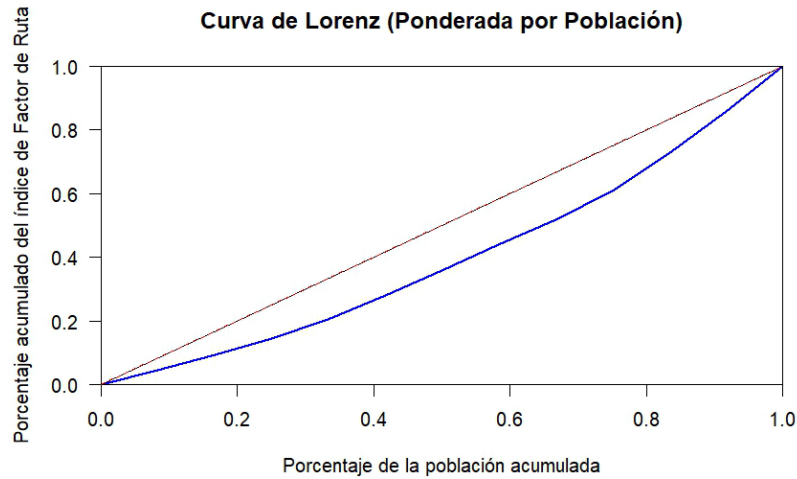


*Nota:* Se presente el diagrama de cajas, realizado a partir de los datos de los resultados del índice de factor de ruta

De acuerdo con el diagrama de cajas (Figura 7) se observa que este presenta un dato atípico, valor que corresponde a la comuna 10 y 5, valores que al ser comparados con el resultado del raster IDW el análisis resulta coincidente.

### Figura 8

*Curva de Lorenz para el índice de factor de ruta. Elaboración propia*



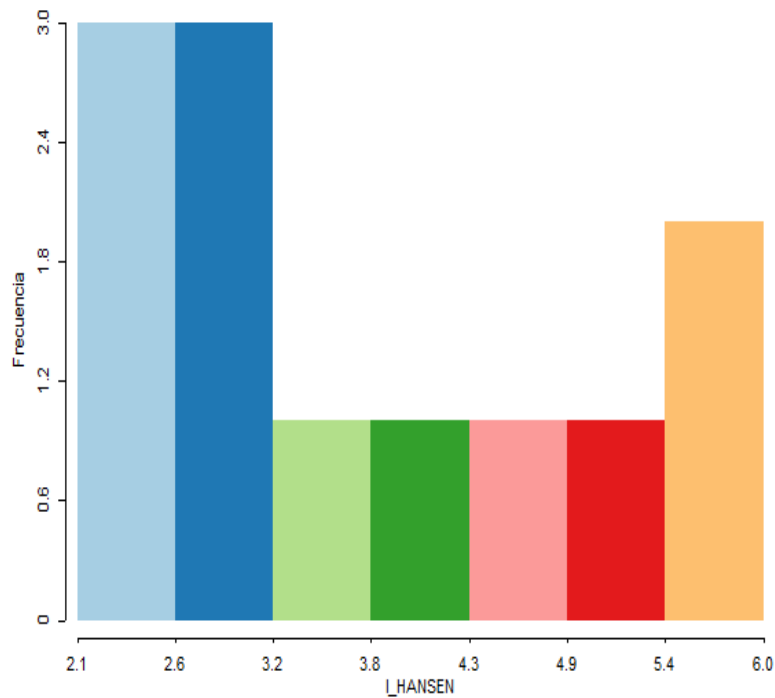
*Nota:* se presente la curva de Lorenz calculada a partir de los valores del índice de factor de ruta

Índice de Gini (ponderado) para el factor de ruta: 0.2046393

Empleando la ecuación 3 y mediante el uso de software Rstudio se obtuvo un valor de Gini de 0,20466393, esto indica que la distribución de la accesibilidad espacial a servicios ginecológicos en la ciudad de Pasto es moderada, hecho que sugiere que la mayoría de la población tiene un buen acceso a este tipo de servicios. Sin embargo, al momento de contrarrestar este valor con los valores del índice de factor de ruta se observa que son valores similares entre sí, pero distantes de cero es decir una accesibilidad baja, por consiguiente, la equidad es buena pero la accesibilidad baja.

### Figura 9

Gráfico de frecuencias de índice de Hansen. Fuente: Elaboración propia

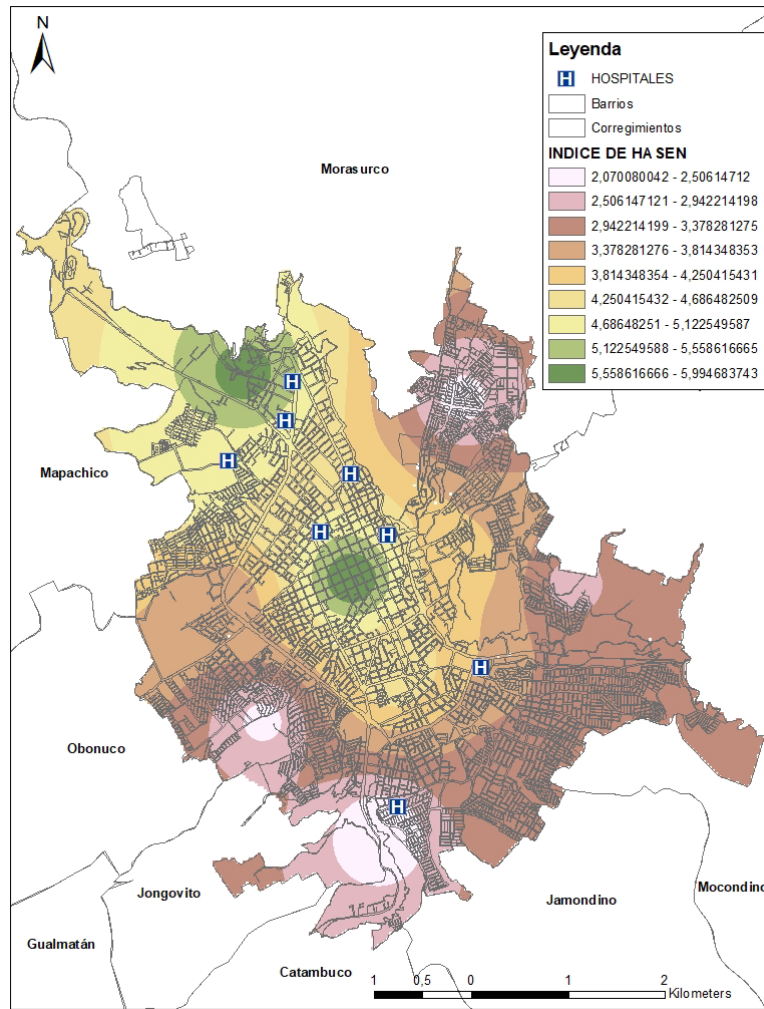


*Nota:* en la imagen anterior se presente la frecuencia acumulada de acuerdo con el valor del índice de Hansen

El mapa presentado permite analizar la distribución espacial del Índice de Hansen en la cabecera municipal de San Juan de Pasto, evidenciando las diferencias en accesibilidad geográfica a los servicios gineco-obstétricos proporcionados por los ocho hospitales priorizados. Este índice, calculado con base en la proximidad a los centros de salud y su capacidad para atender a la población, ofrece una visión clara de las zonas con mejor y peor acceso, facilitando la identificación de áreas que requieren intervención.

### **Figura 10**

*Mapa de Índice Hanssen. Fuente: Elaboración propia*



*Nota:* Se presenta la superficie de interpolación generada a partir de los valores del índice de Hansen y relacionados mediante el método IDW

El análisis del mapa muestra una clara ventaja en las comunas centrales, donde la accesibilidad es significativamente mejor. Estas áreas, representadas en tonalidades verdes y amarillas, presentando valores del índice de Hansen más altos, lo que refleja la cercanía a los hospitales y una red vial densa que facilita el desplazamiento. Comunas como las ubicadas en sectores de Mapachico y Morasurco se benefician de esta situación, ya que cuentan con infraestructura vial más consolidada y hospitales como el Hospital Universitario Departamental

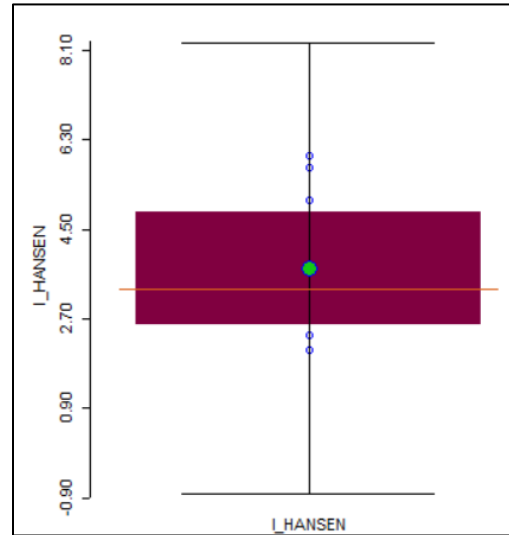
de Nariño y la Clínica Hispanoamericana. Esto no solo garantiza una cobertura adecuada sino también tiempos de respuesta eficientes para la atención de emergencias.

Por el contrario, las zonas periféricas, como las comunas situadas en los sectores de Catambuco, Jamondino y Jongovito, presentan índices más bajos, representados en tonos rosados y rojos oscuros. Estas áreas se caracterizan por una menor conectividad vial, mayores distancias a los hospitales y, en muchos casos, una menor densidad poblacional que las hace menos prioritarias para la ubicación de nuevos servicios de salud. Esto genera una clara disparidad en el acceso, dejando a estas comunidades en desventaja frente a las más céntricas.

La ubicación estratégica de los hospitales priorizados también influye en los resultados observados. Aunque los ocho centros de salud están distribuidos en diferentes sectores de la ciudad, la mayoría se encuentra concentrada en el área central, lo que favorece a las comunas más cercanas. Sin embargo, esta distribución deja en evidencia la necesidad de mejorar las condiciones de accesibilidad para las comunas más alejadas.

## **Figura 11**

*Diagrama de Índice de Hanssen. Fuente: Elaboración propia*



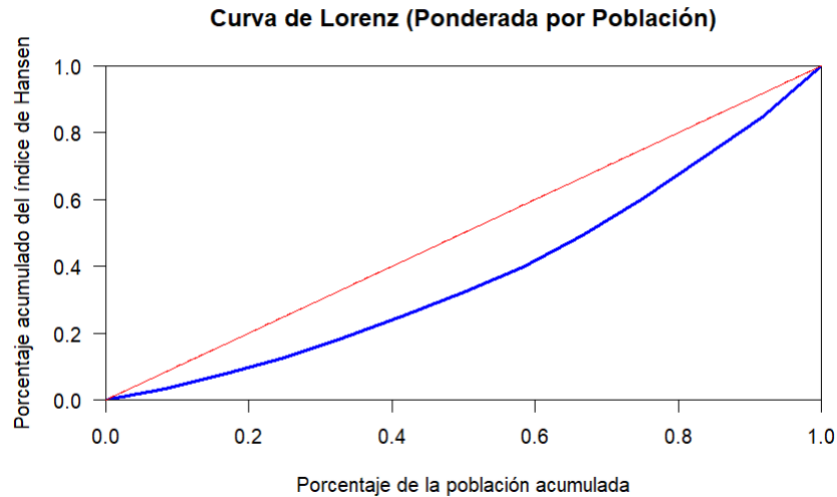
*Nota:* Se presente el diagrama de cajas, realizado a partir de los datos de los resultados del índice de Hansen

El diagrama de caja proporciona una visión estadística detallada, mostrando que el índice varía entre un mínimo de 2.0694 y un máximo de 5.9958, lo que evidencia disparidades significativas en la accesibilidad entre las comunas. La mediana, ubicada en 3.2824, indica un acceso moderado para la mayoría de la población, mientras que el rango Inter cuartil (IQR) entre 2.5802 y 4.8527 refleja una amplia heterogeneidad en la distribución de servicios.

La presencia de valores atípicos fuera de los bigotes del diagrama destaca comunas con accesibilidad extremadamente alta o baja, lo que podría estar relacionado con factores como la ubicación geográfica, la densidad poblacional o la infraestructura vial. Por otro lado, el promedio del índice (3.7166) y su desviación estándar (1.3512) refuerzan la idea de una distribución desigual, con variaciones notables entre las comunas.

## Figura 12

*Curva de Lorenz para el índice de Hanssen. Elaboración propia*



*Nota:* Se presenta la curva de Lorenz calculada a partir de los valores del índice de Hansen obteniendo como resultado un coeficiente de Gini de: 0.2401359

La curva de Lorenz, ponderada por población femenina en edad fértil, profundiza en esta inequidad al mostrar una desviación significativa de la línea de igualdad perfecta. Esta brecha es más pronunciada en el segmento inicial de la población (0-20%), lo que indica que una proporción considerable de mujeres enfrenta mayores barreras para acceder a los servicios gineco-obstétricos. Las comunas con mayor población parecen concentrar los mejores índices de accesibilidad, mientras que las de menor población están en desventaja, lo que refleja una distribución inequitativa de los recursos.

Estos hallazgos ponen de manifiesto que las comunas con los valores más bajos del Índice de Hansen probablemente enfrentan barreras geográficas o de infraestructura significativas, como vías de difícil acceso o una baja densidad de centros de salud. En contraste, las comunas con índices más altos podrían beneficiarse de una mejor conectividad vial o una mayor cercanía a los centros médicos de referencia.

## 8. Conclusiones

Accesibilidad a la red de salud en San Juan de Pasto: La investigación reveló que existen barreras geográficas significativas en el acceso a los servicios gineco-obstétricos en San Juan de Pasto, especialmente para las mujeres que residen en comunas periféricas de la ciudad. La concentración de estos servicios en áreas urbanas genera una desigualdad en la atención, afectando a las poblaciones más vulnerables y aumentando los tiempos de respuesta en situaciones de emergencia.

Los indicadores de accesibilidad permiten analizar de manera global las dinámicas internas de centros poblados, considerando factores socioeconómicos, que combinados con herramientas de análisis espacial permiten generar datos con el valor agregado de la posición geográfica. Estos resultados pueden emplearse como punto de partida para el desarrollo territorial, vial y construcción de nuevos centros médicos, ya que como se observó en el desarrollo del presente documento, existe una relación estrecha entre los factores anteriormente mencionados, mismos que contribuyen al mejoramiento de calidad de vida y disminución de la tasa de mortalidad al momento del parto.

El desarrollo de la metodología propuesta en la presente investigación mostró resultados cuantitativos y cualitativos significativos mediante el uso de índice de Factor de ruta, Hansen y Gini. Los cuales contemplaron variables como la distancia euclidiana, distancia por ruta, factor de atracción, permitiendo darles alcance a los objetivos planteados. Con base en lo anterior se determinó que las zonas centrales de la ciudad cuentan con una mejor accesibilidad, mientras que en los sectores periféricos la población se ve forzada a afrontar mayores tiempos de desplazamiento en casos de emergencias ginecológicas.

## 9. Recomendaciones

- **Ampliación de la Red de Servicios:** Se recomienda la creación de centros de atención gineco-obstétrica en zonas de difícil acceso, para reducir los tiempos de traslado y mejorar la disponibilidad de servicios en estas áreas.
- **Mejoras en el Transporte Público y en Infraestructura Vial:** Aumentar la disponibilidad de transporte público y mejorar la infraestructura vial en las áreas rurales permitiría un acceso más rápido y seguro a los centros de salud, especialmente en casos de emergencias obstétricas.
- **Subsidios y apoyo para la población de bajos ingresos:** Implementar subsidios de transporte o asistencia financiera para mujeres de bajos ingresos que deban desplazarse a centros de atención. Esta medida podría reducir el impacto de las barreras económicas en el acceso a la salud.
- **Implementación de herramientas SIG en la planificación de salud pública:** Se recomienda que las instituciones de salud adopten el uso de SIG para identificar las áreas de mayor necesidad y priorizar la inversión en infraestructura y personal médico. Esta herramienta puede mejorar la toma de decisiones y garantizar una distribución más equitativa de los servicios de salud.
- **Sensibilización y capacitación a las comunidades:** Llevar a cabo campañas de sensibilización sobre la importancia de la atención gineco-obstétrica y sobre las opciones

de transporte y apoyo disponibles. Esto podría ayudar a las comunidades rurales a aprovechar mejor los servicios ofrecidos y a buscar atención oportuna.

- Incorporación de accesibilidad en los POT: Los planes de ordenamiento territorial (POT), en el sector salud, deben priorizar la planificación estratégica para garantizar que los servicios de salud, especialmente aquellos relacionados con la atención gineco-obstétrica, sean accesibles para toda la población, incluidas las madres gestantes en zonas rurales y periféricas. Esto incluye la creación de proyectos para la construcción de centros de salud intermedios en áreas estratégicas con déficit de cobertura y la integración de políticas de transporte público que reduzcan los tiempos de traslado hacia los hospitales y clínicas de mayor complejidad.

Además, los POT deben fomentar la identificación de territorios vulnerables y proponer soluciones como la implementación de unidades móviles de atención, telemedicina y subsidios para transporte en casos de emergencias obstétricas. Estas estrategias no solo mejoran la accesibilidad física y geográfica, sino que también fortalecen el enfoque territorial en la prestación de servicios de salud, contribuyendo a la equidad y al bienestar de las comunidades más alejadas o marginadas.

- Se recomienda en estudios futuros emplear variables socioeconómicas adicionales como ingresos, nivel educativo, enfermedades de base, cantidad de partos y adicionalmente aumentar el detalle a nivel de barrio o manzana para tener una mejor comprensión de las dinámicas internas de la población desde un punto de vista más detallado.

## 10. Referencias

- Alcaldía de Pasto, 2020. <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/informacion-general>
- Amiri, I. S., Akanbi, O. A., & Fazeldehkordi, E. (2014). *A machine-learning approach to phishing detection and defense*. Syngress.
- Barrios, J. E. (2022). *Evaluación De La Accesibilidad Geográfica A Los Servicios De Atención Médica De La Capital Del Departamento De Quindío Y Confrontar Con Las Condiciones De Las Zonas Conurbadas De Manizales - Villamaría Y El Amco: Enfoque En La Equidad Geoespacial Según El Nivel De Atención* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Bolstad, P. (2005) *GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition*. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.
- BTS (1997), *Special Issue on Methodological Issues in Accessibility: Journal of Transportation and Statistics*, Vol. 4, No. 2/3, Bureau of Transportation Statistics ([www.bts.gov](http://www.bts.gov))
- Carvajal, L., & Barriga, D. (2019). "Acceso a servicios ginecológicos en zonas rurales de Colombia." *Revista Salud Pública*, 21(3), 345-359.
- Chen, B. Y., Cheng, X. P., Kwan, M., & Schwanen, T. (2020). Evaluating spatial accessibility to healthcare services under travel time uncertainty: A reliability-based floating catchment area approach. *Journal Of Transport Geography*, 87, 102794.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102794>

COGME, (2000). Update on the Physician Workforce Resource Paper Compendium, Council on Graduate Medical Education, US Department of Health and Human Services, Health Resources and Services Administration, Washington, DC.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research Methods in Education*.

<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781315456539/research-methods-education-lawrence-manion-louis-cohen-keith-morrison>

Creswell, J. (2009). *Research designs. Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications Ltd.

[https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_609332/objava\\_105202/fajlovi/Creswell.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf)

Delamater, P. L. (2013). Spatial accessibility in suboptimal supply systems: A modified two-step floating catchment area (M2SFCA) metric. *Health & Place, 24*, 30–43.

<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.07.012>

Delamater, P. L., Shortridge, A., & Kilcoyne, R. C. (2019). Using floating catchment area (FCA) metrics to predict health care utilization patterns. *BMC Health Services Research*

(Online), 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-019-3969-5>

Geurs, K., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal Of Transport Geography, 12*(2), 127-140.

<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>

Guagliardo, M. F. (2004). Spatial Accessibility of Primary Care: Concepts, Methods and Challenges. *International Journal of Health Geographics, 3*(1), 3.

- Kanuganti, S., Sarkar, A., & Singh, A. P. (2016). Quantifying Accessibility to Health Care Using Two-step Floating Catchment Area Method (2SFCA): A Case Study in Rajasthan. *Transportation Research Procedia*, 17, 391-399.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.080>
- Kanugantia, D. (2016). Spatial Accessibility to Healthcare in Rural Areas: A Case Study of Alwar District, Rajasthan. *International Journal of Geographic Information Science*.
- Linares, S. (2008). “Análisis de la Accesibilidad Diferencial a equipamientos Colectivos mediante SIG. El caso de la Ciudad de Tandil”. En X Jornadas Cuyanas de Geografía. Universidad de Cuyo. Mendoza.
- López, R., & Rueda, A. (2018). Accesibilidad geográfica a servicios de salud: una revisión conceptual. *Revista Salud Pública*, 20(3), 321-333.
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. *Environment & Planning. B, Planning & Design (Print)*, 30(6), 865-884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- Luo, W., & Wang, F. (2003a). Spatial Accessibility to Primary Care and Physician Shortage Area Designation. En *IGI Global eBooks* (pp. 261-279). <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-042-4.ch015>
- McGrail, M. R., & Humphreys, J. S. (2009). The Index of Rural Access: An Innovative Integrated Approach for Measuring Primary Care Access. *Australian Journal of Rural Health*, 17(5), 259-267.

McKenzie, H. (2023). *Spatial interpolation: which technique is best & how to run it.*

<https://carto.com/blog/spatial-interpolation-techniques-tutorial>

Ministerio de Salud y Protección Social y Fondo de Población de las Naciones Unidas

(UNFRA). (2014). *Modelo de seguridad para la atención de la emergencia obstétrica en instituciones de salud.* Bogotá D.C: Ministerio de Salud y Protección Social. Obtenido de

<https://drive.google.com/drive/folders/1mrO4DH4gbfTmqLO9jEdVQu3jM49NQm1S>

Organización Mundial de la Salud (2020). Global Report on Maternal Mortality.

Penchansky, R., & Thomas, J. W. (1981). The Concept of Access: Definition and Relationship to Consumer Satisfaction. *Medical Care*, 19(2), 127-140.

Radke, J., & Mu, L. (2000). Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. *Annals Of GIS*, 6(2), 105-112.

<https://doi.org/10.1080/10824000009480538>

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014).

Metodología de la investigación.

Sánchez-Torres, D. (2015). Accesibilidad a los servicios de salud: debate teórico sobre determinantes e implicaciones en la política pública de salud. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 82-89.

Sánchez-Torres, F. (2015). "Modelos espaciales para la evaluación de accesibilidad geográfica en salud." *Revista Geográfica Colombiana*, 14(2), 23-40.

- Semanjski, I. (2022). *Smart Urban Mobility: Transport Planning in the Age of Big Data and Digital Twins*. Elsevier.
- Terán, M. (2017). *Accesibilidad espacial en la planificación de servicios de salud*. Quito: Editorial Universitaria.
- Terán-Hernández, M. (2017). Accesibilidad espacial de los servicios de prevención y control del cáncer-cervicouterino en San Luis Potosí. *Investigaciones geográficas*, (94), 0-0.
- Villanueva, A. (2010). Accesibilidad geográfica a los sistemas de salud y educación. Análisis espacial de las localidades de Necochea y Quequén. *Revista Transporte y Territorio*, N° 2, Universidad de Buenos Aires. pp. 136-157.
- Wang, F., & Luo, W. (2005). Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: Towards an integrated approach to defining health professional shortage areas. *Health & Place*, 11(2), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.02.003>
- WHO (2015). *Trends in Maternal Mortality: 1990 to 2015*. Geneva: World Health Organization.

**A. Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido**

**B. Anexo: Nombrar el anexo B de acuerdo con su contenido**

