

**Evaluación de la infraestructura peatonal en las rutas de acceso al Hospital
Internacional de Colombia y a la Clínica Foscal Internacional, mediante variables de
eficiencia y confort**

Jorge Iván Ospino Mercado

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director

D.I Sandra Marcela Duran Rojas

Ms. Ergonomía

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Civil

2026

Agradecimientos

Hay logros que llevan un nombre propio, pero en el fondo están escritos con muchas manos, muchas voces y muchas enseñanzas. Este trabajo de grado no es la excepción.

A mi mamá y a mi papá, por ser origen, guía y ejemplo. Por enseñarme, incluso en silencio, el valor del esfuerzo, la constancia y la dignidad. Todo lo que soy y lo que estoy construyendo lleva algo de ustedes, de su forma de ver la vida y de sostenerla con carácter.

A mis hermanos, por ser compañía en el camino, por las lecciones compartidas, por los momentos que, sin saberlo, también formaron parte de este proceso. Crecer a su lado ha sido también una forma de aprender.

A mis amigos y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, dejaron una enseñanza en mí. A quienes aportaron una palabra, un consejo, una crítica o simplemente su presencia en el momento justo. Cada encuentro suma, cada historia deja huella.

A mi directora de grado, Sandra Marcela Durán, por sus instrucciones, su criterio firme y su apoyo constante en cada etapa de este proyecto. Su acompañamiento fue importante para dar orden y dirección a este trabajo.

Y finalmente, a la vida misma, por poner en mi camino cada aprendizaje necesario para llegar hasta aquí.

Este logro no es solo un punto de llegada, es también un reflejo de todo lo vivido, aprendido y compartido.

Contenido

Introducción	12
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos	18
<i>1.3.1 Objetivo general</i>	<i>18</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	<i>18</i>
2. Marco referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Marco teórico	21
<i>2.2.1 Movilidad urbana</i>	<i>21</i>
<i>2.2.2 Accesibilidad a servicios de salud.....</i>	<i>24</i>
<i>2.2.3 Nivel de Servicio Peatonal</i>	<i>26</i>
<i>2.2.4 Confort y seguridad peatonal.....</i>	<i>30</i>
2.3 Marco contextual.....	33
<i>2.3.1 Contexto urbano: Bucaramanga como nodo urbano</i>	<i>33</i>
<i>2.3.2 Contexto urbano: movilidad urbana en el AMB</i>	<i>36</i>
<i>2.3.3 Contexto sectorial de los centros hospitalarios objeto de estudio: entorno hospitalario</i> <i>Hospital Internacional de Colombia (HIC) – Clínica Foscal Internacional</i>	<i>38</i>
<i>2.3.4 Contexto funcional: importancia del acceso hospitalario</i>	<i>42</i>
2.4 Marco normativo	43
3. Método	45
3.1 Fases metodológicas.....	47

3.1.1	<i>Fase 1: recolección de datos de campo</i>	47
3.1.2	<i>Fase 2: Aplicación de la Metodología HCM 2010</i>	49
3.1.3	<i>Fase 3: Aplicación de la Metodología de Sarkar</i>	51
3.1.4	<i>Fase 4: Análisis Comparativo</i>	53
3.2	Desarrollo.....	55
3.2.1	<i>Caracterización del área de estudio</i>	55
3.2.2	<i>Toma de datos</i>	62
3.3	Procesamiento y análisis de datos.....	69
3.3.1	<i>Procesamiento de datos obtenidos por la metodología HCM</i>	69
3.3.2	<i>Procesamiento de datos para la metodología de Sarkar</i>	71
3.3.3	<i>Escala híbrida para la determinación de nivel de servicio peatonal. Fusión de criterios cuantitativos (HCM 2010) y cualitativos (Sarkar)</i>	72
4.	Resultados.....	80
4.1	Resultados y análisis de la Zona 5 — FOSCAL Internacional.....	80
4.1.1	<i>Eficiencia operativa (método HCM 2010)</i>	80
4.1.2	<i>Confort y seguridad (método Sarkar)</i>	82
4.1.3	<i>Evaluación mixta (matriz HCM × Sarkar)</i>	83
4.2	Resultados y análisis de la Zona 7 — HIC.....	84
4.2.1	<i>Eficiencia operativa (método HCM 2010)</i>	84
4.2.2	<i>Confort y seguridad (método Sarkar)</i>	85
4.2.3	<i>Evaluación mixta (matriz HCM × Sarkar)</i>	85
4.3	Síntesis comparativa entre zonas.....	86
4.3.1	<i>Comparación de densidad y espacio peatonal</i>	86

4.3.2 Matriz combinada de ambas zonas	89
4.3.3 Registro fotográfico del estado físico	90
5. Discusión y conclusiones	94
Referencias.....	96

Lista de tablas

Tabla 1. Nivel de Servicio Peatonal según el HCM 2010 (Densidad).....	28
Tabla 2. Clasificación de nivel de servicio según la metodología de Sarkar	31
Tabla 3. Clasificación de nivel de servicio según la metodología de Sarkar	32
Tabla 4. Factores de calidad para nivel de servicio en la zona 5 FOSCAL.....	82
Tabla 5. Resumen resultados individuales Sarkar zona 5 FOSCAL.....	83
Tabla 6. Resumen resultados individuales HCM y Sarkar zona 5 FOSCAL	83
Tabla 7. Factores de calidad para nivel de servicio en la zona 7 HIC	85
Tabla 8. Resumen resultados individuales Sarkar zona 7 HIC.....	85
Tabla 9. Resumen resultados individuales HCM y Sarkar zona 7 HIC.....	86
Tabla 10. Resumen resultados matriz combinada HCM y Sarkar zonas 5 FOSCAL y 7 HIC	90

Lista de figuras

Figura 1. <i>Libertad de desplazamiento peatonal según el espacio peatonal</i>	29
Figura 2. <i>Distribución espacial del Área Metropolitana de Bucaramanga.</i>	34
Figura 3. <i>Mapa de hospitales en el AMB</i>	36
Figura 4. <i>Sistema de transporte público del AMB y su relación con el acceso peatonal a los centros hospitalarios</i>	38
Figura 5. <i>Entorno urbano HIC</i>	39
Figura 6. <i>Entorno urbano FOSCAL</i>	41
Figura 7. <i>Accesibilidad peatonal hospitalaria</i>	43
Figura 8. <i>Estado físico de las rutas peatonales objeto de estudio</i>	48
Figura 9. <i>Condiciones de la infraestructura peatonal en distintos tramos</i>	50
Figura 10. <i>Grado de confort y seguridad de acuerdo con el entorno de las rutas peatonales.</i> ..	52
Figura 11. <i>Estado general de las rutas peatonales para su evaluación integral</i>	54
Figura 12. <i>Esquema de etapas de desarrollo del proyecto</i>	54
Figura 13. <i>Ubicación geográfica de las zonas de estudio.</i>	57
Figura 14. <i>Zona 5 de estudio FOSCAL Internacional</i>	59
Figura 15. <i>Zona 7 de estudio Hospital Internacional de Colombia (HIC)</i>	59
Figura 16. <i>Toma de medidas para la definición de tramos peatonales.</i>	61
Figura 17. <i>Puntos de observación para la toma de datos.</i>	64
Figura 18. <i>Ficha para la recolección de datos atributos físicos.</i>	66
Figura 19. <i>Ficha para la recolección de datos atributos físicos.</i>	66
Figura 20. <i>Ficha de toma de datos de tiempo de caminata in situ</i>	67
Figura 21. <i>Ficha para la toma de datos de aforo peatonal in situ</i>	68

Figura 22. <i>Formato para la toma de datos de caminata</i>	68
Figura 23. <i>Ficha toma de datos de aforo</i>	69
Figura 24. <i>Hoja de cálculo para la toma de datos de volumen y densidad peatonal según HCM</i>	70
Figura 25. <i>Matriz de evaluación mixta HCM-Sarkar.</i>	73
Figura 26. <i>Comparación Densidad Peatonal Zonas 5 y 7.....</i>	87
Figura 27. <i>Comparación Densidad Peatonal Zonas 5 y 7.....</i>	88
Figura 28. <i>Resultado de evaluación del estado físico de la infraestructura peatonal.....</i>	91
Figura 29. <i>Resultado de condiciones de confort y seguridad en las rutas peatonales.</i>	93

Resumen

El presente proyecto de investigación analizó la funcionalidad de la infraestructura peatonal en las rutas de acceso al Hospital Internacional de Colombia y clínica Foscal Internacional en el municipio de Floridablanca, contemplando la eficiencia del nivel de servicio, condiciones de confort y seguridad asociadas al desplazamiento peatonal. Se planteó la aplicación metodológica del Highway Capacity Manual (HCM) para medir el nivel de eficiencia del flujo peatonal bajo factores principalmente cuantitativos, junto con el enfoque de Sheila Sarkar, que evalúa el desempeño del confort y la seguridad contemplando parámetros predominantemente cualitativos. Esta elección metodológica surge como respuesta a la preocupación por los problemas en las rutas de ingreso prioritarias a estas zonas de alta concurrencia, que, si bien deben garantizar un acceso inclusivo, especialmente a poblaciones vulnerables como adultos mayores, personas con discapacidad y mujeres embarazadas, carecen de condiciones adecuadas que permitan la circulación inclusiva para peatones. Como resultado, se obtuvo una evaluación general de niveles de servicio E y F en la zona de estudio según el HCM 2010, lo que indica condiciones de congestión y flujo peatonal inestable o crítico. En contraste, bajo los criterios de Sarkar, los resultados fluctuaron entre buenos y aceptables, reflejando una percepción de confort moderada por parte de los usuarios. Estos hallazgos evidencian la necesidad de intervenir prioritariamente los componentes físicos de la infraestructura peatonal en rutas, a fin de mejorar tanto la eficiencia operativa como la experiencia de desplazamiento de los usuarios.

Palabras clave: infraestructura peatonal, movilidad inclusiva, flujo peatonal.

Abstract

This research project was conducted to evaluate the functionality of pedestrian infrastructure along the access routes to the International Hospital of Colombia and the International Foscal Clinic in the municipality of Floridablanca, considering the efficiency of the level of service, as well as the comfort and safety conditions associated with pedestrian movement. The methodological approach included the application of the Highway Capacity Manual (HCM) to measure the efficiency level of pedestrian flow based primarily on quantitative factors, along with Soma Sarkar's approach to assess comfort and safety performance under predominantly qualitative parameters. This methodological selection arose as a response to concerns regarding deficiencies in the main access routes to these high-traffic areas, which, although intended to guarantee inclusive access—especially for vulnerable populations such as older adults, people with disabilities, and pregnant women—lack adequate conditions to ensure inclusive pedestrian mobility. The results indicated an overall level of Service E and F according to the HCM methodology, whereas under Sarkar's criteria, the performance was rated between good and acceptable. These findings highlight the importance of intervening in these routes to ensure safe and comprehensive accessibility, prioritizing the physical components of pedestrian infrastructure to comply with appropriate standards for optimal pedestrian mobility. [1, 2].

Keywords: pedestrian infrastructure, inclusive mobility, pedestrian flow.

Glosario

Accesibilidad: facilidad con la que todas las personas, incluidas aquellas con discapacidad, pueden desplazarse en un entorno.

Aforo peatonal: conteo del número de peatones que transitan por un punto específico en un tiempo determinado.

Análisis espacial: evaluación de datos georreferenciados para entender patrones de movilidad y distribución en un área determinada.

Capacidad peatonal: cantidad máxima de peatones que una infraestructura puede soportar sin afectar la comodidad y seguridad.

Confort peatonal: sensación de bienestar y comodidad percibida por los peatones al transitar por un entorno urbano.

Densidad peatonal: número de peatones por metro cuadrado en una vía o andén en un momento específico.

Desplazamiento peatonal: movimiento de las personas a pie en espacios urbanos, influenciado por infraestructura y condiciones del entorno.

Entorno construido: infraestructura y elementos físicos que conforman un espacio urbano y afectan la movilidad de los peatones.

Flujo peatonal: cantidad de peatones que circulan en un determinado tiempo y espacio.

Georreferenciación: proceso de asignar coordenadas espaciales a datos para su análisis en mapas digitales.

Infraestructura peatonal: conjunto de elementos diseñados para la circulación segura de los peatones, como andenes, cruces y rampas.

Movilidad sostenible: estrategia de planificación urbana que fomenta el uso de medios de transporte eficientes y ecológicos, como caminar.

Obstáculo urbano: elemento físico que dificulta o impide el tránsito peatonal, como postes, vehículos estacionados o mobiliario mal ubicado.

Peatón: persona que va a pie por una vía de circulación.

Velocidad peatonal: ritmo promedio de desplazamiento de los peatones en una determinada infraestructura.

Introducción

El acceso seguro y eficiente a los centros hospitalarios constituye una prioridad esencial para cualquier comunidad, con especial relevancia para grupos vulnerables como personas con discapacidad, adultos mayores y mujeres embarazadas. La calidad de la infraestructura peatonal en el entorno inmediato a estos equipamientos determina, en gran medida, la posibilidad real de que los usuarios accedan oportunamente a los servicios de salud, lo que convierte la evaluación de dicha infraestructura en un asunto de interés tanto técnico como social.

La movilidad peatonal en el entorno urbano no solo es un indicador de la calidad de vida, sino también un factor determinante en la garantía del derecho fundamental a la salud. Bajo esta perspectiva, y entendiendo la accesibilidad urbana como la capacidad y facilidad con la que cualquier persona puede desplazarse por la ciudad, utilizar sus espacios públicos y alcanzar los servicios, empleos u oportunidades que ofrece el entorno construido.

En este contexto, el acceso a centros hospitalarios en entornos urbanos se ve condicionado por la articulación entre los sistemas de transporte público y las condiciones de la infraestructura peatonal que permiten completar el desplazamiento hasta el ingreso de estas instalaciones. Para muchos usuarios, especialmente en áreas de gran extensión o metropolitanas, el viaje no termina al descender del medio de transporte público, por el contrario, debe recorrer un segmento peatonal extra. Es en este último tramo que las características físicas de la infraestructura, tales como el ancho efectivo del andén, continuidad del recorrido y ausencia de obstáculos, son los que definen la calidad física y seguridad de la movilidad peatonal, impactando sobre la accesibilidad peatonal a los centros hospitalarios [3, 4].

Bajo este orden de ideas, el acceso peatonal a los servicios de salud se convierte en un componente crítico en entornos urbanos con alta demanda de desplazamiento hacia centros hospitalarios, donde la calidad de las rutas de acceso incide directamente en la oportunidad y seguridad de la atención médica recibida. En el Área Metropolitana de Bucaramanga, la infraestructura peatonal en las inmediaciones de dos centros de salud de alta complejidad, el *Hospital Internacional de Colombia (HIC)* y la *Clínica FOSCAL Internacional*, enfrenta importantes desafíos para garantizar un tránsito seguro, eficiente y fluido de los usuarios.

Esta problemática se intensifica durante las horas pico, cuando el volumen peatonal supera la capacidad de las aceras y rutas de acceso, generando congestión y dificultando el desplazamiento seguro y continuo. La situación se ve agravada por la presencia de obstáculos físicos en el espacio peatonal —aceras en mal estado, ocupación por vendedores ambulantes y estacionamiento improvisado— que reducen el área efectiva disponible para la circulación y afectan de manera desproporcionada a los usuarios con movilidad reducida.

Estas deficiencias crean barreras adicionales que impactan de manera desproporcionada a los usuarios con movilidad reducida. En el contexto local, la necesidad de evaluar estas condiciones de forma rigurosa ha llevado al desarrollo de marcos de análisis especializados. Ejemplo de esto es el trabajo de grado realizado para la zona del Hospital Universitario de Santander (HUS), el cual se centró en la validación y aplicación de metodologías de evaluación de nivel de servicio peatonal y accesibilidad, aportando criterios técnicos para el estudio de este tipo de entornos hospitalarios [5].

Para evaluar el nivel de servicio de las infraestructuras peatonales, se emplean metodologías como el Highway Capacity Manual (HCM 2010), una herramienta técnica reconocida que permite medir la capacidad y eficiencia de las infraestructuras peatonales mediante

parámetros como la densidad del flujo, el espacio disponible por peatón y la velocidad de tránsito. Su aplicación en el presente estudio permite identificar puntos críticos de congestión y evaluar las condiciones actuales de las rutas en términos de su capacidad para manejar la demanda peatonal. Complementando este enfoque cuantitativo, la metodología de Sarkar introduce un análisis cualitativo centrado en la percepción de confort y satisfacción del usuario. Factores como la seguridad, la calidad del entorno, la presencia de obstáculos y la estética son clave en esta metodología, lo que resulta esencial en un contexto hospitalario, donde la experiencia del usuario puede influir significativamente en su acceso a los servicios médicos.

La aplicación conjunta de ambas metodologías permitió determinar que las rutas peatonales de acceso al HIC y a la Clínica FOSCAL Internacional operan en niveles de servicio bajos (E y F según el HCM 2010), próximos a la saturación y a la falla operativa, mientras que la percepción de confort se mantiene en rangos intermedios (B y C según la metodología de Sarkar). Este contraste constituye el principal hallazgo del estudio, al evidenciar que la deficiencia más crítica radica en las condiciones físicas de la infraestructura peatonal, las cuales demandan intervenciones prioritarias para garantizar un acceso seguro, eficiente y equitativo a los servicios de salud en el entorno hospitalario evaluado.

1. Evaluación de la infraestructura peatonal en las rutas de acceso al Hospital Internacional de Colombia y a la Clínica Foscal Internacional, mediante variables de eficiencia y confort.

1.1 Planteamiento del problema

El acceso seguro y eficiente a los centros hospitalarios es una prioridad esencial para cualquier comunidad, especialmente para personas con discapacidad, adultos mayores y mujeres embarazadas. En el Área Metropolitana de Bucaramanga, la infraestructura peatonal en las inmediaciones del Hospital Internacional de Colombia y la Clínica FOSCAL Internacional enfrenta importantes desafíos en cuanto a su funcionalidad que se intensifican durante las horas pico. En muchos casos el volumen de peatones supera la capacidad de las aceras y rutas peatonales, lo que provoca congestión y dificulta el tránsito seguro y fluido en estas zonas críticas.

Los obstáculos físicos, como aceras en mal estado, la presencia de vendedores ambulantes y estacionamientos improvisados, agravan la situación al crear barreras adicionales para los peatones. Estas deficiencias en la infraestructura no solo complican el acceso a los servicios hospitalarios, sino que impactan de manera más severa a los grupos vulnerables, que encuentran mayores dificultades para desplazarse de manera segura y cómoda [6].

Investigaciones previas han evidenciado problemas similares en la infraestructura peatonal de otras instalaciones de salud en el área metropolitana. Por ejemplo, un estudio titulado "Análisis de accesibilidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal próxima al Hospital Universitario de Santander (HUS), Bucaramanga, con la aplicación de una metodología basada en el confort" reveló que el 50% de la infraestructura peatonal evaluada no cumplía con los estándares adecuados de servicio y comodidad, exponiendo deficiencias críticas en la movilidad de los peatones. Esta

situación también se observa en los entornos del Hospital Internacional de Colombia y la Clínica FOSCAL Internacional, como se documenta en el "Estudio de Accesibilidad Peatonal Mediante Sistemas de Información Geográfica. Estado Actual en la Zona de Influencia de la Infraestructura Hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga", lo que subraya la persistencia y gravedad del problema en el área metropolitana [7].

La evaluación del nivel de servicio de la infraestructura peatonal en estas áreas es, por tanto, una necesidad para identificar y mitigar las deficiencias actuales. Dada la multiplicidad de factores que afectan la movilidad peatonal, es fundamental adoptar un enfoque integral que contemple tanto la eficiencia del tránsito peatonal como el confort de los usuarios. Para abordar estas interrogantes, se utilizaron dos metodologías complementarias: el Highway Capacity Manual (HCM 2010), enfocado en la evaluación de la eficiencia del flujo peatonal, y la metodología de Sarkar (2003), orientada a evaluar la calidad del servicio desde la perspectiva del confort del usuario. Este enfoque dual permite obtener una visión más completa de las condiciones de movilidad, identificando las barreras que limitan la accesibilidad y diseñando soluciones que respondan no solo a los estándares de tránsito, sino también a las necesidades de comodidad de los peatones, mejorando así la seguridad y el acceso a los servicios de salud en Bucaramanga [1, 2].

1.2 Justificación

La accesibilidad peatonal eficiente es fundamental para garantizar el derecho de la población en general a acceder a servicios de salud de manera segura y cómoda. La movilidad peatonal y la accesibilidad a los servicios de salud están estrechamente vinculadas: cuando la infraestructura peatonal no garantiza un tránsito adecuado, en especial para personas con

movilidad reducida, adultos mayores y mujeres embarazadas, se compromete la posibilidad de acceder oportunamente a citas médicas, urgencias o tratamientos continuos [8].

Evaluar el nivel de servicio peatonal en las áreas adyacentes a los centros hospitalarios es crucial porque una infraestructura peatonal deficiente no solo dificulta el desplazamiento, sino que también afecta la capacidad de los hospitales de brindar una atención médica eficaz. Las aceras congestionadas o en mal estado, sumadas a la presencia de obstáculos como vendedores ambulantes o estacionamientos ilegales, reducen la seguridad, el confort y la eficiencia del tránsito peatonal, lo cual es particularmente perjudicial en entornos hospitalarios donde el tiempo y el acceso rápido pueden ser decisivos para la salud de los pacientes.

La relevancia de este estudio radica en que las deficiencias de accesibilidad y movilidad peatonal trascienden el ámbito individual: afectan a toda la comunidad, incrementan los riesgos de accidentes en zonas de alta concurrencia y dificultan la logística de los centros hospitalarios, que requieren flujos continuos de pacientes, personal médico y visitantes. En contextos donde el tiempo de llegada puede ser crítico para la atención médica, garantizar rutas peatonales funcionales y seguras se convierte en una necesidad de primer orden.

En particular, este trabajo complementa y profundiza realizando la evaluación propuesta con la matriz combinada SARKAR-HCM en “El estado de la movilidad peatonal en zonas de influencia de la infraestructura hospitalaria del AMB, a partir del análisis de accesibilidad del entorno físico. Fase II”, realizando la evaluación propuesta, mediante la aplicación de metodologías cuantitativas (HCM 2010) y cualitativas (Sarkar) que permiten determinar el nivel de servicio peatonal en las rutas de acceso al HIC y la Foscal Internacional. Finalmente, los resultados obtenidos contribuyen a la consolidación de un diagnóstico integral sobre la movilidad peatonal hospitalaria en el AMB [9].

Mejorar la infraestructura peatonal permitirá asegurar que todas las personas, sin importar su condición física, puedan acceder de manera eficiente a los servicios médicos, promoviendo un entorno urbano más inclusivo y funcional. La evaluación del nivel de servicio peatonal con metodologías reconocidas, como el Highway Capacity Manual (HCM 2010) y la metodología de Sarkar, proporcionará los datos necesarios para entender las deficiencias actuales y priorizar intervenciones que realmente generen un impacto positivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la funcionabilidad de la infraestructura peatonal en relación con el desplazamiento de usuarios, en las rutas que conectan el Hospital Internacional de Colombia y la Clínica FOSCAL Internacional ubicados en el Área Metropolitana de Bucaramanga, con los servicios de transporte público, a partir del cálculo del nivel de servicio aplicando metodologías basadas en eficiencia y confort.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar el nivel de servicio peatonal en las rutas que conectan las paradas del sistema de transporte público con los centros hospitalarios, mediante la aplicación de la metodología del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010), a fin de establecer la eficiencia de tránsito de los peatones.

Determinar el nivel de servicio peatonal en las rutas que conectan las paradas del sistema de transporte público con los centros hospitalarios, mediante la aplicación de la metodología de Sarkar, a fin de definir el nivel de servicio peatonal centrándose específicamente en la medición del "confort" de los peatones.

Comparar los resultados obtenidos sobre la calidad de circulación peatonal en las rutas y puntos críticos identificados con las dos metodologías aplicadas, con el fin de evaluar de forma integral los factores que influyen en el nivel de servicio peatonal.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Diversos estudios previos han abordado la evaluación del Nivel de Servicio Peonato (NSP) en entornos urbanos y hospitalarios, aportando enfoques metodológicos que orientan el presente análisis y permiten contextualizar las condiciones de accesibilidad, seguridad y comodidad que enfrentan los usuarios en las inmediaciones de instituciones de salud de alta complejidad.

Varios estudios previos han abordado problemáticas similares, evidenciando las deficiencias en la infraestructura peatonal y su impacto en la movilidad urbana. Martínez Sanabria y León León, en su trabajo Análisis de la influencia de la accesibilidad en el espacio público próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la ciudad de Bucaramanga, desarrollaron una revisión metodológica orientada a identificar y seleccionar metodologías adecuadas para la evaluación del nivel de servicio y la accesibilidad peatonal en entornos hospitalarios. Su principal aporte radica en la sistematización de estos enfoques de medición, lo que proporcionó criterios técnicos para la selección de la metodología adoptada en el presente estudio. Este antecedente

resulta pertinente para el Área Metropolitana de Bucaramanga, donde las barreras físicas y la falta de mantenimiento de la infraestructura peatonal constituyen factores críticos que afectan la movilidad hacia los centros hospitalarios [10]. Adicionalmente, dichos autores analizaron distintas metodologías para la medición del nivel de servicio peatonal, lo que contribuyó a fundamentar la decisión metodológica adoptada en el presente estudio.

Por su parte, Gelvis Vera, en el estudio Análisis de Accesibilidad y Nivel de Servicio de la Infraestructura Peatonal Próxima al Hospital Universitario de Santander (HUS) Bucaramanga, documentó cómo estas deficiencias en la infraestructura peatonal impactan directamente en la puntualidad de los usuarios al acceder a servicios médicos. La congestión, el mal estado de las aceras y la presencia de obstáculos como vendedores ambulantes no solo dificultan el tránsito seguro, sino que también comprometen la capacidad de los hospitales para ofrecer una atención oportuna. Este análisis refuerza la importancia de abordar las condiciones peatonales desde una perspectiva integral que contemple tanto la eficiencia como el confort de los usuarios [5].

En cuanto a herramientas metodológicas, Cerquera, en su tesis de grado Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial, aporta herramientas técnicas que complementan el uso del HCM, asegurando que los datos recolectados se ajusten a estándares reconocidos. De manera similar, Li, Xu y Huang, en su artículo Spatial Accessibility to Hospitals Based on Web Mapping API: An Empirical Study in Kaifeng, China, demostraron cómo el uso de herramientas geoespaciales puede mejorar el análisis de accesibilidad hacia los hospitales. Aunque el presente trabajo no empleará tecnologías similares, los principios de accesibilidad estudiados refuerzan la importancia de evaluar las condiciones físicas de las rutas peatonales en Bucaramanga [3, 10].

Además, el portal web del US Department of Transportation, en su sección Pedestrian Accessibility, enfatiza los principios básicos para el diseño y evaluación de infraestructuras

peatonales seguras y accesibles. Aunque este informe tiene un enfoque estadounidense, sus lineamientos pueden adaptarse al contexto local y complementan las normativas colombianas, como la Ley 1618 de 2013, que garantiza la accesibilidad para personas con movilidad reducida. Por otro lado, Rozo, Uribe y Velázquez, en su artículo *La Discapacidad y su Estado Actual en la Legislación Colombiana (2015)* —cuya vigencia debe verificarse frente a reformas normativas posteriores—, analizan la relación entre las normativas legales y los desafíos en la movilidad peatonal. Este trabajo subraya la importancia de garantizar la accesibilidad en espacios urbanos, especialmente en áreas críticas como las cercanías de los hospitales [8, 12, 13].

2.2 Marco teórico

En este apartado se desarrollan los conceptos teóricos que dan sustento a la investigación. Se abordan la movilidad urbana, la accesibilidad a los servicios de salud, el nivel de servicio peatonal y el confort y la seguridad del peatón, los cuales constituyen la base conceptual sobre la que se fundamentan las metodologías HCM 2010 y Sarkar aplicadas en el estudio.

2.2.1 Movilidad urbana

La movilidad peatonal surge como producto de la necesidad o decisión de desplazamiento de los individuos ya sea por motivos personales, familiares, sociales y/o culturales. Dentro del contexto de movilidad urbana, estos desplazamientos principalmente cotidianos de acceso a actividades y servicios en la ciudad, es el peatón quien se convierte en un actor esencial en la dinámica del transporte urbano. En este sentido, la movilidad se relaciona con conceptos como accesibilidad, entendida como la posibilidad de desplazarse a pie, la cual depende no solo de la decisión individual de los usuarios, sino también de las condiciones físicas y funcionales del

entorno construido, las cuales determinan el grado en que las personas pueden acceder de manera efectiva a distintos equipamientos y servicios urbanos.

Dentro del contexto colombiano, distintas normas y lineamientos en planeación urbana han buscado promover la movilidad peatonal y la recuperación del espacio público destinado al tránsito de peatones. Estas iniciativas se apoyan en los principios del diseño universal, cuyo propósito es simplificar la interacción de las personas con el entorno construido mediante la creación de espacios accesibles, seguros y funcionales para usuarios con diferentes capacidades físicas, favoreciendo así condiciones de movilidad más equitativas e inclusivas.

El *diseño universal* plantea que los entornos urbanos deben concebirse de manera que puedan ser utilizados por todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o sensoriales. Su propósito es simplificar la interacción de los usuarios con el espacio urbano mediante la creación de entornos útiles, seguros y accesibles para la mayor diversidad posible de usuarios. Tal diseño universal está fundamentado en una serie de principios que garantizan la inclusión y funcionalidad del espacio peatonal. Entre ellos se encuentra el uso equitativo, que plantea que el espacio sea utilizado por todos en condiciones de igualdad o equitativas, por lo cual el espacio no debe segregar o estigmatizar a los usuarios. Asimismo, la flexibilidad en uso, la cual indica que el espacio debe disponer de distintas formas de preferencias y capacidades de los peatones; incluir el uso para diestros y siniestros; ser adaptados al ritmo del usuario y evitar la fatiga de los usuarios.

Otro es el uso sencillo e intuitivo, basado en que debe ser fácil de entender, eliminando complejidades innecesarias; debe indicar comentarios eficientes en los recorridos; espacios organizados con lógica secuencial en las posibles rutas de los usuarios a lo largo de sus trayectos.

Además del principio de información perceptible, el cual plantea que se debe usar medios gráficos legibles, táctiles y verbales entendibles para indicar la información requerida eficazmente.

Otros principios relevantes son la tolerancia al error, orientada a minimizar la probabilidad de accidentes mediante una adecuada disposición de los elementos del entorno; el esfuerzo físico reducido, que busca que el desplazamiento y el uso del espacio requieran el menor esfuerzo posible, manteniendo el confort y una postura corporal adecuada; y finalmente el tamaño y espacio para el acercamiento y uso, que establece que los elementos del entorno deben diseñarse con dimensiones y distancias que permitan su utilización por personas con diferentes condiciones de movilidad [6, 16].

De esta forma, los principios de diseño universal en términos de movilidad peatonal procuran garantizar que la infraestructura peatonal se utilizada de forma segura, cómoda y eficiente por la mayor diversidad de usuarios posible. Además, estos principios están articulados con el concepto de movilidad activa, entendiéndolo como el desplazamiento a pie como una forma fundamental de movilidad dentro de las ciudades y como un componente esencial para el funcionamiento de los sistemas de transporte [17].

Bajo este enfoque, el peatón se convierte en actor central en la dinámica de movilidad urbana, ya que todos los desplazamientos cotidianos implican al menos un trayecto a pie. Como resultado, las condiciones de la infraestructura peatonal y entorno inmediato afectan directamente la posibilidad de acceder efectivamente a distintos servicios urbanos. En este sentido, la calidad de los espacios destinados al tránsito peatonal adquiere una importancia particular cuando se trata de garantizar el acceso a servicios esenciales, como los equipamientos de salud, donde las condiciones de movilidad peatonal pueden incidir directamente en la facilidad, seguridad y continuidad del desplazamiento de los usuarios hacia las instituciones hospitalarias.

En este sentido, la Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana ofrece un marco de referencia enfocado en mejorar la accesibilidad peatonal en entornos urbanos. Este documento resalta la necesidad de eliminar barreras físicas y optimizar las rutas peatonales para garantizar una movilidad segura, lineamientos especialmente pertinentes al analizar las rutas críticas que conectan las paradas del transporte público con los centros hospitalarios objeto de este estudio [6].

2.2.2 Accesibilidad a servicios de salud

En el marco de este estudio, el término accesibilidad se emplea en su dimensión espacial y funcional, referida específicamente a la posibilidad real que tienen las personas de desplazarse a pie hasta los centros de atención médica. Esta acepción se distingue de otras concepciones de accesibilidad —como la accesibilidad universal en diseño o la accesibilidad económica a los servicios—, dado que el foco recae en las condiciones físicas de la infraestructura peatonal que permiten o limitan el acceso a los hospitales. Desde esta perspectiva, la accesibilidad hospitalaria se analiza como la posibilidad efectiva que tienen los usuarios de alcanzar los servicios de salud a través de rutas peatonales continuas, seguras y funcionales [4].

En este sentido, la accesibilidad peatonal a centros hospitalarios (entendida aquí como accesibilidad funcional, es decir, la capacidad de desplazarse a pie hasta las instalaciones de salud) no depende únicamente de la ubicación geográfica de los centros de atención, sino también de diversos factores asociados al desplazamiento de los usuarios. De acuerdo con el estudio realizado por Li, Xu y Huang en “Accesibilidad espacial a hospitales basada en interfaces de programación de aplicaciones (API) de mapas web: un estudio empírico en Kaifeng, China” (2019), esta posibilidad se ve condicionada por variables como la distancia, el tiempo de desplazamiento, las

condiciones del entorno urbano, la congestión vehicular y peatonal, la calidad de las rutas de acceso y las capacidades físicas de los usuarios.

Desde esta perspectiva, la accesibilidad hospitalaria debe analizarse como un fenómeno funcional y multidimensional, que incorpora no solo la distribución espacial de los servicios de salud, sino también variables como el tiempo efectivo de viaje, el tipo de usuario y el nivel de complejidad del servicio hospitalario. Este enfoque resulta especialmente relevante en hospitales de alta complejidad (nivel IV), donde el tiempo de llegada puede resultar crítico, particularmente para usuarios con movilidad reducida o con mayores necesidades de asistencia durante el desplazamiento.

Estudios internacionales han evidenciado que la accesibilidad hospitalaria se encuentra influenciada por variables dinámicas del entorno urbano, tales como la congestión en horas pico, la diversidad de los usuarios y las condiciones de movilidad en las rutas de acceso, factores que pueden afectar significativamente la facilidad con la que los usuarios logran alcanzar los centros de atención médica [3].

Dentro de este contexto, la accesibilidad efectiva a los servicios de salud no depende exclusivamente de la localización de los centros hospitalarios en la red urbana, sino además de las condiciones de movilidad que faciliten la completitud de desplazamiento. Así, una parte importante del trayecto es recorrida a pie, en particular el último tramo que conecta los sistemas de transporte con las rutas peatonales que conducen a los puntos de ingreso a los hospitales y clínicas.

Como consecuencia, las condiciones físicas y funcionales se hacen tan determinantes en el acceso a estos equipamientos, ya que los factores tangibles que definen la calidad de la infraestructura peatonal, y las condiciones de confort y seguridad que reflejan pueden permitir o

impedir el tránsito eficiente de los usuarios. Es este segmento el correspondiente al desplazamiento peatonal inmediato a los puntos de acceso, que puede entenderse como el tramo efectivo peatonal, y constituye un componente esencial para seleccionar y analizar las condiciones de los tramos de accesibilidad peatonal hacia los centros hospitalarios. La relación entre ambos conceptos radica en que el Nivel de Servicio Peatonal (NSP) constituye el instrumento técnico que permite medir, de forma objetiva, las condiciones de esa accesibilidad peatonal: un NSP bajo (niveles E o F) implica que las rutas no garantizan condiciones adecuadas para el desplazamiento de los usuarios hacia los hospitales, afectando directamente su accesibilidad efectiva.

2.2.3 Nivel de Servicio Peatonal

El *Nivel de Servicio Peatonal (NSP)* es una medida utilizada para evaluar las condiciones operacionales del flujo de peatones dentro de una infraestructura destinada a su circulación. Esta evaluación se basa en indicadores cuantitativos del movimiento peatonal, pero su interpretación final también refleja la percepción que tienen los usuarios sobre la comodidad, la libertad de movimiento y la seguridad durante su desplazamiento [1], [2]. Tradicionalmente, el NSP se clasifica mediante una escala que va desde *A hasta F*, donde A representa condiciones de flujo libre con alta comodidad y libertad de movimiento, mientras que F corresponde a situaciones de congestión severa o falla del sistema peatonal, caracterizadas por restricciones significativas en la movilidad.

Históricamente, la selección de una o varias medidas de servicio para una metodología de análisis se ha basado en la opinión y el juicio colectivos del Comité de Capacidad y Calidad de Servicio de Carreteras (HCQS) del Transportation Research Board (TRB). Los valores umbral de las medidas de servicio que identifican los puntos de ruptura entre cada nivel de servicio también

han sido determinados por el Comité de HCQS. Este enfoque era necesario, ya que hasta hace poco se disponía de poca información sobre cómo los viajeros evalúan las condiciones operativas. Este enfoque tiene su fundamento en los estudios pioneros de John J. Fruin, quien estableció las relaciones fundamentales entre flujo, velocidad y densidad peatonal como variables determinantes para analizar el funcionamiento de los espacios destinados al tránsito de peatones [18].

El Highway Capacity Manual (HCM), en su edición de 2010, es un referente metodológico internacional para evaluar la capacidad y la calidad del servicio de diversas infraestructuras de transporte, incluyendo las peatonales. El HCM se enfoca en la eficiencia del flujo peatonal, utilizando parámetros cuantitativos como:

- *Densidad Peatonal (P/m^2)*: número de peatones por unidad de área. Es el factor primario para determinar el NSP.
- *Flujo Peatonal ($P/min/m$)*: tasa de llegada de peatones por unidad de tiempo y ancho de acera.
- *Velocidad de Marcha (m/s)*: velocidad promedio a la que se desplazan los peatones.

La clasificación del NSP según el HCM 2010 se basa en la densidad, tal como se resume en la siguiente tabla.

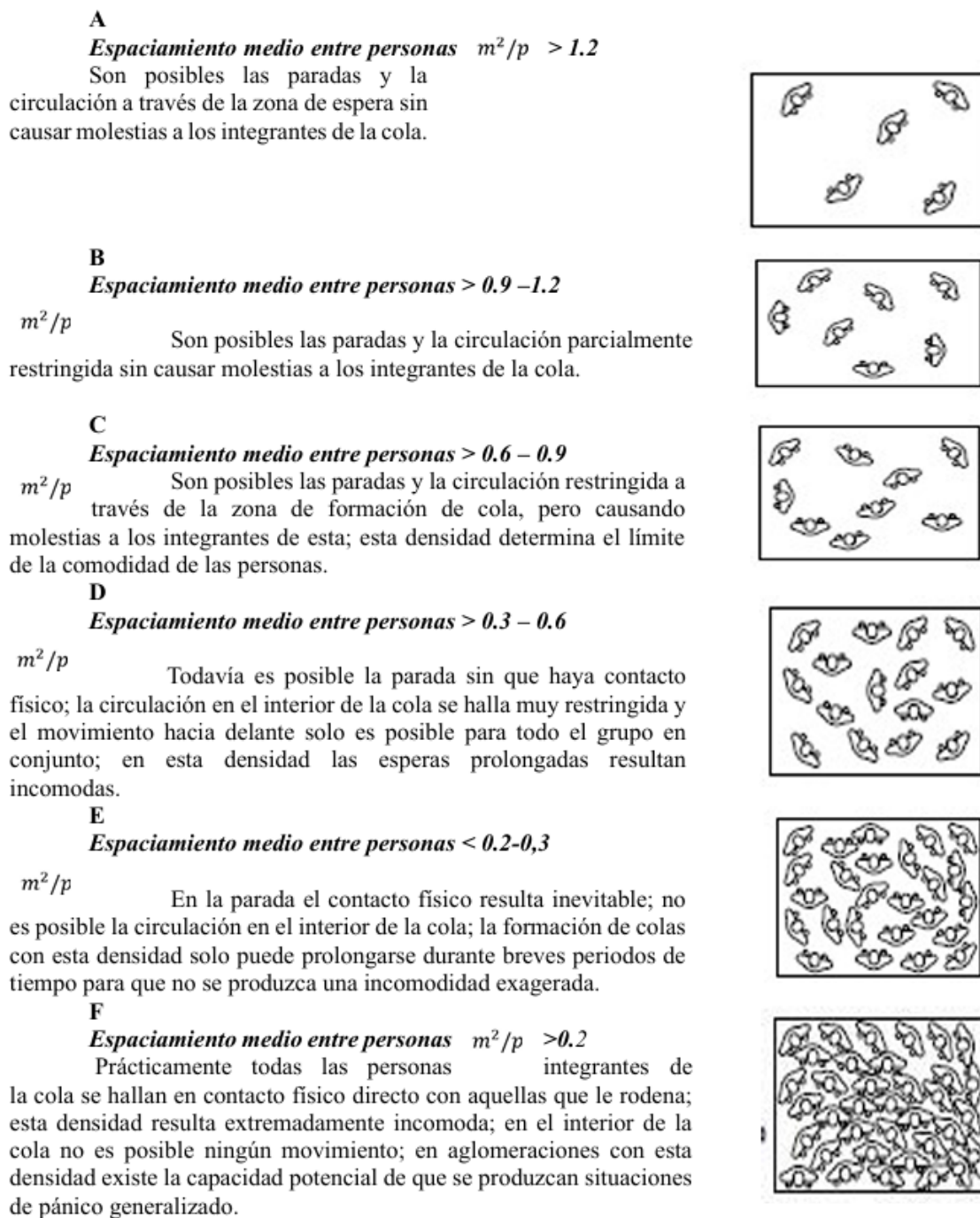
Tabla 1. *Nivel de Servicio Peatonal según el HCM 2010 (Densidad)*

Nivel de Servicio (NSP)	Densidad (P/m ²)	Descripción de las Condiciones Operacionales
A	≤ 0.5	Flujo libre, los peatones pueden elegir su velocidad y dirección sin restricciones.
B	> 0.5 a 0.75	Flujo libre a moderado, la velocidad y la dirección son ligeramente afectadas por otros peatones.
C	> 0.75 a 1.5	Flujo estable, la velocidad y la dirección se ven afectadas, pero es posible maniobrar.
D	> 1.5 a 2.0	Flujo cercano a la inestabilidad, la velocidad y la dirección están restringidas.
E	> 2.0 a 3.0	Flujo inestable, la velocidad es baja y el movimiento es difícil.
F	> 3.0	Falla del sistema, movimiento imposible, congestión severa.

[1].

Adicionalmente, el HCM – 2010 contempla situaciones específicas en el desplazamiento peatonal en que el movimiento libre se ve interrumpido por la acumulación temporal de usuarios, ocasionando zonas de formación de colas. Condiciones que suelen presentarse en áreas de acceso, cruces peatonales, puntos de control, o entradas a equipamientos con alta demanda, ya que el flujo peatonal pierde continuidad y se acumula en espacios reducidos. De esta forma, se adapta la evaluación del nivel de servicio para incluir la densidad y espacio disponible durante la espera, ya que estos factores afectan la comodidad y capacidad de desplazamiento peatonal. Tales situaciones resultan específicamente importantes en el análisis de tramo efectivo peatonal, ya que la concentración de usuarios puede modificar las condiciones operativas del flujo.

En la Figura 1 se ilustra esta libertad de desplazamiento en el espacio peatonal según la concentración de peatones.

Figura 1. *Libertad de desplazamiento peatonal según el espacio peatonal*

[1].

2.2.4 Confort y seguridad peatonal

El caminar constituye el modo de transporte imprescindible en el entorno urbano, tanto por ser un medio crucial de conexión en las actividades ciudadanas, como por ser un complemento en viajes y actividades recreativas. Consecuentemente, el diseño de sistemas de circulación debe reconocer y proveer condiciones cómodas para los peatones, ya que son los usuarios a pie quienes se ven obligados a adaptarse a las situaciones controladas por vehículos y a los medios que les son proporcionados para su desplazamiento.

Bajo el principio del derecho del peatón a vivir en un entorno saludable y disfrutar libremente de los medios físicos en áreas públicas que conserven su bienestar físico y fisiológico, se consideran tres tipos de confort [1]:

físico, que se logra cuando el esfuerzo requerido para realizar actividades a pie es mínimo; fisiológico, asociado a la ausencia de factores estresantes en las calles y andenes, siendo los factores más importantes el ruido y contaminación; finalmente, el confort psicológico, relacionado con la satisfacción mental producida por la experiencia de uso del espacio, en la que los estímulos positivos del entorno urbano favorecen el mantenimiento de la velocidad de caminata deseada. Dada la flexibilidad del movimiento peatonal y la riqueza del entorno urbano, es difícil clasificar rígidamente todas las actividades ciudadanas esperadas en las rutas y su espacio ocupado. Además, esta misma variedad provee distintas percepciones de confort físico, fisiológico y psicológico [2].

En este contexto, diversos estudios han planteado metodologías para evaluar el confort percibido por los peatones en el entorno urbano. Entre ellas, el método propuesto por Sarkar establece un sistema de evaluación que considera variables físicas y perceptuales del espacio urbano para determinar el nivel de calidad del entorno peatonal. El método de evaluación se diseñó para juzgar el nivel de confort en peatones de distintos grupos como adultos mayores, niños y

personas discapacitadas, contemplando además el cambio de percepción de comodidad en distintas horas del día. Con base en estos aspectos, se establece una diferenciación entre niveles de servicio en términos de eficiencia, y el nivel de calidad asociado a la percepción de confort, clasificándose en categorías de la A hasta la F [2]. En la Tabla 2 se especifica la clasificación de niveles de servicio.

Tabla 2. *Clasificación de nivel de servicio según la metodología de Sarkar*

(NSP)	Calificación	Descripción
A	Excelente	Infraestructura en óptimas condiciones, sin obstáculos, alto confort y seguridad.
B	Bueno	Algunas deficiencias menores, pero en general es un entorno cómodo y seguro.
C	Regular	Presenta fallas en seguridad, accesibilidad o confort, pero es funcional.
D	Deficiente	Infraestructura inadecuada, con varios obstáculos y riesgos para los peatones.
E	Muy Deficiente	Espacio inseguro, con falta de accesibilidad y malas condiciones generales.
F	Pésima	Colapso total de la infraestructura para el tránsito de peatones

[2].

Para procurar eliminar errores por percepción subjetiva y tener una interpretación acertada se consideran los rangos porcentuales de la Tabla 3.

Tabla 3. *Clasificación de nivel de servicio según la metodología de Sarkar*

Nivel de Servicio	(%)	Interpretación
A	85-100	Excelente
B	70-84	Bueno
C	55-69	Aceptable
D	40-54	Deficiente
E	25-39	Muy deficiente
F	0-24	Pésima

[2].

El nivel de servicio integral para cada tramo se obtiene a través de la aplicación de la siguiente fórmula, que permite determinar la proporción relativa de las condiciones observadas dentro del segmento analizado. Cálculo que facilita la interpretación de resultados y su posterior clasificación para la determinación del nivel de confort y seguridad peatonal.

$$NSI = 0,5 \cdot (\Sigma F / 8) + 0,3 \cdot (\Sigma P / 4) + 0,2 \cdot (\Sigma Fis / 3)$$

Donde ΣF , ΣP y ΣFis corresponden a la suma de las puntuaciones de los criterios de los atributos físicos, psicológicos y fisiológicos, respectivamente; los valores 8, 4 y 3 representan el número de criterios evaluados en cada atributo, con lo cual se obtiene el promedio de cada grupo; y los coeficientes 0,5, 0,3 y 0,2 corresponden a los pesos relativos asignados a cada atributo de confort (físico 50 %, psicológico 30 % y fisiológico 20 %).

2.3 Marco contextual

2.3.1 Contexto urbano: Bucaramanga como nodo urbano

La ciudad de Bucaramanga se ha consolidado como un punto estratégico de desarrollo regional. Según proyecciones del DANE para el 2025 la población municipal estimada es de 624.000 habitantes, mientras que en el Área Metropolitana de Bucaramanga esta proyección supera los 1'300.000 habitantes. Dicho proceso de densificación urbana, crecimiento demográfico, desarrollo y expansión económica la posicionan como el quinto centro urbano más poblado del país [20, 21].

La Figura 2 muestra la localización del Área Metropolitana de Bucaramanga y la distribución de sus municipios dentro del contexto regional.

Figura 2. *Distribución espacial del Área Metropolitana de Bucaramanga.*



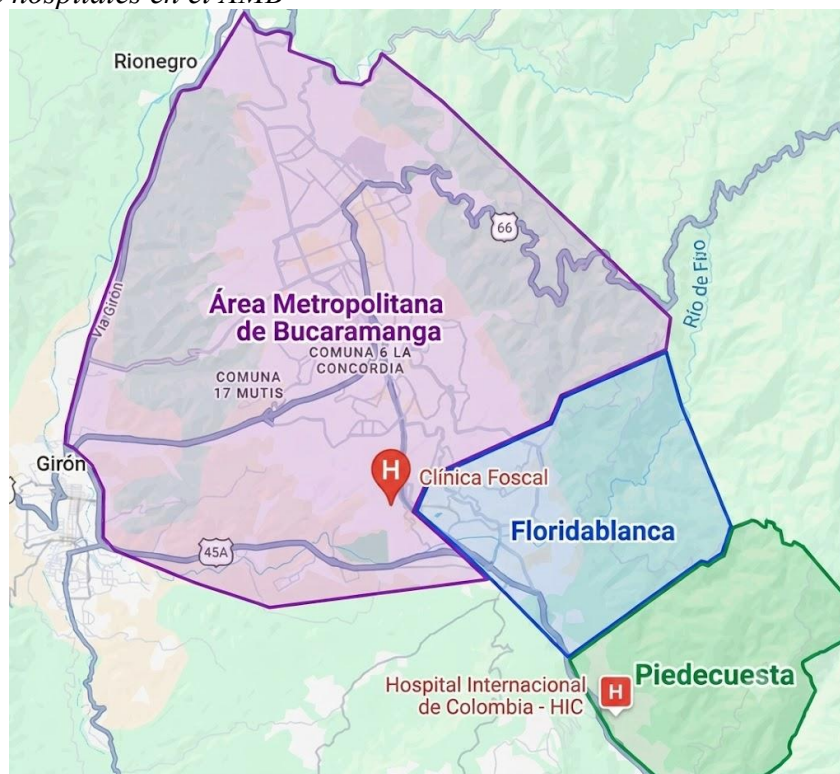
[19].

Con el aumento de desarrollo, aumentan también las necesidades y exigencias sobre la infraestructura vial. Las dinámicas demográficas y comerciales intensifican la presión sobre la red de carreteras, que actualmente se halla estancada y colapsando constantemente frente a la demanda de movilidad vehicular y peatonal. Esta situación ocasiona limitaciones de accesibilidad, especialmente en grupos vulnerables como adultos mayores, niños, mujeres embarazadas y discapacitados [22].

Con base en lo anterior, aquellos espacios que contienen altos niveles de demanda diaria y resultan vitales en el funcionamiento de la ciudad, tales como los hospitales y clínicas, que

representan puntos críticos debido al flujo constante de pacientes, acompañantes, visitantes, personal médico y trabajadores, esto añadido a la presencia significativa de población vulnerable y movilidad reducida, plantea exigencias más altas en términos de accesibilidad, seguridad y calidad del espacio público.

En este contexto, la red hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga desempeña un papel estratégico en la prestación de servicios de salud de mediana y alta complejidad para la región nororiental del país. La concentración de clínicas y hospitales especializados en el área urbana genera flujos constantes de pacientes, acompañantes, personal médico y estudiantes en formación, provenientes tanto de los municipios del Área Metropolitana como de otras zonas del departamento e incluso de regiones vecinas. Esta dinámica incrementa significativamente la demanda sobre la infraestructura urbana, particularmente sobre la red vial, el sistema de transporte público y los espacios destinados a la movilidad peatonal, los cuales deben garantizar condiciones de accesibilidad eficientes y seguras hacia los principales equipamientos hospitalarios. La Figura 3 presenta la localización de los principales centros hospitalarios del Área Metropolitana de Bucaramanga, evidenciando su distribución dentro del sistema urbano.

Figura 3. Mapa de hospitales en el AMB

[27].

2.3.2 Contexto urbano: movilidad urbana en el AMB

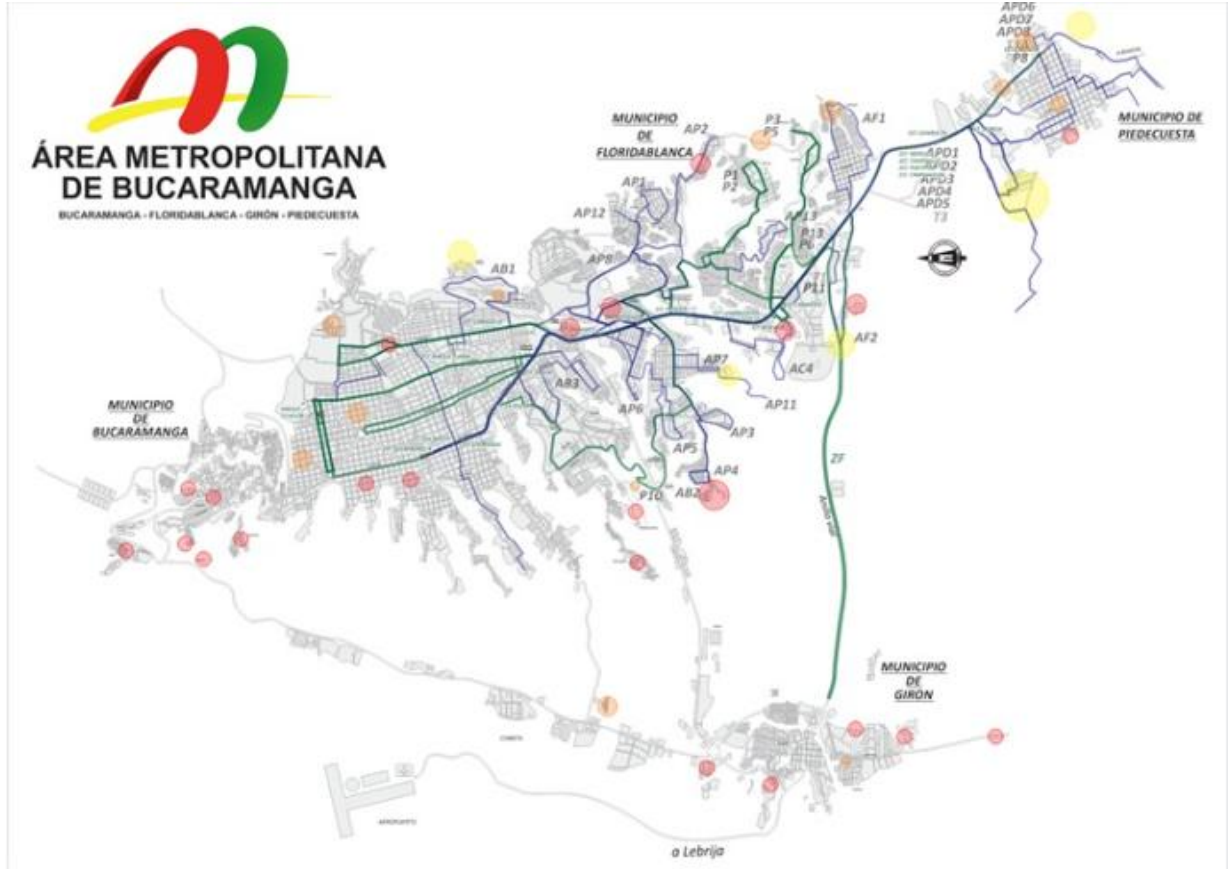
La movilidad urbana en el Área Metropolitana de Bucaramanga se caracteriza por una alta dependencia del transporte público y por la concentración de desplazamientos diarios entre los municipios que conforman el sistema metropolitano: Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Este patrón de movilidad se articula principalmente a través de los corredores viales que conectan estos centros urbanos, entre los cuales destaca el eje Bucaramanga–Floridablanca–Piedecuesta, que funciona como uno de los principales articuladores del flujo vehicular y peatonal de la región [19].

En este sistema de desplazamientos, los recorridos peatonales constituyen un componente esencial del viaje urbano, ya que representan el medio de conexión entre los usuarios y los

diferentes modos de transporte, así como el acceso final a equipamientos urbanos como centros educativos, comerciales y de salud. En el caso particular de los servicios hospitalarios, los desplazamientos a pie adquieren una relevancia adicional, dado que muchos usuarios acceden a estos equipamientos desde paradas de transporte público, estacionamientos cercanos o zonas residenciales próximas, lo que convierte a las rutas peatonales en un elemento fundamental dentro de la accesibilidad efectiva a los servicios de salud.

No obstante, diversos sectores del área metropolitana presentan limitaciones en la calidad y continuidad de la infraestructura peatonal, tales como andenes estrechos, discontinuidades en las rutas, ocupación del espacio público y deficiencias en los cruces peatonales. Estas condiciones afectan la seguridad, comodidad y funcionalidad del desplazamiento a pie, particularmente en zonas de alta demanda como los entornos hospitalarios, donde la presencia de usuarios con movilidad reducida y condiciones de salud sensibles exige estándares más altos de accesibilidad y calidad del espacio público. En este sentido, la Figura 4 presenta el sistema de transporte público del Área Metropolitana de Bucaramanga, el cual se incluye porque constituye el contexto de movilidad dentro del cual se originan los desplazamientos peatonales hacia los equipamientos de salud: las paradas y estaciones de esta red definen los puntos desde los cuales los usuarios deben completar a pie el último tramo del viaje hasta el HIC y la Clínica FOSCAL Internacional. Su inclusión permite ubicar las rutas peatonales evaluadas dentro de la estructura general de movilidad metropolitana [19].

Figura 4. Sistema de transporte público del AMB y su relación con el acceso peatonal a los centros hospitalarios



[29].

2.3.3 Contexto sectorial de los centros hospitalarios objeto de estudio: entorno hospitalario

Hospital Internacional de Colombia (HIC) – Clínica Foscal Internacional

En este contexto, el análisis se centra en el entorno de dos instituciones hospitalarias de alta complejidad con servicios de nivel IV: el Hospital Internacional de Colombia y la Clínica FOSCAL Internacional. Dada su naturaleza y el flujo constante de usuarios que reciben, el entorno de estas instituciones debe contar con condiciones adecuadas de accesibilidad bajo principios de diseño universal, garantizando el desplazamiento seguro y eficiente de poblaciones con movilidad

reducida, pacientes en condiciones críticas, adultos mayores, niños, mujeres embarazadas y acompañantes.

El Hospital Internacional de Colombia se ubica junto al corredor vial de la autopista Floridablanca–Piedecuesta, en una zona relativamente apartada del casco urbano y localizada sobre un nivel topográfico más elevado.

La Figura 5 presenta la localización del entorno inmediato del Hospital Internacional de Colombia dentro del corredor vial Floridablanca–Piedecuesta, permitiendo observar su relación con la vía principal y las rutas de acceso que conectan el complejo hospitalario con la red vial metropolitana.

Figura 5. *Entorno urbano HIC*



[30].

Por su parte, la Clínica FOSCAL Internacional se sitúa en un sector urbano con mayor interacción residencial y comercial, en un punto donde convergen varias vías transversales al corredor principal Bucaramanga–Floridablanca–Piedecuesta. Esta localización le otorga un mayor grado de conectividad con la red urbana; no obstante, también produce mayores niveles de congestión vehicular y peatonal durante las horas pico. En este sector se registra un flujo superior de usuarios y acompañantes, lo que incrementa la presión sobre las rutas de acceso al centro hospitalario. Particularmente en el área de urgencias, la existencia de una única rampa de ingreso utilizada por usuarios, personal médico y acompañantes puede generar conflictos de circulación y limitaciones tanto en términos de comodidad como de funcionalidad peatonal [22].

La Figura 6 muestra la localización del entorno inmediato de la Clínica FOSCAL Internacional, destacando su inserción dentro del tejido urbano y su proximidad a varios corredores viales que estructuran la movilidad entre Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta.

Figura 6. *Entorno urbano FOSCAL*

[31].

En este contexto, las condiciones de accesibilidad peatonal hacia estos equipamientos hospitalarios adquieren una relevancia particular, ya que los entornos inmediatos de los centros de salud deben garantizar desplazamientos seguros, continuos y funcionales para una diversidad de usuarios con distintas capacidades físicas y necesidades de movilidad. La interacción entre la infraestructura vial, el transporte público y los espacios destinados al tránsito peatonal influye directamente en la forma en que pacientes, acompañantes y personal médico acceden a estos servicios. Por ello, resulta necesario analizar de manera específica las condiciones físicas y operativas de las rutas peatonales que conectan los accesos hospitalarios con su entorno urbano inmediato, identificando los tramos más representativos para evaluar su desempeño en términos de funcionalidad, seguridad y calidad del espacio peatonal.

2.3.4 Contexto funcional: importancia del acceso hospitalario

En el marco del principio de universalidad del derecho a la salud, el tiempo de desplazamiento hacia los centros médicos, y especialmente hacia los servicios de urgencias, constituye un factor determinante para garantizar una atención oportuna. En este sentido, las condiciones de la infraestructura peatonal de acceso inciden directamente en dicho tiempo, por lo que su evaluación resulta esencial para asegurar un ingreso seguro y eficiente a los equipamientos de salud. Así, el que haya rutas peatonales seguras, continuas, funcionales e infraestructura accesible responde tanto a criterios de movilidad y accesibilidad como a la necesidad esencial de bienestar y dignidad de cada usuario. Sin embargo, muchos sectores del entorno urbano aún no disponen de los requerimientos establecidos por la normativa vigente, como por ejemplo la Norma Técnica Colombiana de accesibilidad al medio físico y el Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga, situación que deja expuesta la falta de garantía de desplazamiento seguro para la población.

Bajo este enfoque, el análisis de los entornos hospitalarios no puede limitarse a la proximidad espacial entre el usuario y el equipamiento sanitario, sino que debe considerar las condiciones reales del desplazamiento peatonal —la continuidad, seguridad y funcionalidad de las rutas— que finalmente permiten o limitan el acceso efectivo al servicio de salud. Específicamente, las edificaciones destinadas al cuidado, protección, rehabilitación y recuperación de la salud deben cumplir con condiciones adicionales de accesibilidad para usuarios con movilidad reducida o población vulnerable. Con base en los lineamientos propuestos por la Universidad Nacional de Colombia respecto a la accesibilidad al medio físico y al transporte, dichos entornos deben priorizar la seguridad, comodidad y continuidad del desplazamiento. Bajo este contexto, se tendrán

en cuenta dichos criterios en términos de eficiencia funcional, confort y seguridad al analizar las zonas de acceso peatonal en el Hospital Internacional de Colombia y la Foscal Internacional, con el fin de determinar si estas instituciones cumplen con los requisitos adecuados para garantizar un desplazamiento seguro a sus usuarios [23, 24].

En la figura 7 se presenta el esquema con componentes de la accesibilidad peatonal hospitalaria.

Figura 7. Accesibilidad peatonal hospitalaria

Componentes de la accesibilidad peatonal hospitalaria

Trayecto del usuario desde el transporte público hasta el ingreso al centro de salud



2.4 Marco normativo

El marco legal colombiano establece los principios que rigen la accesibilidad y movilidad peatonal, proporcionando el sustento normativo para las propuestas de mejora que surjan de esta investigación.

El Artículo 13 de la Constitución Política de Colombia establece el principio de igualdad, que exige que la infraestructura peatonal sea diseñada de manera inclusiva. Este principio garantiza que todas las personas, incluidas aquellas con movilidad reducida, tengan acceso igualitario a los servicios públicos, como los hospitales.

El Artículo 49 de la Constitución Política de Colombia garantiza el derecho a la salud, estableciendo que el Estado debe organizar, dirigir y reglamentar los servicios de la salud, conteniendo entre sus puntos claves el garantizar a todas las personas el acceso a los servicios de salud y saneamiento ambiental [25].

Ley 1618 de 2013 establece las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. En materia de movilidad, exige la eliminación de barreras arquitectónicas en los espacios urbanos para que estas personas puedan transitar de manera segura y sin obstáculos. El estudio se alinea con esta ley al buscar identificar las deficiencias existentes en las rutas peatonales y proponer mejoras que cumplan con los requisitos legales de accesibilidad [8].

Ley 361 de 1997 en Colombia, establece mecanismos de integración social, laboral y educativa para personas con discapacidad, la cual promueve e impulsa la eliminación de barreras físicas en espacios públicos y privados basándose en la normativa internacional de derechos humanos para asegurar la plena inclusión de las personas con discapacidad en la sociedad [14].

El Decreto 1660 de 2003 establece los estándares técnicos necesarios para la accesibilidad al medio físico, reforzando las disposiciones de la Ley 361 de 1997. Proporciona directrices específicas sobre el diseño de elementos como andenes, bordillos y rampas, que son cruciales para la movilidad de personas con discapacidad y, por ende, para la funcionalidad de la infraestructura en el área de estudio [15].

La Norma Técnica Colombiana NTC 6047 establece los requisitos de diseño para la infraestructura peatonal, incluyendo dimensiones mínimas de aceras, rampas, y especificaciones para el mobiliario urbano, con el objetivo de garantizar la seguridad y la accesibilidad. Esta norma

será el referente técnico para evaluar si las condiciones geométricas y operacionales de las rutas peatonales cumplen con los estándares nacionales [16].

En conjunto, el marco normativo colombiano refuerza la importancia de garantizar entornos inclusivos. Las normas mencionadas —Ley 361 de 1997, Decreto 1660 de 2003 y la Norma Técnica Colombiana NTC 6047— exigen que las infraestructuras peatonales sean diseñadas y adaptadas para eliminar barreras y garantizar la movilidad segura de todos los ciudadanos, con especial atención a los grupos vulnerables. Estas normativas refuerzan la pertinencia del presente proyecto al alinearse con las exigencias legales y proporcionar el sustento técnico y jurídico que respalda las propuestas formuladas en este estudio.

3. Método

El presente estudio adopta un *enfoque metodológico mixto*, combinando elementos de carácter cuantitativo y cualitativo con el fin de analizar de manera integral las condiciones de funcionamiento y percepción del espacio peatonal en entornos hospitalarios. Este enfoque permite integrar mediciones objetivas del comportamiento del flujo peatonal con la evaluación de aspectos relacionados con la experiencia del usuario y las condiciones de confort del entorno urbano.

Desde la perspectiva cuantitativa, el análisis se orienta a la evaluación de la eficiencia operativa del flujo peatonal mediante la metodología propuesta en el *Highway Capacity Manual (HCM 2010)*. Este método se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos asociados al comportamiento del flujo de peatones, tales como aforos peatonales, densidad de ocupación del espacio, velocidad de desplazamiento y flujo por unidad de ancho de acera. A partir de estos parámetros es posible determinar el Nivel de Servicio Peatonal (NSP), indicador que describe el grado de libertad de movimiento y la eficiencia operativa de la infraestructura peatonal.

Por otra parte, desde la perspectiva cualitativa o perceptual, se empleará la metodología propuesta por Sarkar para la evaluación de la calidad del entorno peatonal. Este enfoque se centra en la percepción de los usuarios respecto a las condiciones de confort, seguridad y funcionalidad del espacio urbano, considerando aspectos relacionados con la interacción entre el peatón y el entorno físico. A través de esta metodología se busca identificar cómo los elementos del espacio público, tales como la presencia de obstáculos, la continuidad de las rutas, la calidad de los andenes y las condiciones ambientales, influyen en la experiencia de desplazamiento de los peatones.

En términos de *tipo de investigación*, el estudio se clasifica como *descriptivo y comparativo*. Es descriptivo porque tiene como propósito caracterizar las condiciones operacionales y de confort presentes en la infraestructura peatonal de los entornos hospitalarios analizados, identificando variables asociadas al flujo de peatones, la ocupación del espacio y las condiciones físicas del entorno. Asimismo, es comparativo debido a que uno de los objetivos específicos del estudio consiste en contrastar los resultados obtenidos a partir de las dos metodologías de evaluación empleadas, con el fin de analizar las posibles diferencias entre la medición operativa del flujo peatonal y la percepción de calidad del espacio por parte de los usuarios.

El *diseño de investigación* corresponde a un diseño *no experimental de tipo transversal*, ya que las variables de estudio se observan y analizan en su contexto real sin manipulación directa por parte del investigador. La información se recolecta en un periodo determinado mediante observación directa y registro de las condiciones existentes en el entorno urbano, permitiendo evaluar el comportamiento del flujo peatonal y las características físicas de la infraestructura en el momento del estudio. De esta manera, la combinación de ambos enfoques permite obtener una

visión integral del desempeño de la infraestructura peatonal, considerando tanto su eficiencia operativa como la calidad de la experiencia de desplazamiento de los usuarios.

3.1 Fases metodológicas

La investigación se desarrolló en *cuatro fases metodológicas*, las cuales se estructuran de manera secuencial y se encuentran alineadas con los objetivos específicos del estudio. Cada fase corresponde a un momento particular del proceso investigativo, que inicia con la recolección de información en campo, continúa con la aplicación de las metodologías de evaluación seleccionadas y culmina con el análisis comparativo de los resultados obtenidos. Este enfoque permite integrar tanto el análisis operativo del flujo peatonal como la evaluación de la percepción de confort de los usuarios, proporcionando una visión integral del desempeño de la infraestructura peatonal en los entornos hospitalarios analizados.

3.1.1 Fase 1: recolección de datos de campo

Esta fase se orienta a la obtención de la información primaria necesaria para la aplicación de ambas metodologías de evaluación. Para ello, se llevó a cabo un levantamiento de campo en los tramos peatonales previamente identificados dentro de las rutas de acceso a los hospitales objeto de estudio.

Durante el trabajo de campo se realizaron mediciones de las variables geométricas de la infraestructura peatonal, tales como el ancho efectivo de las aceras, la continuidad de los andenes y la presencia de obstáculos físicos que pudieran interferir en el desplazamiento de los peatones. Entre los elementos identificados se incluyen postes, mobiliario urbano, señalización, vehículos

estacionados y ventas ambulantes, los cuales pueden reducir el espacio disponible para el tránsito peatonal y afectar la funcionalidad de las rutas de acceso.

Asimismo, se efectuaron *aforos peatonales en los tramos y puntos críticos previamente delimitados*, con el fin de registrar el número de peatones que circulan por unidad de tiempo. Estas mediciones se realizaron durante los periodos de mayor afluencia de usuarios, correspondientes a las horas pico de la mañana, el mediodía y la tarde, momentos en los que se concentra una mayor demanda de acceso a los servicios hospitalarios. A partir de estos registros se obtuvieron los datos necesarios para calcular las variables fundamentales del flujo peatonal, tales como el *flujo peatonal* ($P/\text{min}/m$), la *densidad peatonal* (P/m^2) y la *velocidad de marcha promedio*, parámetros que constituyen la base del análisis de eficiencia operativa propuesto en el Highway Capacity Manual.

Adicionalmente, se diseñó y aplicó un *instrumento de evaluación del confort peatonal*, estructurado en forma de lista de chequeo, basado en los criterios establecidos por la metodología de Sarkar. Este instrumento tuvo como propósito evaluar las condiciones que inciden en el confort y la seguridad peatonal, tales como la seguridad del entorno, la presencia de obstáculos, la continuidad del espacio peatonal y las condiciones generales del entorno urbano. La lista de chequeo se diligenció directamente en campo para cada uno de los tramos que conforman las rutas de acceso a los hospitales analizados. En la figura 8 se muestra el estado físico de una parte de las rutas peatonales que fueron estudiadas.

Figura 8. Estado físico de las rutas peatonales objeto de estudio



3.1.2 Fase 2: Aplicación de la Metodología HCM 2010

El objetivo de esta fase es determinar el Nivel de Servicio Peatonal (NSP) a partir del análisis de la eficiencia operativa del flujo peatonal en los tramos de estudio. Para ello, se emplea la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual (HCM 2010), la cual constituye uno de los referentes internacionales más utilizados para la evaluación de la capacidad y el desempeño de las infraestructuras de transporte. Se optó por esta edición debido a que consolida una metodología específica para la evaluación del nivel de servicio peatonal basada en parámetros operativos medibles —densidad, espacio disponible por peatón, intensidad de flujo y velocidad de

desplazamiento—, que permiten clasificar de manera objetiva las condiciones de circulación en andenes y senderos peatonales. Adicionalmente, esta versión ha sido ampliamente adoptada en estudios previos de movilidad peatonal en el contexto nacional y local, lo que favorece la comparabilidad de los resultados con investigaciones afines, como la realizada en el entorno del Hospital Universitario de Santander. Finalmente, su enfoque cuantitativo resulta complementario con la evaluación cualitativa del confort propuesta por la metodología de Sarkar, lo que permite abordar de forma integral tanto la eficiencia del flujo como la percepción del usuario.

Con base en los datos obtenidos durante los aforos peatonales y las mediciones geométricas realizadas en campo, se procedió al cálculo de las variables operativas definidas por el HCM, tales como el flujo peatonal por unidad de ancho de acera, la densidad de peatones en el espacio disponible y la velocidad promedio de desplazamiento. Estos indicadores permiten describir el comportamiento del flujo peatonal y evaluar el grado de libertad de movimiento que experimentan los usuarios durante su recorrido.

Posteriormente, a partir de los valores de densidad peatonal calculados, se asignó el Nivel de Servicio Peatonal correspondiente a cada tramo analizado, siguiendo los criterios establecidos por el HCM y resumidos en la Tabla 1. Esta clasificación permite identificar el grado de eficiencia del desplazamiento peatonal, desde condiciones de flujo libre (Nivel A) hasta situaciones de congestión severa o falla del sistema (Nivel F). En las figuras 11 y 12 se ejemplifican distintas rutas con características y condiciones físicas diversas.

Figura 9. *Condiciones de la infraestructura peatonal en distintos tramos*



3.1.3 Fase 3: Aplicación de la Metodología de Sarkar

El propósito de esta fase es evaluar el Nivel de Servicio Peatonal desde la perspectiva del confort y la percepción de los usuarios durante su desplazamiento por las rutas de acceso a los centros hospitalarios. Para ello, la información recopilada mediante los instrumentos de percepción aplicados en campo fue organizada y sistematizada, permitiendo analizar de manera individual cada uno de los componentes asociados al confort peatonal. Entre los aspectos evaluados se incluyen la seguridad percibida, la presencia de obstáculos, la continuidad de los andenes, la calidad del espacio urbano y las condiciones generales del entorno.

Cada una de estas variables fue valorada conforme a la escala propuesta por la metodología de Sarkar, la cual permite medir la percepción del peatón respecto a la calidad del espacio urbano. A partir de estas valoraciones se construyó un índice integral de confort para cada tramo analizado, el cual refleja la experiencia de los usuarios durante su desplazamiento y constituye el criterio principal para determinar el Nivel de Servicio Peatonal desde un enfoque cualitativo.

El análisis de los resultados permitió identificar los factores que influyen negativamente en la percepción del espacio peatonal, reconociendo aquellas variables que obtuvieron menores

niveles de valoración. Estos elementos representan las principales barreras para el confort del peatón y evidencian las condiciones del entorno que requieren intervención para mejorar la calidad del espacio público. Las figuras 13 – 16 permiten ilustrar los distintos factores dentro del entorno y condiciones que pueden afectar la percepción de confort y seguridad sobre las rutas de estudio.

Figura 10. *Grado de confort y seguridad de acuerdo con el entorno de las rutas peatonales.*



3.1.4 Fase 4: Análisis Comparativo

Esta fase corresponde a la etapa final del proceso metodológico y tiene como propósito realizar una *evaluación integral de la funcionalidad de la infraestructura peatonal* analizada en los entornos hospitalarios.

Para ello, se efectuó un cruce entre los resultados del Nivel de Servicio Peatonal obtenido desde el enfoque de *eficiencia operativa*, basado en la metodología del HCM, y aquellos derivados del enfoque de *confort del usuario*, sustentado en la metodología de Sarkar. Este análisis comparativo se realizó para cada uno de los tramos evaluados, con el fin de identificar coincidencias o divergencias entre ambos enfoques de evaluación.

El análisis se centró especialmente en aquellos casos en los que se presentaron diferencias significativas entre los resultados de ambas metodologías, como situaciones en las que un tramo presenta niveles altos de servicio en términos de eficiencia del flujo (A o B), pero niveles bajos de confort percibido (D, E o F), o viceversa. Estas discrepancias permiten evidenciar la influencia de factores que no están directamente asociados al flujo peatonal, tales como la percepción de seguridad, la presencia de obstáculos o las condiciones ambientales del entorno urbano.

A partir de este contraste se elaboró una evaluación global del desempeño de la infraestructura peatonal, identificando los factores críticos que limitan la accesibilidad y el desplazamiento seguro y confortable de los peatones. Los resultados obtenidos en esta fase constituyen un insumo fundamental para la formulación de recomendaciones orientadas a la mejora de las condiciones de accesibilidad peatonal en los entornos hospitalarios analizados.

Las Figuras 17 y 18 son una descripción gráfica del estado físico y percepción de confort según las condiciones físicas y obstáculos presentes en las rutas peatonales de acceso. Por su parte, la Figura 19 representa el esquema de las etapas de desarrollo del proyecto.

Figura 11. Estado general de las rutas peatonales para su evaluación integral



Figura 12. Esquema de etapas de desarrollo del proyecto.

Esquema de etapas de desarrollo del proyecto

Metodología para el análisis del nivel de servicio peatonal en zonas hospitalarias



3.2 Desarrollo

Una vez definido el enfoque metodológico y los criterios de desempeño, se procede a la caracterización detallada del área de influencia. Este proceso inicia con la georreferenciación de los centros hospitalarios y la delimitación de las rutas de acceso críticas, las cuales se dividen en segmentos y puntos de análisis (intersecciones y cruces) basados en su geometría y flujo peatonal.

Posteriormente, se lleva a cabo un levantamiento en campo que incluye un registro fotográfico para identificar obstáculos físicos y el ancho efectivo de las aceras. Simultáneamente, se estructuran los instrumentos de recolección de datos diseñados para capturar variables dinámicas en *intervalos de 15 minutos* durante las horas de máxima demanda. Entre los datos a obtener destacan los volúmenes peatonales, las velocidades de caminata (ajustadas para población con movilidad reducida), los tiempos de demora en semáforos y la interacción con el transporte público. Esta estructuración permite una transición fluida desde la observación empírica hacia una evaluación objetiva de los niveles de servicio, garantizando que los resultados reflejen la capacidad real y el confort del entorno hospitalario.

3.2.1 Caracterización del área de estudio

La caracterización del área de estudio se centra en los entornos inmediatos de dos instituciones hospitalarias de alta complejidad dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga. Ambos centros constituyen *nodos* críticos dentro de tejidos urbanos de características distintas: el primero rodeado por un flujo comercial denso y el segundo por una configuración de servicios institucionales.

A pesar de sus diferencias de entorno, ambos sectores presentan una interacción crítica y persistente entre flujos peatonales y vehiculares, la cual se agudiza durante los periodos de máxima

demanda o 'horas pico'. Bajo la metodología del HCM 2010, estas zonas se clasifican como entornos de alta fricción, donde la capacidad de las aceras y la seguridad en los puntos de cruce se ven comprometidas por la coexistencia de usuarios con diversas capacidades motrices.

Dado el carácter vital de los servicios de salud prestados, la caracterización no se limita a la infraestructura física, sino que integra la accesibilidad universal y la seguridad sistémica como requisitos sine qua non. Por tanto, se establece que todas las rutas de acceso —incluyendo segmentos de acera, rampas y pasos a nivel— deben ser evaluadas bajo parámetros de calidad de servicio que prioricen la continuidad del desplazamiento del paciente y su acompañante, garantizando una conexión eficiente entre los sistemas de transporte y los puntos de ingreso.

3.2.1.1 Ubicación. A escala metropolitana, los centros asistenciales seleccionados se localizan sobre el eje estructurante de la Autopista Bucaramanga-Floridablanca-Piedecuesta, corredor que soporta los mayores volúmenes de tráfico motorizado del área metropolitana.

Hospital Internacional de Colombia (HIC): Geográficamente, se emplaza en el Valle de Menzuly, específicamente en el kilómetro 7 de la autopista que conecta Bucaramanga con Piedecuesta. Su ubicación se define técnicamente como un nodo de desarrollo suburbano en transición, caracterizado por flujos vehiculares de alta velocidad y una infraestructura peatonal que debe salvar distancias considerables para conectar las paradas de transporte público con el complejo hospitalario. El entorno presenta una morfología de 'vía arterial principal', donde el control de accesos y la seguridad en los cruces a nivel son determinantes para la movilidad del paciente.

Clínica FOSCAL Internacional: Se localiza en el sector suroccidental del municipio de Floridablanca. A diferencia del HIC, la FOSCAL se integra en un entorno urbano consolidado con

una mezcla de usos de suelo residencial y comercial de alta densidad. Su ubicación estratégica la vincula directamente con la Autopista Bucaramanga-Floridablanca a través de vías colectoras y locales, lo que genera una dinámica de 'última milla' compleja, donde el peatón interactúa constantemente con vehículos en maniobras de giro y acceso a parqueaderos [26].

La Figura 13 presenta la representación cartográfica de ambos nodos asistenciales, permitiendo visualizar su posición relativa respecto a la red vial primaria y su jerarquía dentro del sistema de movilidad regional.

Figura 13. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.



[32].

3.2.1.2 Delimitación del área de estudio. Para la selección de los tramos se tomó como referencia el proyecto de investigación *"Delimitación de áreas de influencia de movilidad peatonal a partir de rutas de acceso en el entorno urbano hospitalario del Área Metropolitana de*

Bucaramanga", el cual estableció ocho zonas de influencia en torno a los principales hospitales y clínicas del área metropolitana. En dicho análisis se identificaron las rutas peatonales de acceso a cada centro asistencial, considerando tanto su localización geográfica como el flujo esperado de usuarios. Como resultado, el estudio dio lugar a la demarcación de las zonas de influencia, lo que permitió delimitar los tramos críticos donde la demanda peatonal es más alta y evaluar de manera diferenciada las condiciones de infraestructura y confort para cada grupo de hospitales.

Estas se organizaron agrupando diversos centros hospitalarios de la siguiente manera: la *Zona 1* corresponde al Hospital Local del Norte; la *Zona 2* incluye al Hospital Universitario Los Comuneros y el Hospital Universitario de Santander; y la *Zona 3* abarca la Clínica Chicamocha, el Instituto del Corazón de Bucaramanga, la Clínica Materno Infantil San Luis y el Centro Médico Colsanitas Premium Bucaramanga. Por su parte, la *Zona 4* comprende la Clínica de Urgencias Bucaramanga S.A.S, la Clínica IPS Cabecera S.A.S, la Clínica del Dolor y Cuidados Paliativos Aliviar S.A.S, la Clínica Revivir S.A, la Clínica Nueva Chicamocha y la Clínica Chicamocha (sede Conucos). La *Zona 5* está compuesta únicamente por FOSCAL Internacional, mientras que la *Zona 6* agrupa a la Unidad Materno Infantil San Juan de Dios, el ESE Hospital San Juan de Dios y la Clínica Guane. Finalmente, la *Zona 7* corresponde al Hospital Internacional de Colombia, y la *Zona 8* al Hospital Local de Piedecuesta y la Clínica Piedecuesta S.A [27].

Las *zonas 5 y 7*, correspondientes a FOSCAL Internacional y HIC, fueron seleccionadas para el presente estudio, debido a la alta concentración de usuarios, la importancia de los servicios del área de accesos peatonales. En las Figuras 14 y 15 se presentan respectivamente las áreas de estudio de la FOSCAL Internacional, con sus nueve tramos peatonales identificados, y del HIC, con sus seis tramos. Estas permiten visualizar la extensión y el trazado de las rutas de acceso, así

como los puntos críticos de concentración peatonal que se abordarán en el análisis metodológico posterior.

De esta manera, las rutas seleccionadas para las zonas 5 y 7, correspondientes a FOSCAL Internacional y HIC, constituyen el núcleo del estudio, permitiendo evaluarlas de forma integral la accesibilidad, la calidad del espacio y niveles de servicio peatonal. A continuación, en las figuras 14 y 15 se presenta la delimitación geográfica de cada una de las zonas de estudio.

Figura 14. Zona 5 de estudio FOSCAL Internacional



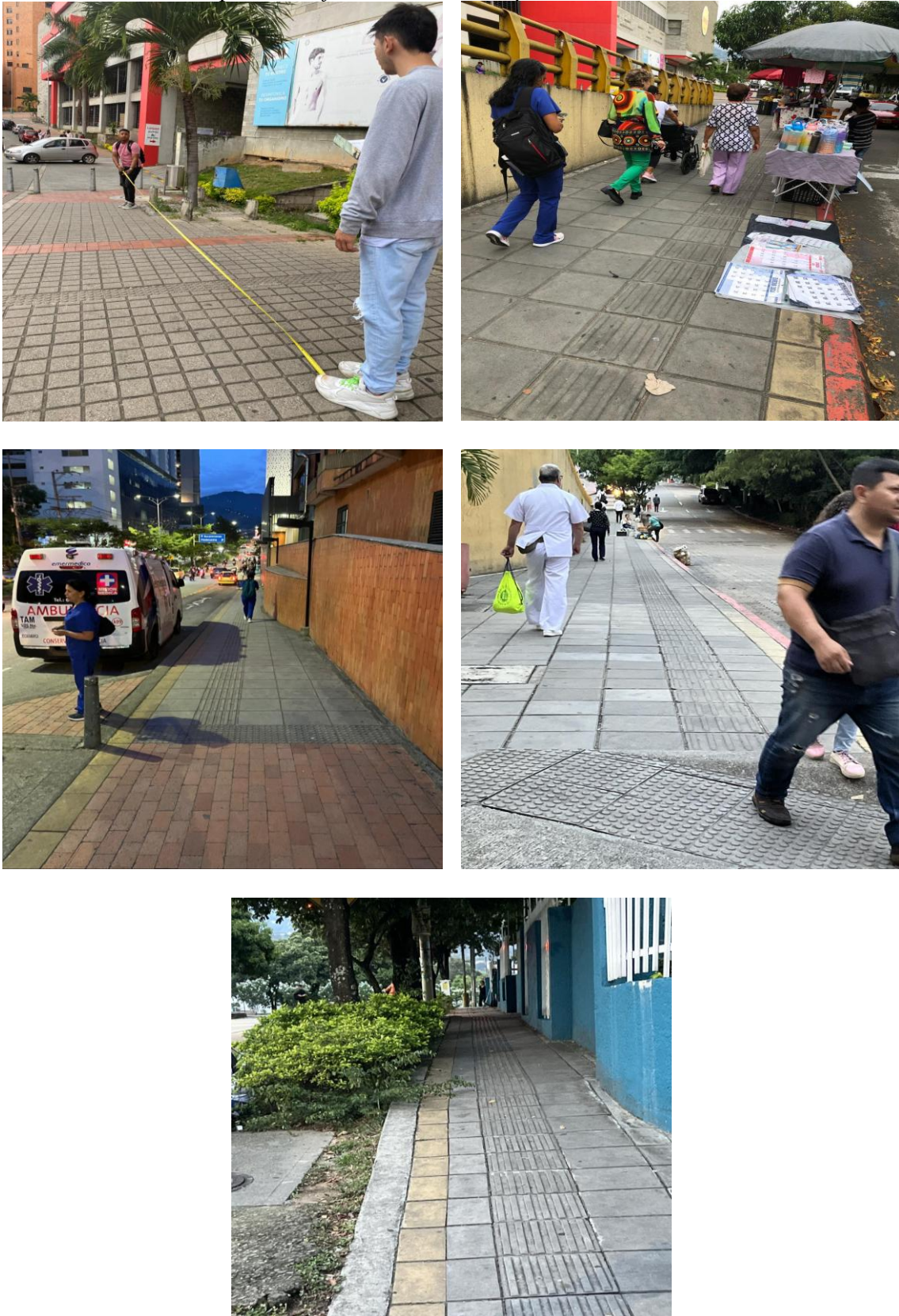
[33].

Figura 15. Zona 7 de estudio Hospital Internacional de Colombia (HIC)



3.2.1.3 Selección de tramos. Para la selección, se identificaron tramos continuos de 20 m de longitud pertenecientes a un mismo tipo de infraestructura, con ancho efectivo relativamente constante. La delimitación de estos tramos se tomó del proyecto que antecede a la presente investigación, desarrollado por la directora de este trabajo, S. M. Durán Rojas, titulado "Estado de la movilidad peatonal en zonas de influencia de la infraestructura hospitalaria del AMB, a partir del análisis de accesibilidad del entorno físico. Fase II" [9], en el cual se definieron las zonas de influencia y las rutas de acceso a los centros hospitalarios con base en criterios como la densidad peatonal, la presencia de población vulnerable, la complejidad del entorno y la conectividad con las paradas de transporte público. A partir de dicha base se trabajaron los tramos del presente estudio, resultando 9 tramos efectivos en la Foscil Internacional y 6 en el HIC. La Figura 16 muestra uno de los tramos seleccionados según las características descritas.

Figura 16. Toma de medidas para la definición de tramos peatonales.



3.2.2 Toma de datos

3.2.2.1 Diseño de muestreo temporal Para la recolección de información se seleccionaron tres días representativos, dos correspondientes a jornadas típicas de la semana y uno durante el fin de semana, evitando días feriados o festivos, debido a que presentan patrones de flujo peatonal atípicos que podrían distorsionar los resultados.

Se definieron franjas horarias específicas para garantizar la cobertura de los períodos de mayor afluencia. En la mañana, las mediciones se realizaron a las 7:55, 9:10, 10:05 y 11:11, mientras que en la tarde se evaluaron los tramos a las 13:30, 14:40 y 16:17. Cada registro marca el inicio de una observación continua de 60 minutos por tramo, asegurando la consistencia de los datos. Es importante aclarar que estas horas no representan mediciones de un solo día de estudio, sino que constituyen una generalización de los horarios críticos de flujo peatonal en los días evaluados.

Además, se consideró el flujo máximo en horas pico, prestando especial atención a los 15 minutos de mayor concentración de peatones dentro de cada franja, identificados como críticos para la operación peatonal. Este diseño temporal permite capturar la dinámica real del tránsito peatonal, incluyendo variaciones entre días hábiles y fines de semana, y proporciona una base consistente para el cálculo del Nivel de Servicio Peatonal (NSP) según las metodologías HCM 2010 y Sarkar.

3.2.2.2 Procedimientos de medición (aforo, cronometraje, estado físico estructura)

Una vez definidas las horas de evaluación y los tramos de 20 m de longitud, se establecieron puntos de observación estratégicos para cada tramo. Desde estos puntos se realizó la

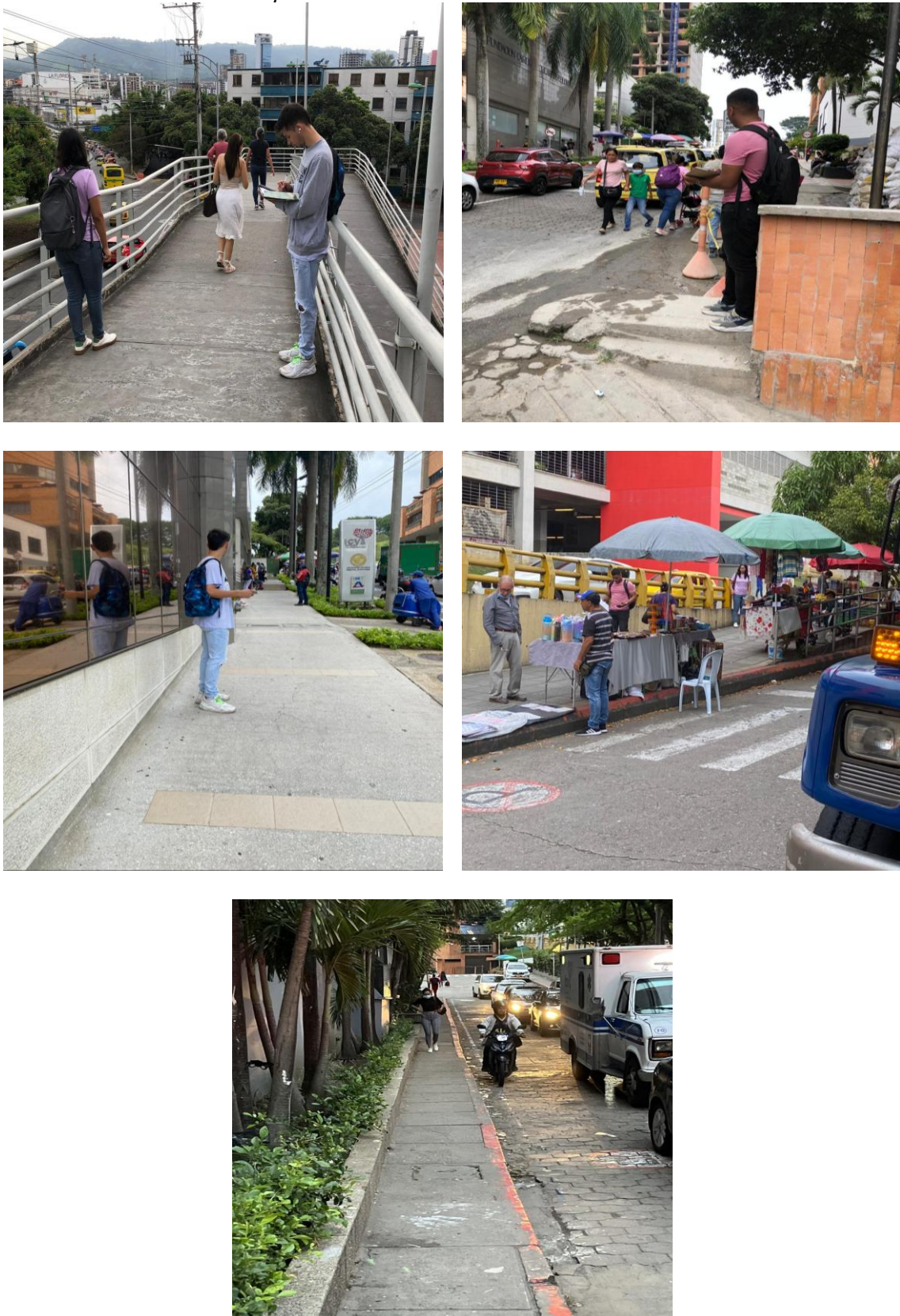
medición del tiempo de caminata de 50 peatones por tramo durante intervalos de 15 minutos, asegurando que cada individuo completara el recorrido desde el inicio hasta el final del tramo sin alteraciones ni interrupciones en su desplazamiento.

Se consideró a todos los usuarios, independientemente de su edad, género, condición física o tipo de usuario (pacientes, acompañantes, personal médico, visitantes), para reflejar la diversidad real de la población que utiliza estas rutas peatonales. El cronometraje se realizó mediante dispositivos precisos, registrando el tiempo individual de tránsito, velocidad promedio y cualquier variación observable en el flujo de peatones.

Adicionalmente, se evaluó el estado físico de la infraestructura, incluyendo ancho efectivo del tramo, presencia de obstáculos, mobiliario urbano, rampas y escaleras, así como la continuidad y seguridad de la superficie peatonal. Esta información complementaria permite relacionar las condiciones físicas del entorno con los datos de aforo y velocidad, constituyendo el insumo suficiente para determinar el Nivel de Servicio Peatonal (NSP) desde los enfoques cuantitativo (HCM) y perceptual (Sarkar).

Las figuras 28 a 32 son la muestra de algunos de los puntos de observación definidos para la toma de datos.

Figura 17. *Puntos de observación para la toma de datos.*



3.2.2.3 Instrumentos de recolección. Para el levantamiento de información se emplearon diversos instrumentos que permitieron capturar tanto datos cuantitativos como cualitativos de manera precisa y sistemática. Se utilizaron fichas impresas adaptadas a la metodología de Sarkar, con el fin de evaluar las condiciones de confort y seguridad peatonal en cada tramo. Complementariamente, se empleó la aplicación digital Survey123 para registrar información en tiempo real y garantizar un manejo eficiente de los datos.

Para las mediciones físicas de la infraestructura se utilizó cinta métrica, que permitió determinar el ancho efectivo de los andenes y las distancias entre obstáculos. La cámara fotográfica se empleó para documentar visualmente el estado de los tramos y evidenciar posibles barreras en el desplazamiento peatonal. Finalmente, se utilizaron contador de repeticiones y cronómetro, instrumentos que facilitaron la medición precisa del flujo peatonal y de los tiempos de recorrido en cada tramo seleccionado. Además, se crearon los formatos de recolección de datos para evaluar cada aspecto en eficiencia funcional basada en el HCM, confort y seguridad según Sarkar individualmente de la siguiente forma:

3.2.2.3.1 Instrumentos de recolección de datos según la metodología de Sarkar .En esta sección se evidencian las fichas diseñadas para la evaluación de los indicadores descritos en la metodología de Sarkar de la siguiente manera: la figura 33 muestra la ficha para los atributos físicos, y en la figura 34 se presentan las fichas para los atributos de percepción y seguridad.

Figura 18. Ficha para la recolección de datos atributos físicos.

Ficha para Recolección de Datos mediante la Observación No Participante							
Proyecto de Grado		Análisis de la accesibilidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal próxima al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la ciudad de Bucaramanga con la aplicación de una metodología basada en el confort.		No. Ficha			
Fecha (dd/mm/aaaa)				1			
Hora de Inicio							
Hora de Finalización							
Dirección del Tramo		ZONA 5 FOSCAL INTERNACIONAL					
Longitud del Tramo		TRAMO 1					
Clima							
Investigador							
Imagen Alusiva al Tramo							
1. Atributos Físicos							
1.1.	2.1.	3.	Criterios de evaluación	Observaciones			
1	30	1,875	1.1 Los pasos peatonales cumplen las dimensiones apropiadas para el flujo peatonal (Según la Norma Técnica Colombiana "Accesibilidad al medio físico")	Si cumplen en su totalidad	Están muy cerca a las medidas	Solo una medida cumple	No cumplen en su totalidad
5			1.2 Se presentan discontinuidades en las aceras para el paso de peatones	Más de 5 discontinuidades	Entre 2 y 4 discontinuidades	Menos de 2 discontinuidades	Ninguna
5			1.3 Los diseños existentes de los andenes son cómodos para los desplazamientos de las personas con movilidad reducida	Muy cómodos	Poco cómodos	Incómodos totalmente	
5			1.4 En los pasos libres peatonales se presentan carteles que interrumpen la continuidad del usuario, como es el grado de interrupción de carteles	Interrupción total	Interrupción media	Interrupción baja o nula	No hay carteles
3	3,75	1,875	1.5 El Mobiliario Urbano presente, se encuentra en un estado de conservación	Muy bueno	Aceptable	Pésimo	No existe mobiliario
3			1.6 La superficie de los andenes se encuentra en un estado	Muy bueno	Aceptable	Pésimo	
3			1.7 Si se presentan ventas de vendedores ambulantes sobre los pasos peatonales que impiden la libre movilidad peatonal, cuál es el grado de interrupción que generan	Interrupción total	Interrupción media	Interrupción baja o nula	No hay vendedores
5			1.8 Si existen objetos de protección contra condiciones climáticas extremas que impidan la circulación a pie, cómo es el grado de interrupción de estos objetos	Interrupción total	Interrupción media	Interrupción baja o nula	No existen dichos objetos

Nota. Hojas de cálculo propias. Las figuras 19 y 20 ilustran las hojas de cálculo empleadas para el procesamiento de los datos de aforo y tiempo de caminata recolectados durante el trabajo de campo.

Figura 19. Ficha para la recolección de datos atributos físicos.

2. Atributos Psicológicos.				
1.2.	2.2.	3.	Criterios de evaluación	Observaciones
3	18	1,35	2.1 Los peatones conservan su velocidad a lo largo del tramo	
5			2.2 Se presentan conflictos de circulación debido a la interacción entre los peatones	
5	4,5	1,35	2.3 Se presentan grandes acumulaciones de personas en los cruces peatonales	
5			2.4 Los peatones recorren la totalidad del tramo	
3. Atributos Fisiológicos				
1.3.	2.3.	3.	Criterios de evaluación	Observaciones
5	13	0,86666667	3.1 Presencia de vehículos invadiendo el espacio público	
3			3.2 Los vehículos que circulan en la zona generan ruido incomodo	
5	4,333333333	0,86666667	3.3 Hay presencia de contaminación por los vehículos que transitan en la zona	
SUMA FINAL		4,091666667		

3.2.2.3.1 Instrumentos de recolección de datos según la metodología HCM 2010

Para la toma de datos correspondiente a la evaluación por HCM 2010 se emplearon las siguientes fichas:

Figura 20. Ficha de toma de datos de tiempo de caminata in situ

M.2 FICHA TOMA DATOS TIEMPO DE CAMINATA										
1. IDENTIFICACIÓN										
Zona de estudio: <i>HIC</i>										
Identificación de la zona: <i>frente al parqueadero</i>										
Dirección:										
N° de tramo: <i>3</i>										
Tipo de día: <i> típico</i>						Típico		Atípico		
Sentido andén: <i>occidente</i>						Norte-Sur		Sur-Norte		
Costado andén: <i>Derecho</i>						Derecho		Izquierdo		
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES										
Longitud andén:										
Ancho total andén:										
Ancho obscuros:										
3. TIEMPO DE CAMINATA										
PEATON	TIEMPO	TIPO DE PEATON				SEXO		EDAD		
		Discapacidad		Acompañante		Masculino	Femenino	<18	18 - 40	>40
		SI	NO	SI	NO					
1	24,60		X		X		X			X
2	23,53		X		X	X				X
3	33,60		X		X		X			X
4	40,75	X			X	X			X	
5	22,33		X		X		X		X	
6	53,54		X		X	X				X
7	26,55		X		X		X			X
8	32,51		X		X	X				X
9	43,21		X		X		X		X	
10	31,21		X		X		X		X	

Nota. Hojas de trabajo propias. En las figuras 21 a 23 se presentan las fichas físicas utilizadas en campo para el registro manual de los aforos peatonales y los tiempos de caminata.

Figura 21. Ficha para la toma de datos de aforo peatonal in situ

M.1 FICHA TOMA DATOS DE AFORO PEATONAL

IDENTIFICACIÓN

Zona de estudio:

Identificación de la zona:

Dirección:

N° de tramo:

Tipo de día:

Sentido anden:

Costado anden:

Tipico

Atipico

Norte-Sur

Sur-Norte

Derecho

Izquierdo

2. AFORO PEATONAL

Conteos en intervalos de 15 minutos en un tiempo total de 1 hora diaria en la mañana

TIEMPO DE CONTROL	HORA DE CONTROL	NUMERO DE PEATONES	OBSERVACIONES
0:15	11:11	50	
15:30	11:35	54	
30:45:00	11:50	57	
45:60	12:04	54	

Figura 22. Formato para la toma de datos de caminata

M.2 FICHA TOMA DATOS TIEMPO DE CAMINATA

1. IDENTIFICACION

ZONA DE ESTUDIO

IDENTIFICACION DE ZONA

DIRECCION

N° DE TRAMO

Tipo de día:

Sentido anden:

Costado anden:

7

ALFRENTA DEL PARQUEADERO - HIC

Vereda de Menzuly, Terrazas De Menzuly #Km 7, Piedecuesta,

1

Tipico/Atipico

Atipico

Norte-Sur / Sur-Norte

Sur-Norte

Derecho / Izquierdo

Izquierdo

Check

2. CARACTERISTICAS GENERALES

Longitud anden:

Ancho total anden:

Ancho obscaulos:

117

1,2

0

1,2 m de ancho minimo, tomado 1,0 medida real

3. TIEMPO PEATON

TIEMPO

TIPO DE PEATON

SEJO

EDAD

Discapacidad

Acompañante

Si

No

Si

No

Masculino

Femenino

<18

ENTRE 18 & 40

>40

1	23,89		NO		NO		Femenino		ENTRE 18 & 40	
2	20,21		NO		NO		Femenino		ENTRE 18 & 40	
3	28,28		NO		NO		Femenino		>40	
4	30,29		NO		NO		Femenino		ENTRE 18 & 40	
5	26,33		NO		NO		Femenino		ENTRE 18 & 40	
6	28,6		NO	SI		Masculino			>40	
7	16,35		NO		NO	Masculino			ENTRE 18 & 40	
8	28,57		NO		NO		Femenino		>40	
9	26,49		NO		NO	Masculino			ENTRE 18 & 40	
10	32,42		NO		NO		Femenino		ENTRE 18 & 40	

Figura 23. *Ficha toma de datos de aforo*

M.1 FICHA TOMA DE DATOS DE AFORO PEATONAL			
1. IDENTIFICACIÓN			
Zona de estudio:	7		
Identificación de la zona:	Alfrente Del Parquadero		
Dirección:			
N° de tramo:	1		
Tipo de día:	Atípico	Típico	Atípico
Sentido andén:	Sur-Norte	Norte-Sur	Sur-Norte
Costado andén:	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
2. AFORO PEATONAL			
Censos en intervalos de 15 minutos en un tiempo total de 1 hora diaria en la mañana			
TIEMPO DE CONTROL	HORA DE CONTROL	NUMERO DE PEATONES	OBSERVACIONES
0:15	9:20	21	
15:30	9:35	11	
30:45:00	9:51	20	
45:60	10:06	15	
Censos en intervalos de 15 minutos en un tiempo total de 1 hora diaria en la tarde			
HORA DE CONTROL	HORA DE CONTROL	NUMERO DE PEATONES	OBSERVACIONES
0:15	1:42	23	
15:30	1:57	28	
30:45:00	2:11	32	
45:60	2:27	27	

3.3 Procesamiento y análisis de datos

3.3.1 Procesamiento de datos obtenidos por la metodología HCM

Para el procesamiento de la información recolectada en campo se aplicaron los criterios establecidos en el *Highway Capacity Manual*, los cuales permiten determinar las variables operativas necesarias para la evaluación del Nivel de Servicio Peatonal (NSP).

La intensidad o flujo peatonal se determinó como el producto entre el espacio peatonal disponible y la velocidad promedio de caminata, obtenida a partir de los registros de tiempo realizados durante los aforos. Esta variable permite describir la cantidad de peatones que circulan por unidad de tiempo y ancho efectivo del espacio peatonal, constituyendo uno de los indicadores principales para el análisis de la eficiencia operativa del desplazamiento.

El área peatonal efectiva se determinó multiplicando el ancho efectivo del andén por la longitud efectiva del tramo analizado, considerando únicamente el espacio realmente disponible para el tránsito peatonal y excluyendo zonas ocupadas por obstáculos, mobiliario urbano u otros elementos que reduzcan la superficie de circulación. A partir de estas variables se obtuvieron los valores de densidad, flujo y velocidad necesarios para la posterior clasificación del Nivel de Servicio Peatonal en cada tramo evaluado. La figura 24 muestra la hoja de cálculo desarrollada para el procesamiento de las variables de volumen y densidad peatonal según la metodología HCM 2010.

Cálculo de volumen peatonal usando la metodología del manual Highway Capacity Manual (2000)				MAÑANA / TARDE			
Cálculo de velocidad peatonal				Cálculo de densidad y espacio peatonal			
N° peaton	tiempo	velocidad [m/s] [km/h]	velocidad promedio				
1	23,89	0,63	22,60				
2	20,21	0,74	26,72				
3	28,28	0,53	19,09				
4	30,29	0,50	17,83				
5	26,33	0,57	20,51				
6	28,6	0,52	18,88				
7	16,35	0,92	33,03				
8	28,57	0,53	18,90				
9	26,49	0,57	20,39				
10	52,42	0,46	16,66				
11	21,68	0,69	24,91				
12	26,8	0,56	20,15				
13	23,1	0,65	23,38				
14	42,58	0,35	12,68				
15	18,92	0,79	28,54				
16	27,9	0,54	19,35				
17	31,47	0,48	17,16				
18	24,6	0,61	21,95				
19	31,65	0,47	17,06				
20	25,7	0,58	21,01				
21	29,39	0,51	18,37				
22	24,24	0,62	22,28				
23	24,05	0,62	22,45				
24	19,7	0,76	27,41				
25	24,21	0,62	22,30				
26	23,79	0,63	22,70				
27	32,2	0,47	16,77				
28	24,7	0,61	21,86				
29	24,96	0,60	21,63				
30	30,13	0,50	17,92				
31	26,12	0,57	20,67				
32	37,95	0,40	14,23				
33	24,7	0,61	21,86				
34	26,08	0,58	20,71				
35	26,19	0,57	20,62				
36	27,07	0,55	19,95				
37	28,78	0,52	18,76				
38	19,2	0,78	28,13				
39	21,92	0,68	24,64				

3.3.2 Procesamiento de datos para la metodología de Sarkar

Para el procesamiento de la información obtenida mediante la metodología de Sarkar, se verificó el cumplimiento de los criterios asociados a los tres atributos principales del confort peatonal: físico, psicológico y fisiológico. Cada uno de estos atributos agrupa un conjunto de variables relacionadas con las condiciones del entorno urbano y la experiencia del peatón durante su desplazamiento.

El atributo físico considera las características materiales y funcionales de la infraestructura peatonal, tales como el ancho efectivo de los andenes, la continuidad de los recorridos, la presencia de obstáculos, la calidad del pavimento y la disponibilidad de rampas o elementos de accesibilidad universal. Por su parte, el atributo psicológico se relaciona con la percepción de seguridad, la facilidad de orientación y el grado de comodidad que experimenta el peatón al desplazarse por el espacio urbano. Finalmente, el atributo fisiológico evalúa la influencia de factores ambientales que pueden generar estrés o incomodidad durante la caminata, como el ruido vehicular, la contaminación y las condiciones generales del entorno.

A partir de los registros obtenidos mediante las listas de chequeo aplicadas en campo, se procedió a valorar cada criterio conforme a la escala propuesta por la metodología de Sarkar, asignando puntuaciones que reflejan el grado de cumplimiento de las condiciones de confort en cada tramo evaluado. Posteriormente, estas valoraciones fueron sistematizadas y consolidadas para obtener el confort peatonal, el cual permite clasificar cada tramo según su nivel de calidad percibida por los usuarios.

3.3.3 Escala híbrida para la determinación de nivel de servicio peatonal. Fusión de criterios cuantitativos (HCM 2010) y cualitativos (Sarkar)

Con el fin de integrar los resultados obtenidos mediante ambas metodologías, se construyó una *escala mixta de evaluación* que permite contrastar el desempeño de la infraestructura peatonal desde dos perspectivas complementarias: la eficiencia operativa del flujo peatonal y la percepción de confort de los usuarios.

Para ello, los niveles de servicio obtenidos a partir del análisis de eficiencia según el *Highway Capacity Manual* fueron comparados con los niveles derivados del índice de confort calculado mediante la metodología de Sarkar. La combinación de ambos resultados se representó mediante una matriz bidimensional, en la cual un eje corresponde al nivel de servicio determinado por el HCM y el otro al nivel de confort percibido por los peatones.

La matriz permite identificar coincidencias y discrepancias entre ambas evaluaciones. Por ejemplo, pueden presentarse tramos con niveles adecuados de eficiencia operativa pero bajos niveles de confort, lo que evidencia que, aunque el flujo peatonal no presenta congestión significativa, las condiciones del entorno urbano afectan negativamente la experiencia del usuario. De manera similar, pueden existir sectores con condiciones de confort aceptables, pero con limitaciones en términos de capacidad y flujo peatonal.

La aplicación de esta escala mixta proporciona una visión integral del desempeño de la infraestructura peatonal, permitiendo identificar con mayor precisión los factores que limitan la accesibilidad, la seguridad y la calidad del desplazamiento en los entornos hospitalarios analizados. La figura 25 sintetiza la matriz de evaluación mixta resultante de la combinación de los criterios HCM 2010 y Sarkar.

Figura 25. *Matriz de evaluación mixta HCM-Sarkar.*

Nivel de Servicio \ Nivel de Confort	A (Excelente)	B (Bueno)	C (Aceptable)	D (Deficiente)	E (Muy Deficiente)	F (Pésima)
A (Máxima eficiencia)	AA	AB	AC	AD	AE	AF
B (Buena eficiencia)	BA	BB	BC	BD	BE	BF
C (Eficiencia aceptable)	CA	CB	CC	CD	CE	CF
D (Eficiencia baja)	DA	DB	DC	DD	DE	DF
E (Muy baja eficiencia)	EA	EB	EC	ED	EE	EF
F (Sin eficiencia)	FA	FB	FC	FD	FE	FF

3.3.3.1 Interpretación y Análisis de los Niveles Combinados. A continuación, se describe la interpretación de cada nivel de servicio combinado, desde AA hasta FF, considerando los resultados que implicaría cada clasificación.

3.3.3.1.1 Niveles de Servicio con Alta Eficiencia (A - HCM 2010)

- *AA - Excelente:* máxima eficiencia y excelente confort. Representa las condiciones ideales para el peatón. Los flujos son libres, sin restricciones, y el entorno es seguro, cómodo y sin obstáculos. Los resultados en este nivel indican una infraestructura peatonal óptima que promueve activamente la movilidad sostenible y el bienestar del usuario.
- *AB - Muy Bueno:* eficiencia alta y confort bueno. Las condiciones de flujo son muy buenas, con mínimas restricciones. El confort es bueno, con algunas deficiencias menores pero un entorno generalmente cómodo y seguro. Los resultados sugieren una infraestructura de alta calidad que satisface la mayoría de las necesidades peatonales.

- *AC - Bueno*: eficiencia alta y confort aceptable. La eficiencia del flujo es alta, pero el confort es solo aceptable, lo que implica la presencia de fallas en seguridad, accesibilidad o confort que, aunque no impiden la funcionalidad, pueden afectar la experiencia del peatón. Es un nivel que requiere atención para mejorar la percepción del usuario.
- *AD - Aceptable*: eficiencia alta, pero confort deficiente. A pesar de un flujo eficiente, el entorno presenta infraestructura inadecuada, obstáculos y riesgos para los peatones. Los resultados aquí son una señal de alerta: la capacidad de movimiento es buena, pero la calidad de la experiencia es pobre, lo que puede disuadir el uso peatonal.
- *AE - Deficiente*: alta eficiencia, pero confort muy deficiente. Similar al AD, pero con un nivel de confort aún más bajo, indicando un espacio inseguro, con falta de accesibilidad y malas condiciones generales. La alta eficiencia en este contexto podría deberse a una baja afluencia de peatones que evitan el área debido a las pésimas condiciones de confort.
- *AF - Pobre*: alta eficiencia, pero sin confort. Este es un escenario crítico donde, a pesar de la capacidad de movimiento, el entorno es completamente hostil para el peatón, con un colapso total de la infraestructura en términos de confort y seguridad. Es probable que este nivel se encuentre en zonas con nulo tránsito peatonal o donde los peatones se ven forzados a usarlo por falta de alternativas.

3.3.3.1.2 Niveles de Servicio con Buena Eficiencia (B - HCM 2010)

- *BA - Muy Bueno*: buena eficiencia y excelente confort. Las condiciones de flujo son buenas, con ligeras afectaciones por otros peatones, pero el confort es excelente. Este nivel es altamente deseable, ofreciendo un equilibrio entre un flujo adecuado y una experiencia peatonal muy positiva.

- *BB - Bueno*: buena eficiencia y buen confort. El flujo es bueno y el confort es bueno. Es un nivel funcional, con oportunidades menores de mejora en la percepción del usuario. Podría indicar áreas con buen diseño general pero con puntos específicos de incomodidad o inseguridad.
- *BC - Aceptable*: buena eficiencia y confort moderado. La eficiencia es buena, pero el confort es moderado, lo que sugiere que la infraestructura es funcional pero no ofrece una experiencia destacada. Puede haber elementos que generen fatiga o estrés, aunque el movimiento no esté severamente restringido.
- *BD - Deficiente*: buena eficiencia, pero confort bajo. El flujo peatonal es bueno, pero el confort es bajo, con deficiencias significativas en la infraestructura. Los peatones pueden moverse, pero lo hacen en un entorno que les resulta incómodo o inseguro. Se requiere una intervención urgente para mejorar la calidad del espacio.
- *BE - Pobre*: buena eficiencia, pero confort deficiente. Similar al BD, pero con un confort aún más deficiente. La buena eficiencia podría ser engañosa si los peatones evitan el área debido a las condiciones de confort extremadamente bajas.
- *BF - Muy Pobre*: buena eficiencia, pero sin confort. Un escenario donde la eficiencia es buena, pero el confort es inexistente. Indica un entorno completamente inadecuado para el peatón, a pesar de que el espacio físico permita el movimiento. Es un indicador de un grave problema de diseño o mantenimiento.

3.3.3.1.3 Niveles de Servicio con Eficiencia Aceptable (C - HCM 2010)

- *CA - Bueno*: eficiencia aceptable y buen confort. El flujo se ve afectado, pero es posible maniobrar, y el confort es bueno. Este nivel es un compromiso razonable, donde la

funcionalidad se mantiene y la experiencia del usuario es positiva. Las mejoras podrían enfocarse en optimizar el flujo sin sacrificar el confort.

- *CB - Aceptable*: eficiencia aceptable y confort aceptable. Un nivel funcional pero con margen de mejora en ambos aspectos. El flujo es estable pero afectado, y el confort presenta algunas fallas. Es un punto de partida para intervenciones que busquen elevar la calidad general del espacio peatonal.
- *CC - Aceptable*: Eficiencia y confort moderados. Tanto la eficiencia como el confort son moderados. El movimiento es posible, pero con restricciones, y la experiencia no es ni buena ni mala. Este nivel es común en áreas urbanas con cierto nivel de actividad y requiere un análisis detallado para identificar las causas de la moderación en ambos aspectos.
- *CD - Deficiente*: Eficiencia moderada, pero confort bajo. El flujo es estable pero con restricciones, y el confort es bajo. Los peatones pueden transitar, pero su experiencia es negativa debido a las condiciones del entorno. Es un nivel que demanda acciones correctivas para mejorar la calidad de vida de los usuarios.
- *CE - Muy Pobre*: Eficiencia moderada, pero confort deficiente. La eficiencia es moderada, pero el confort es muy deficiente, indicando un espacio inseguro y con malas condiciones generales. La moderación en la eficiencia podría ser el resultado de que los peatones, aunque pueden moverse, lo hacen con dificultad o aversión.
- *CF - Inaceptable*: Eficiencia moderada, pero sin confort. La eficiencia es moderada, pero el confort es inexistente. Un entorno que, aunque permite cierto movimiento, es completamente hostil y peligroso para el peatón. Este nivel es inaceptable y requiere una intervención inmediata y radical.

3.3.3.1.4 Niveles de Servicio con Baja Eficiencia (D - HCM 2010)

- *DA - Aceptable:* Baja eficiencia, pero buen confort. El flujo está cercano a la inestabilidad y restringido, pero el confort es bueno. Este es un caso interesante donde los peatones pueden tolerar las restricciones de movimiento debido a la alta calidad del entorno. Sin embargo, la baja eficiencia sigue siendo un problema que debe abordarse para evitar la congestión.
- *DB - Deficiente:* Baja eficiencia y confort aceptable. El flujo es restringido y el confort es aceptable. La experiencia del peatón es deficiente debido a la dificultad para moverse, aunque el entorno no sea completamente incómodo. Se necesitan mejoras en la capacidad de la infraestructura.
- *DC - Deficiente:* Baja eficiencia y confort moderado. El flujo es restringido y el confort es moderado. Los peatones enfrentan dificultades para moverse y la experiencia no es particularmente agradable. Este nivel indica la necesidad de intervenciones tanto en la capacidad como en la calidad del espacio.
- *DD - Muy Pobre:* Baja eficiencia y bajo confort. Tanto la eficiencia como el confort son bajos. El movimiento es difícil y el entorno es incómodo o inseguro. Este nivel representa un problema significativo para la movilidad peatonal y la calidad de vida de los usuarios.
- *DE - Muy Deficiente:* Baja eficiencia y confort deficiente. La eficiencia es baja y el confort es muy deficiente. Los peatones se enfrentan a un entorno hostil y con serias dificultades para el movimiento. Es un nivel que requiere una reevaluación completa de la infraestructura.

- *DF - Inaceptable*: Baja eficiencia y sin confort. La eficiencia es baja y el confort es inexistente. Un escenario inaceptable donde el movimiento es muy difícil y el entorno es completamente peligroso e inhóspito. Requiere una intervención de emergencia.

3.3.3.1.5 Niveles de Servicio con Muy Baja Eficiencia (E - HCM 2010)

- *EA - Deficiente*: Muy baja eficiencia, pero buen confort. El flujo es inestable y el movimiento es difícil, pero el confort es bueno. Similar al DA, los peatones pueden tolerar las condiciones de movimiento extremadamente difíciles debido a un entorno de alta calidad. Sin embargo, la eficiencia es crítica y debe ser la prioridad de mejora.
- *EB - Muy Deficiente*: Muy baja eficiencia y confort aceptable. El flujo es inestable y el movimiento es difícil, y el confort es aceptable. La experiencia es muy deficiente debido a las restricciones de movimiento. Se requiere una mejora sustancial en la capacidad de la infraestructura.
- *EC - Muy Deficiente*: Muy baja eficiencia y confort moderado. El flujo es inestable y el movimiento es difícil, y el confort es moderado. Los peatones enfrentan serias dificultades para moverse y la experiencia no es agradable. Este nivel indica un problema grave en la infraestructura.
- *ED - Muy Pobre*: Muy baja eficiencia y bajo confort. Tanto la eficiencia como el confort son muy bajos. El movimiento es casi imposible y el entorno es incómodo o inseguro. Este nivel es crítico y representa un fallo importante en la infraestructura peatonal.
- *EE - Pésimo*: Muy baja eficiencia y confort deficiente. La eficiencia es muy baja y el confort es muy deficiente. Los peatones se encuentran en un entorno extremadamente hostil y con un movimiento casi nulo. Este nivel es pésimo y requiere una intervención total.

- *EF - Inaceptable*: Muy baja eficiencia y sin confort. La eficiencia es muy baja y el confort es inexistente. Un escenario inaceptable donde el movimiento es prácticamente imposible y el entorno es completamente peligroso e inhóspito. Es un colapso total de la infraestructura.

3.3.3.1.6 Niveles de Servicio con Nula Eficiencia (F - HCM 2010)

- *FA - Pobre*: Sin eficiencia, pero buen confort. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, pero el confort es bueno. Este es un escenario paradójico donde, a pesar de la congestión total, el entorno es percibido como agradable. Esto podría ocurrir en eventos especiales donde la gente se congrega en un espacio bien diseñado, pero la densidad es excesiva. La prioridad es restaurar la eficiencia del flujo.
- *FB - Muy Pobre*: Sin eficiencia y confort aceptable. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, y el confort es aceptable. La congestión es severa, y aunque el entorno no es completamente incómodo, la falta de movimiento hace que la experiencia sea muy negativa. Se requiere una intervención urgente para descongestionar.
- *FC - Muy Pobre*: Sin eficiencia y confort moderado. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, y el confort es moderado. La congestión es severa y la experiencia no es agradable. Este nivel indica un problema crítico que afecta tanto la funcionalidad como la calidad del espacio.
- *FD - Muy Pobre*: Sin eficiencia y bajo confort. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, y el confort es bajo. La congestión es severa y el entorno es incómodo o inseguro. Este nivel es crítico y representa un fallo total de la infraestructura peatonal.

- *FE - Pésimo*: Sin eficiencia y confort deficiente. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, y el confort es muy deficiente. La congestión es severa y el entorno es extremadamente hostil. Este nivel es pésimo y requiere una intervención inmediata y drástica.
- *FF - Inaceptable*: Sin eficiencia y sin confort. Este es el peor escenario posible. El sistema ha colapsado, el movimiento es imposible, y el confort es inexistente. La infraestructura es completamente inoperable y peligrosa para los peatones. Este nivel es inaceptable y demanda una reestructuración completa del espacio.

La Matriz de Calificación Bidimensional para Nivel de Servicio Peatonal. Integración de criterios técnicos HCM 2010 y perceptuales Sarkar permite identificar con precisión las áreas problemáticas, al considerar tanto la eficiencia del flujo como la percepción del usuario.

4. Resultados

Los resultados se presentan organizados por zona de estudio. Para cada zona se exponen, de manera sucesiva, la eficiencia operativa del flujo peatonal (método HCM 2010), las condiciones de confort y seguridad (método de Sarkar) y la evaluación mixta que integra ambos enfoques mediante la matriz de calificación bidimensional. Posteriormente se presenta una síntesis comparativa entre las dos zonas.

4.1 Resultados y análisis de la Zona 5 — FOSCAL Internacional

4.1.1 Eficiencia operativa (método HCM 2010)

Antes de determinar el *Nivel de Servicio Peatonal (NSP)* para cada tramo en las zonas de estudio, fue necesario establecer los valores de los factores que inciden en la calidad del tránsito peatonal. Estos parámetros corresponden a las variables operativas definidas en el *Highway Capacity Manual*, las cuales permiten caracterizar las condiciones de circulación de los peatones dentro del espacio disponible.

Los factores considerados, ya definidos en el apartado metodológico, fueron: *ancho efectivo del andén (m)*, *espacio peatonal promedio ($m^2/persona$)*, *intensidad peatonal promedio (personas/m/min)*, *velocidad promedio de desplazamiento (m/s)* y *densidad peatonal (personas/ m^2)*. En conjunto, estas variables permiten describir la relación entre el número de peatones que circulan en un tramo determinado, el espacio disponible para su desplazamiento y la libertad de movimiento que experimentan durante su recorrido.

A partir de los datos obtenidos durante los aforos peatonales y el levantamiento geométrico de la infraestructura, se calcularon estos indicadores para cada uno de los tramos evaluados en las zonas de estudio correspondientes a FOSCAL Internacional y al Hospital Internacional de Colombia (HIC). Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 4 y 7, donde se muestran los valores de densidad, espacio peatonal, intensidad del flujo y velocidad promedio de desplazamiento para cada tramo analizado.

La siguiente tabla presenta los factores de calidad del tránsito peatonal para los nueve tramos evaluados en la zona correspondiente a FOSCAL Internacional. En general, los valores observados indican condiciones relativamente favorables en la mayoría de los tramos, con densidades bajas y espacios peatonales superiores a $3 m^2/persona$. No obstante, el tramo *T9* presenta una densidad significativamente mayor ($1,372 personas/m^2$) y un espacio peatonal

reducido (0,92 m²/persona), lo que evidencia condiciones de congestión peatonal y una menor libertad de movimiento para los usuarios.

Tabla 4. Factores de calidad para nivel de servicio en la zona 5 FOSCAL

Tramos	Densidad	Espacio (m ² /persona)	Intensidad (persona/m/min)	Vel. Prom (m/s)
T1	0,147	6,90	0,110	0,76
T2	0,257	3,92	0,186	0,73
T3	0,199	5,08	0,129	0,66
T4	0,117	8,91	0,073	0,65
T5	0,248	4,86	0,136	0,66
T6	0,101	10,29	0,064	0,66
T7	0,127	8,12	0,063	0,51
T8	0,127	8,12	0,068	0,55
T9	1,372	0,92	0,478	0,44

4.1.2 Confort y seguridad (método Sarkar)

Con el propósito de evaluar la calidad del entorno peatonal desde la perspectiva del usuario, se aplicó la metodología propuesta por Sarkar, la cual permite analizar el Nivel de Servicio Peatonal (NSP) considerando tres atributos fundamentales del confort: físico, fisiológico y psicológico. Este enfoque complementa el análisis operativo del flujo peatonal al incorporar la percepción de los usuarios respecto a las condiciones del entorno urbano.

Para la evaluación se consideró un conjunto de criterios específicos para cada atributo, a los cuales se les asignó una valoración en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel mínimo de cumplimiento y 5 el máximo. El resultado final para cada atributo se obtuvo mediante el promedio simple de los valores asignados a sus criterios correspondientes, lo que permitió obtener un indicador sintético del desempeño de cada tramo evaluado.

Tabla 5. *Resumen resultados individuales Sarkar zona 5 FOSCAL*

Tramos	Físicos	Fisiológicos	Psicológicos
T1	1,875	1,05	0,73
T2	2,0625	1,2	1
T3	2	1,05	1
T4	1,5	1,05	0,867
T5	1,375	0,9	0,6
T6	1,437	1,2	0,73
T7	1,8125	1,35	0,867
T8	2	1,05	0,73
T9	2	1,2	0,867

En particular, se observa que los desempeños más bajos se registran en el tramo T5, especialmente en los componentes físico y fisiológico, lo cual sugiere la presencia de limitaciones relacionadas con el espacio disponible, el estado de la infraestructura o las condiciones ambientales del entorno. Asimismo, el atributo psicológico presenta valores relativamente bajos en algunos tramos, evidenciando percepciones de inseguridad o incomodidad durante el desplazamiento.

4.1.3 Evaluación mixta (matriz HCM $\times$ Sarkar)

Para la zona 5, la matriz de calificación bidimensional integra el nivel de eficiencia obtenido mediante el método HCM 2010 con el nivel de confort y seguridad determinado por el método de Sarkar. La Tabla 6 resume, para cada tramo, ambos niveles y su combinación en la matriz mixta, junto con su interpretación.

Tabla 6. *Resumen resultados individuales HCM y Sarkar zona 5 FOSCAL*

Tramos	HCM	Sarkar	Matriz combinada	Interpretación (matriz mixta)
T1	E	B	E-B	Limitaciones severas y percepción negativa marcada
T2	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T3	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T4	F	C	F-C	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos
T5	F	C	F-C	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos
T6	F	C	F-C	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos
T7	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T8	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T9	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo

4.2 Resultados y análisis de la Zona 7 — HIC

4.2.1 Eficiencia operativa (método HCM 2010)

La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos para los seis tramos evaluados en la zona del Hospital Internacional de Colombia, cuyos factores de calidad muestran una marcada heterogeneidad entre tramos. El tramo T2 concentra las condiciones más exigentes: registra la mayor densidad peatonal ($0,709 \text{ personas/m}^2$), el menor espacio disponible por peatón ($1,42 \text{ m}^2/\text{persona}$) y, de forma notable, la intensidad de flujo más alta de toda la zona ($2,563 \text{ personas/m/min}$), muy por encima de la de los demás tramos. Este comportamiento evidencia una fuerte concentración del flujo peatonal en este sector, posiblemente asociada a la cercanía de accesos principales, paradas de transporte público o puntos de alta actividad.

En un nivel intermedio se ubican los tramos T3 y T5, con densidades de $0,311$ y $0,388 \text{ personas/m}^2$ y espacios reducidos ($3,28$ y $2,68 \text{ m}^2/\text{persona}$, respectivamente), lo que indica una circulación moderadamente restringida. En contraste, los tramos T1 y T4 presentan las condiciones más holgadas en cuanto a espacio disponible ($7,07$ y $6,32 \text{ m}^2/\text{persona}$) y las densidades más bajas ($0,158$ y $0,165 \text{ personas/m}^2$); no obstante, ambos registran velocidades de desplazamiento bajas ($0,58$ y $0,46 \text{ m/s}$), lo que sugiere que la disponibilidad de espacio no se traduce necesariamente en un tránsito fluido, sino que el movimiento se ve condicionado por otros factores del entorno físico. El tramo T6 mantiene valores moderados ($0,194 \text{ personas/m}^2$ y $5,77 \text{ m}^2/\text{persona}$), en una situación intermedia entre los sectores más holgados y los más congestionados.

En conjunto, estos resultados constituyen la base para la determinación del Nivel de Servicio Peatonal (NSP) en cada tramo, y permiten identificar las secciones de la infraestructura con mayores limitaciones en términos de capacidad, eficiencia de circulación y calidad del espacio

peatonal, destacando el tramo T2 como el punto de mayor concentración de flujo dentro de la zona del HIC.

Tabla 7. *Factores de calidad para nivel de servicio en la zona 7 HIC*

Tramos	Densidad	Espacio (m ² /persona)	Intensidad (persona/m/min)	Vel. Prom (m/s)
T1	0,158	7,07	0,082	0,58
T2	0,709	1,42	2,563	3,65
T3	0,311	3,28	0,200	0,66
T4	0,165	6,32	0,073	0,46
T5	0,388	2,68	0,345	0,93
T6	0,194	5,77	0,084	0,49

4.2.2 Confort y seguridad (método Sarkar)

Por su parte, la siguiente tabla presenta los resultados correspondientes a la zona 7 del Hospital Internacional de Colombia (HIC). En este caso, los valores muestran un comportamiento relativamente homogéneo entre los tramos evaluados, aunque se identifican valores más bajos en el tramo T6, particularmente en el atributo psicológico, lo cual podría estar asociado a condiciones del entorno que afectan la percepción de seguridad o comodidad del peatón.

Tabla 8. *Resumen resultados individuales Sarkar zona 7 HIC*

Tramos	Físicos	Fisiológicos	Psicológicos
T1	1,875	1,35	0,867
T2	1,875	1,2	1
T3	2	1,05	1
T4	2	0,75	0,733
T5	1,625	1,05	1
T6	1,75	0,9	0,6

4.2.3 Evaluación mixta (matriz HCM × Sarkar)

De manera análoga, la Tabla 9 presenta para la zona 7 la integración del nivel de eficiencia (HCM 2010) y del nivel de confort y seguridad (Sarkar) para cada tramo, con su respectiva combinación e interpretación en la matriz mixta.

Tabla 9. *Resumen resultados individuales HCM y Sarkar zona 7 HIC*

Tramos	HCM	Sarkar	Matriz combinada	Interpretación (matriz mixta)
T1	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T2	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T3	F	B	F-B	Altos niveles de insatisfacción y riesgo
T4	F	C	F-C	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos
T5	E	B	E-B	Limitaciones severas y percepción negativa marcada
T6	F	C	F-C	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos

4.3 Síntesis comparativa entre zonas

4.3.1 Comparación de densidad y espacio peatonal

Previo a la evaluación mixta de ambas metodologías, se presenta una comparación de los resultados en términos de densidad y espacio peatonal, variables clave en el análisis de la eficiencia operativa del flujo peatonal. En particular, se prioriza el espacio peatonal disponible, dado que constituye el factor más crítico —y el inverso de la densidad— en la determinación del Nivel de Servicio Peatonal, conforme a los parámetros establecidos en el *Highway Capacity Manual*.

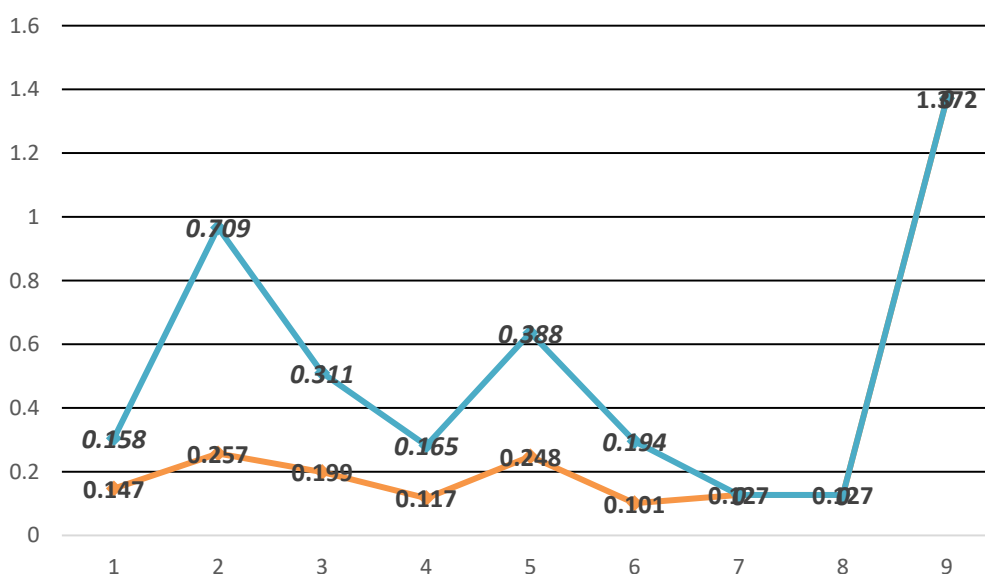
En la comparativa gráfica, la Zona 5 correspondiente a FOSCAL Internacional presenta los resultados de los tramos 1 al 9, representados mediante la serie de datos en color naranja, mientras que la Zona 7 asociada al Hospital Internacional de Colombia (HIC) ilustra sus seis tramos a través de la línea azul.

A partir de este análisis se identifica que el punto de mayor saturación peatonal corresponde al Tramo 9 de FOSCAL, con una densidad de 1,372 peatones/m², valor que indica una alta concentración de usuarios y una reducción considerable del espacio disponible para el desplazamiento. En contraste, el valor más favorable dentro de la misma zona se registra en el

Tramo 6, con una densidad de 0,101 peatones/m², lo cual sugiere condiciones de circulación más fluidas y mayor disponibilidad de espacio para los peatones.

Por su parte, los tramos evaluados en la zona del Hospital Internacional de Colombia (HIC) muestran una menor variabilidad en los valores de densidad, lo que refleja una distribución del flujo peatonal relativamente más homogénea. En este caso, el valor más favorable corresponde al Tramo 1, con una densidad de 0,158 peatones/m², mientras que el mayor nivel de concentración se presenta en el Tramo 2, con 0,709 peatones/m². La figura 26 presenta la comparación gráfica de la densidad peatonal entre las dos zonas de estudio.

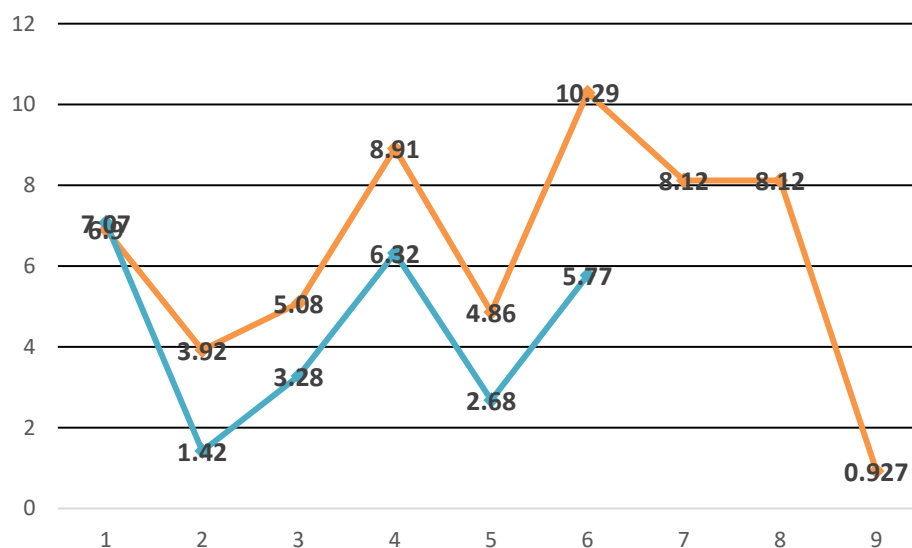
Figura 26. Comparación Densidad Peatonal Zonas 5 y 7



En términos generales, estos resultados sugieren que el entorno de FOSCAL Internacional presenta mayores contrastes en las condiciones de operación peatonal, evidenciando sectores con niveles elevados de saturación. En cambio, el entorno del HIC muestra una distribución más estable del flujo, lo cual puede asociarse tanto a una menor demanda peatonal como a condiciones de infraestructura y accesibilidad que permiten una circulación más equilibrada de los usuarios.

La figura 27 complementa esta comparación presentando los datos de manera gráfica para facilitar el contraste entre ambos entornos hospitalarios.

Figura 27. Comparación Densidad Peatonal Zonas 5 y 7



En esta comparativa, se mantienen las convenciones de color: naranja para los 9 tramos de la *FOSCAL* y azul para los 6 tramos del *HIC*. Debido a la relación inversamente proporcional entre el espacio peatonal y la densidad, los valores óptimos de espacio se registraron en el *Tramo 6 de la FOSCAL* ($10,29 m^2/p$) y en el *Tramo 1 del HIC* ($6,9 m^2/p$). Por el contrario, los puntos más críticos se identificaron en el *Tramo 9 de la FOSCAL* ($0,927 m^2/p$) y en el *Tramo 2 del HIC* ($1,42 m^2/p$).

Tal comportamiento técnico confirma que, al disminuir la densidad, el espacio disponible por peatón aumenta, lo que resulta en un *Nivel de Servicio (LOS)* óptimo. En contraste, un incremento en la densidad reduce el espacio peatonal, provocando un deterioro en la calidad operativa de la infraestructura y, por ende, un nivel de servicio deficiente.

En términos generales, los resultados indican que, aunque factores como la seguridad y la conveniencia son fundamentales en el desplazamiento peatonal, el confort del entorno urbano constituye un elemento decisivo en la disposición de los peatones a recorrer determinadas distancias, especialmente en contextos hospitalarios donde los usuarios pueden encontrarse en condiciones de vulnerabilidad o movilidad reducida.

4.3.2 Matriz combinada de ambas zonas

Finalmente, la Tabla 10 integra los resultados de ambas zonas en la matriz combinada de calificación bidimensional, ubicando el resultado general del estudio dentro del cruce entre la eficiencia (HCM 2010) y el confort y la seguridad (Sarkar).

La tabla 10 es la matriz mixta de calificación siendo el horizontal HCM de eficiencia y el vertical Sarkar de confort y seguridad, ubicando el resultado general de las zonas estudiadas en las secciones resaltadas obteniéndose la combinación de E-F (HCM) y B-C (SARKAR).

Al respecto, se puede decir que en ambos centros de atención médica se carecen de condiciones adecuadas tanto en términos de infraestructura adecuada como en términos de confort y seguridad, por lo que requiere atención de mejora en todos los aspectos, principalmente en la infraestructura física.

Tabla 10. *Resumen resultados matriz combinada HCM y Sarkar zonas 5 FOSCAL y 7 HIC*

	A	B	C	D	E	F
A	Excelente infraestructura, alto confort y seguridad	Buena infraestructura, leve percepción negativa	Buena capacidad, percepción regular	Infraestructura funcional, percepción negativa	Alta capacidad, percepción de inseguridad y baja comodidad	Desbalance: buena infraestructura, pésima percepción
B	Buen desempeño técnico y aceptable percepción	Condiciones favorables, pero margen de mejora en confort	Capacidad aceptable, con problemas de accesibilidad	Dificultades en percepción de seguridad y fluidez	Problemas estructurales y percepción negativa creciente	Desbalance crítico: flujo aceptable, pero sensación de abandono
C	Infraestructura aceptable, percepción negativa moderada	Capacidad media, dificultades en accesibilidad	Equilibrio entre fluidez y percepción, aunque mejorable	Infraestructura con limitaciones y baja seguridad	Condiciones deficientes, percepción crítica	Alto riesgo: mala infraestructura y percepción negativa extrema
D	Flujo aceptable, percepción deficiente	Infraestructura limitada con problemas de accesibilidad	Congestión y percepción negativa en ascenso	Desempeño técnico bajo y sensación de inseguridad	Condiciones de alto riesgo, baja calidad peatonal	Zona peligrosa: fluidez deficiente, percepción de abandono total
E	Deficiencia estructural con congestión	Limitaciones severas y percepción negativa marcada	Espacio insuficiente y riesgo de seguridad	Condiciones críticas: acceso y confort inadecuados	Zona de alto riesgo, condiciones inaceptables	Falla total: infraestructura en mal estado y percepción de peligro
F	Infraestructura colapsada, percepción menos negativa	Altos niveles de insatisfacción y riesgo	Pésima calidad de servicio en todos los aspectos	Alta peligrosidad y percepción de inseguridad extrema	Zona crítica, deficiencias extremas	Colapso total, sin capacidad funcional ni percepción positiva

Nota. El sombreado naranja resalta las combinaciones críticas de la matriz, en la que se ubican la mayoría de los resultados arrojados por los estudios realizados, así mismo en estas se presentan condiciones simultáneamente desfavorables tanto en eficiencia (HCM 2010) como en confort y seguridad (Sarkar), y que requieren intervención prioritaria. Elaboración propia.

4.3.3 Registro fotográfico del estado físico

Con el fin de complementar el análisis cuantitativo del tránsito peatonal, se realizó una evaluación visual del estado físico de la infraestructura peatonal en los tramos estudiados. La Figura 28

presenta algunos ejemplos representativos de las condiciones observadas durante el trabajo de campo. En general, las imágenes evidencian condiciones desfavorables para el desplazamiento peatonal, tales como la reducción del ancho efectivo de circulación, el deterioro de la superficie peatonal y la presencia de discontinuidades en la infraestructura.

En este sentido, las evidencias visuales corroboran los resultados obtenidos en el análisis de los factores de calidad del tránsito peatonal, al mostrar cómo las condiciones físicas del entorno inciden directamente en la eficiencia operativa y en la experiencia de los usuarios que transitan por los accesos peatonales hacia los centros hospitalarios analizados. De esta manera, el registro fotográfico respalda la interpretación de los niveles de servicio obtenidos y confirma que las limitaciones físicas de la infraestructura constituyen el principal factor que restringe la movilidad peatonal en las zonas de estudio.

Figura 28. *Resultado de evaluación del estado físico de la infraestructura peatonal.*





Estas condiciones afectan directamente la calidad del espacio destinado a los peatones, ya que limitan la libertad de movimiento, generan conflictos entre usuarios y reducen el nivel de confort y seguridad durante el desplazamiento. Asimismo, la presencia de estos elementos incide en la reducción del espacio peatonal efectivo, variable fundamental en la determinación del Nivel de Servicio Peatonal según los criterios del Highway Capacity Manual.

Las figuras correspondientes muestran ejemplos representativos de las condiciones observadas en las rutas peatonales analizadas durante el trabajo de campo. En ellas se evidencian diversas *limitaciones en la infraestructura peatonal*, tales como la presencia de obstáculos sobre los andenes, reducción del ancho efectivo de circulación, iluminación insuficiente y ausencia de señalización adecuada. Estas condiciones generan interferencias en el flujo peatonal y afectan la seguridad y comodidad de los usuarios durante su desplazamiento. La figura 29 ilustra los resultados obtenidos respecto a las condiciones de confort y seguridad evaluadas en las rutas peatonales objeto de estudio.

Figura 29. Resultado de condiciones de confort y seguridad en las rutas peatonales.



Asimismo, se identifican sectores donde el diseño de la infraestructura dificulta el acceso y tránsito de peatones con *movilidad reducida*, debido a la falta de rampas, desniveles pronunciados o superficies irregulares. Estas características representan barreras físicas que limitan la accesibilidad universal y pueden incrementar el riesgo de accidentes, especialmente en entornos hospitalarios donde es frecuente la presencia de personas con condiciones de salud delicadas, adultos mayores o usuarios con asistencia médica.

En conjunto, las evidencias visuales presentadas en estas figuras permiten corroborar los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo y perceptual de la infraestructura peatonal,

mostrando cómo las condiciones físicas del entorno influyen directamente en la calidad del desplazamiento, el confort del peatón y el desempeño general del sistema peatonal en las áreas de estudio.

5. Discusión y conclusiones

La infraestructura de centros hospitalarios de alta complejidad como los son en este caso el Hospital Internacional de Colombia (HIC) y la Foscal Internacional, que son nivel IV, deben garantizar condiciones estables de flujo y desplazamiento libre constante bajo condiciones operativas normales, en el contexto de urgencias médicas la congestión se convierte en un factor crítico para los pacientes, especialmente para aquellos con movilidad reducida. Sin embargo, las rutas presentan condiciones cercanas a la saturación, lo cual reduce considerablemente su capacidad para brindar condiciones aptas frente a las exigencias del entorno hospitalario.

A pesar de presentar condiciones entre buenas y aceptables de confort, el bajo nivel de servicio peatonal en general, indica que, de forma aislada, la percepción de aceptabilidad no sostiene el funcionamiento adecuado en entornos que requieren mayor exigencia. Del mismo modo, esta disonancia entre una percepción de B-C y un nivel de funcionalidad E-F puede terminar ocultando problemas de capacidad estructural que sean potencialmente críticos.

Aunque en términos de percepción los resultados sean adecuados, al integrarse con la funcionalidad de servicio peatonal físico, se obtiene un bajo desempeño. Se presentan limitaciones críticas en la infraestructura, falta de cumplimiento en los tramos que componen las rutas de acceso, lo que resultan incongruente con los principios de accesibilidad universal y movilidad adecuada para los usuarios en este tipo de centros de alta complejidad.

Mediante la aplicación de la metodología del HCM 2010 se determinaron los niveles de servicio peatonal en todas las rutas que conectan las paradas del sistema de transporte público con los centros hospitalarios objeto del presente estudio, obteniéndose los niveles E y F. Estos niveles implican condiciones de movimiento restringido, velocidad disminuida, libertad limitada para maniobrar e interrupciones frecuentes, junto con una pérdida significativa de funcionalidad operativa derivada de la reducción del espacio y la velocidad disponibles, lo que corresponde a un estado de falla operativa.

Por su parte, la aplicación de la metodología de Sarkar en ambas zonas evidenció que la percepción de confort de los peatones corresponde a los niveles B y C. Esto refleja un flujo relativamente cómodo —aunque algo reducido en horas de alta demanda—, una buena libertad de movimiento ocasionalmente limitada y una sensación general de seguridad; es decir, condiciones clasificables de buenas a aceptables, pero que no alcanzan los estándares de desempeño requeridos en infraestructuras hospitalarias.

La comparación e integración de ambas metodologías permitió una evaluación integral de los factores que afectan el nivel de servicio peatonal, tanto en su eficiencia funcional como en su dimensión perceptiva. La combinación de una funcionalidad operativa E-F con una percepción de confort y seguridad B-C, de acuerdo con la matriz combinada, evidencia limitaciones físicas críticas en la infraestructura que, sin embargo, no son percibidas con la misma gravedad por los usuarios. Esta disonancia entre el desempeño operativo real y la percepción del peatón constituye un aspecto prioritario que debe ser atendido en futuras intervenciones.

Referencias

- [1] Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual (HCM 2010)*. Washington, D.C., 2010.
- [2] Sarkar, S. *Determination of service levels for pedestrians, with European examples*. Transportation Research Record, no. 1405, pp. 35–42, 1993.
- [3] Z. Zheng *et al.*, “Spatial Accessibility to Hospitals Based on Web Mapping API: An Empirical Study in Kaifeng, China,” *Sustainability*, vol. 11, no. 4, p. 1160, Feb. 2019, doi: 10.3390/su11041160.
- [4] HANSEN W. G. Hansen, “How accessibility shapes land use,” *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, no. 2, pp. 73–76, 1959.
- [5] A. Gelvis Vera, “Análisis de accesibilidad y nivel de servicio... Hospital Universitario de Santander (HUS),” Pregrado Ingeniería Civil, 2022.
- [6] L. E. Prada Bretón, N. L. Laurens Acevedo, G. Martínez Cortes y S. A. Cristancho Varela, “Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana,” Bogotá, 2019. [Online]. Disponible en: <http://www.pactodeproductividad.com/pdf/guiageneralsobreaccesibilidad.pdf>.
- [7] S. M. Durán Rojas. “Estudio de la accesibilidad peatonal mediante sistemas de información geográfica. Estado actual en la zona de influencia de la infraestructura hospitalaria del Área Metropolitana de Bucaramanga.”
- [8] Congreso de la República de Colombia. “Ley 1618 de 2013: Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad”. 2013.

- [9] S. M. Durán Rojas. “Estado de la movilidad peatonal en zonas de influencia de la infraestructura hospitalaria del AMB, a partir del análisis de nivel de accesibilidad del entorno físico. Fase II”
- [10] O. M. Martínez Sanabria y O. D. León León, “Análisis de la influencia de la accesibilidad... Hospital Universitario de Santander (HUS),” Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, 2020.
- [11] F. Á. Cerquera Escobar, “Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial,” Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Boyacá, Colombia, Reporte Técnico, oct. 2007.
- [12] United States Department of Transportation (USDOT), “Designing Sidewalks and Trails for Access Part II of II,” 2011.
- [13] A. M. Martínez-Rozo, A. F. Uribe-Rodríguez, y H. J. Velázquez-González, “La discapacidad y su estado actual en la legislación colombiana,” *Duazary*, vol. 12, no. 1, pp. 49-58, ene.-dic. 2015.
- [14] Congreso de la República de Colombia, “Ley 361 de 1997: Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones,” Diario oficial No. 42978, Bogotá, D.C., Colombia, feb. 1997.
- [15] Presidencia de la República de Colombia. (2003). Decreto 1660 de 2003: *Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población con movilidad reducida*.
- [16] ICONTEC. NTC 6047: *Accesibilidad al medio físico. Espacios de circulación peatonal*. 2017.

- [17] SUSAN HANDY S. Handy, "Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 1, no. 2, pp. 151–165, 1996.
- [18] FRUIN J. J. Fruin, *Pedestrian Planning and Design*. New York, NY, USA: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.
- [19] Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), "Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) 2011-2030," Bucaramanga, Santander, Colombia, 2011.
- [20] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), "Proyecciones de población municipal por área, sexo y grupos de edad: Bucaramanga, Santander 2018-2050," Bogotá, D.C., Colombia, 2025. [Online]. Disponible: <https://www.dane.gov.co/> [Consultado: 26-feb-2026].
- [21] PDM. Alcaldía de Bucaramanga, "Plan de Desarrollo Municipal 'Bucaramanga Avanza Segura' 2024-2027," Bucaramanga, Santander, Colombia, 2024.
- [22] Alcaldía de Bucaramanga, "Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga," Bucaramanga, 2016. [Online]. Disponible en: <https://www.bucaramanga.gov.co/plan-de-ordenamiento-territorial>.
- [23] PMEP, "Síntesis del Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga," Bucaramanga, 2018. [Online]. Disponible en: <https://www.bucaramanga.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/01-Cartilla-Sintesis.pdf>
- [24] Alcaldía de Bucaramanga, "Manual de Diseño y Construcción de los Elementos del Espacio Público de Bucaramanga," Bucaramanga, Santander, Colombia, 2025.
- [25] Congreso de la República de Colombia. *Constitución Política de Colombia*. 1991.

- [26] PDM FLORIDA. Alcaldía de Floridablanca, "Plan de Desarrollo 'Floridablanca en Orden' 2024-2027," Floridablanca, Santander, Colombia, 2024.
- [27] J. M. Márquez Cocunubo y S. Torrado Caicedo, "Delimitación de áreas de influencia de movilidad peatonal a partir de rutas de acceso en el entorno urbano hospitalario del Área Metropolitana de Bucaramanga," Trabajo de grado, Programa de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Santander, Colombia, 2024.
- [28] Google, "Mapa de centros de salud y hospitales en Bucaramanga y Floridablanca," Google Maps, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps> [Accedido: 26-feb-2026].
- [29] [1] Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), "Esquema de rutas y cobertura del sistema de transporte," amb.gov.co, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.amb.gov.co> [Accedido: 26-feb-2026].
- [30] Google, "Ubicación HIC CIE IMAP y corredor vial Floridablanca-Piedecuesta," Google Maps, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps> [Accedido: 13-may-2026].
- [31] Google, "Plano detallado del sector Cañaveral y Clínica Foscal, Floridablanca," Google Maps, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps> [Accedido: 13-may-2026].
- [32] Google Earth Pro, "Bucaramanga y Floridablanca, Santander," 7.3. ed., 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/earth/> [Accedido: 13-may-2026].
- [33] Google Maps, "Sector Clínica FOSCAL Internacional y el Bosque," 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps> [Accedido: 13-may-2026].

- [34] Google Maps, “Sector Hospital Internacional de Colombia - HIC y Fundación Cardiovascular,” 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps> [Accedido: 13-may-2026].