

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Análisis de la Influencia de la Accesibilidad en la Movilidad Peatonal en el Espacio Público
Próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la Ciudad de Bucaramanga: Una
Revisión Metodológica**

Oscar Mauricio Martinez Sanabria, Oscar David León León

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Directora

D.I Sandra Marcela Durán Rojas

MS. Ergonomía

Codirector

Ing. Yerly Fabián Martínez Estupiñán

PhD. (c) Ciencias de la Ingeniería

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Civil

2020

Contenido	Pág.
Introducción	10
1. Análisis de la Influencia de la Accesibilidad en la Movilidad Peatonal en el Espacio Público Próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la Ciudad de Bucaramanga: Una Revisión Metodológica	11
1.1 Formulación del Problema	11
1.2 Pregunta de Investigación.....	14
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo General.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. Justificación.....	15
4. Marco Referencial.....	17
4.1 Marco Contextual.....	17
4.1.1 Oferta y Demanda de Servicios de Salud en Bucaramanga	17
4.1.2 Infraestructura Pública de salud	18
4.1.3 Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga	19
4.1.3.1 El Espacio Público y la Equidad Territorial y Ciudadana.....	19
4.1.3.2 Problemas y Potencialidades del Espacio Público	20
4.1.4 Proyección de Bucaramanga Como Ciudad Inteligente.....	22
4.1.4.1 Ejes Temáticos para el Desarrollo Integrado del Territorio	22
4.2 Marco Teórico.....	23
4.2.1 Referentes de Investigación	23
4.2.2 Metodologías de Análisis de Capacidad Peatonal.....	28
4.2.2.1 Metodología de Análisis Peatonal Presentada Por el HCM, 2010	29
4.2.2.2 Metodología de Análisis Peatonal Presentada Por Guio, Dueñez & Díaz	34

4.3 Marco Conceptual	40
4.3.1 El Peatón Con Movilidad Reducida (PMR).....	40
4.3.2 Capacidad de la Red Peatonal	42
4.3.3 Niveles de Servicio de la Infraestructura Peatonal.....	43
4.3.4 Parámetros Macroscópicos y Microscópicos del Flujo Peatonal	47
4.4 Normatividad Aplicable	47
4.4.1 Normatividad de Accesibilidad e Inclusión en Colombia.....	47
4.4.2 Normativa de Movilidad Peatonal en Colombia	49
5. Metodología	51
6. Análisis Comparativo	55
6.1 Comparación de las Metodologías de Estudios de Movilidad Peatonal	55
6.1.1 NCHRP. (2006). Report 562 “Improving Pedestrian Safety at un Signalized Crossings”. The National Cooperative Highway Research Program.	59
6.1.2 Sarkar, S. (2003). Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. Conference Presented In TRB.	62
6.1.3 Daamen Y Hoogendoorn (2010). Emergency Door Capacity: Influence of Door Width, Population Composition and Stress Level.	67
7. Resultados	70
7.1 Cuadro de Clasificación de las Metodologías Seleccionadas Con Criterios de Accesibilidad y Movilidad Propios de la Zona de Estudio	73
7.2 Consideraciones Para la Aplicación de la Metodología Sarkar, 2003 en la Zona Próxima al Hospital Universitario de Santander de La Ciudad de Bucaramanga	77
8. Conclusiones	84
Referencias	86
Apéndices	90

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Especificaciones de análisis de la capacidad en manuales y estudios de peatones</i>	28
Tabla 2. <i>Niveles de servicio de calzadas y aceras peatonales HCM 2010</i>	31
Tabla 3. <i>Niveles de servicio para Intersecciones No Señalizadas</i>	34
Tabla 4. <i>Niveles de servicio en aceras</i>	35
Tabla 5. <i>Velocidad media ideal peatonal a flujo libre bajo diferentes pendientes.....</i>	36
Tabla 6. <i>Valores equivalentes por edad y género</i>	37
Tabla 7. <i>Valores de Ajuste para grado y condición de la acera.....</i>	37
Tabla 8. <i>Valores de Ajuste para división direccional</i>	37
Tabla 9. <i>Valores de Ajuste para Capacidad de Uso</i>	38
Tabla 10. <i>Valores equivalentes para peatones con objetos</i>	39
Tabla 11. <i>Criterios de ajuste para tipo de zona.....</i>	39
Tabla 12. <i>Criterios de Ajuste para ancho restringido</i>	39
Tabla 13. <i>Comparación de metodologías HCM y Propuesta por Guío, Dueñas & Díaz.....</i>	40
Tabla 14. <i>Niveles de servicio para andenes y senderos peatonales</i>	45
Tabla 15. <i>Nivel de servicio para peatones en intersección semaforizada</i>	46
Tabla 16. <i>Criterios de clasificación del nivel de servicio en aceras</i>	46
Tabla 17. <i>Desarrollo Metodológico del Proyecto</i>	54
Tabla 18. <i>Cuadro de Revisión y Clasificación Bibliográfica</i>	56
Tabla 19. <i>Resumen de las medidas de eficacia de los pasos de peatones</i>	60
Tabla 20. <i>Niveles de servicio A – F para el confort de los peatones.....</i>	63
Tabla 21. <i>Espacios Propensos a la contaminación atmosférica</i>	66
Tabla 22. <i>Cuadro de clasificación de criterios de accesibilidad y movilidad peatonal para la aplicación en la zona de estudio</i>	73

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Articulación del Sistema de Espacio Público</i>	12
Figura 2. <i>Problemáticas de conectividad en la ciudad de Bucaramanga</i>	21
Figura 3. <i>Esquema metodológico para estimación de capacidad y nivel de servicio</i>	29
Figura 4. <i>Flujograma Metodológico.....</i>	54
Figura 5. <i>Esquema Basado en el Confort</i>	62
Figura 6. <i>Tendencia de Estudios sobre Movilidad Peatonal</i>	70
Figura 7. <i>Inclusión de las personas con discapacidad en las metodologías de estudio.....</i>	71
Figura 8. <i>Tipo de Flujo considerado en las metodologías de estudio peatonal</i>	72
Figura 9. <i>Parámetros considerados en las metodologías de estudio peatonal</i>	72
Figura 10. <i>Clasificación de variables incluidas en las metodologías seleccionadas.....</i>	76
Figura 11. <i>Dimensión transversal de elementos tipo andén en HUS</i>	77
Figura 12. <i>Desnivel de elementos tipo vado HUS</i>	78
Figura 13. <i>Ancho de Elemento tipo vado HUS</i>	79
Figura 14. <i>Zonas críticas para el estudio peatonal</i>	80

Lista de Apéndices

Pág.

Apéndice A. <i>Herramienta de Recolección de información para aforos peatonales en zonas de flujo continuo</i>	90
Apéndice B. <i>Herramienta de Recolección de información para aforos peatonales incluyendo a las personas con discapacidad</i>	91

Resumen

El presente proyecto se centró en la búsqueda de una metodología de estimación de capacidad y nivel de servicio en infraestructura peatonal, que permita analizar la relación del grado de accesibilidad y la movilidad peatonal en el espacio público próximo al Hospital Universitario de Santander. Este tipo de infraestructura debe planearse y diseñarse teniendo como fundamento principal los principios de diseño universal; ya que la accesibilidad se considera esencial si se espera que la ciudad cumpla con los requerimientos para concebirse como una ciudad inteligente en un futuro. La búsqueda sistemática y estructurada en fuentes y bases de datos, permitió seleccionar la metodología presentada por Sarkar, 2003 como el eje central para realizar un estudio peatonal con un carácter mixto, incluyendo variables de estudio cuantitativas y la percepción de confort por parte de los peatones con déficit motriz.

Palabras Clave: Nivel de servicio, Grado de accesibilidad, Infraestructura peatonal, Diseño Universal, Ciudad Inteligente.

Abstract

This project focused on the search for a methodology for estimating capacity and level of service in pedestrian infrastructure, which allows to analyze the relationship of the degree of accessibility and pedestrian mobility in the public space near the University Hospital of Santander. This type of infrastructure should be planned and designed with the main foundation of the principles of universal design; accessibility is considered essential if the city is expected to meet the requirements to be conceived as a smart city in the future. The systematic and structured search in sources and databases, allowed to select the methodology presented by Sarkar, 2003 as the central axis to carry out a pedestrian study with a mixed character, including quantitative study variables and the perception of comfort by pedestrians with motor deficits.

Keywords: Service Level, Degree of Accessibility, Pedestrian Infrastructure, Universal Design, Smart City.

Glosario

Accesibilidad: Condición que debe disponer un entorno urbano, edificación, producto, servicio o medio de comunicación para ser utilizado en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía por todas las personas.

Ciudad Inteligente: Ciudad Accesible, Amigable, Asequible, Eficiente, Inclusiva, Integradora, Participativa, Segura y Sostenible.

Cruce Peatonal: Franja de la vía empleada como trayectoria que debe seguir los peatones al atravesar una calzada.

Deficiencia: Pérdida o anormalidad ya sea permanente o transitoria, de una estructura o función fisiológica, mental, psicológica o anatómica.

Diseño Universal: Diseño de productos y entornos aptos para el uso del mayor número de personas sin necesidad de adaptaciones ni de un diseño especializado.

Equipamiento Urbano: Elementos que enlazan y regulan la movilidad peatonal; su emplazamiento debe responder a estudios de accidentalidad y factibilidad que justifiquen su utilización.

Espacio público: Lugar donde cualquier ciudadano tiene el derecho de circular. Es un espacio de propiedad y uso público.

Itinerario Peatonal: Recorrido destinado al tránsito de peatones que permite acceder a la edificación y a los diferentes espacios de uso público.

Nivel de Servicio: Parámetro para estimar la calidad de circulación en una infraestructura peatonal sustentado en criterios como volúmenes, velocidad y densidad.

Peatón: Individuo que se desplaza a pie, coches de niños, silla de ruedas o similar.

Introducción

La población con deficiencia motriz o movilidad reducida está expuesta a desigualdad de oportunidades debido a la alteración de la capacidad para moverse de forma adecuada o realizar movimientos con precisión, y a su vez los limita en su desarrollo personal y social. Por ello, si las barreras de su entorno físico son eliminadas no cambiaría la deficiencia motriz existente, pero sí podría generar una reducción significativa del nivel de esfuerzo exigido y un aumento en la percepción de confort generada por el ambiente.

La relación que existe entre la accesibilidad y la infraestructura relacionada con los servicios de salud pone en evidencia la importancia asignada a la disponibilidad de información y adopción de criterios en los que se tengan en cuenta las necesidades de la población más vulnerable. Para proporcionar una mejor integración, igualdad de oportunidades y una mayor autonomía, se requiere una adaptación en el ambiente y en el entorno físico en el que se desarrolla cada individuo, teniendo en cuenta que el nivel de funcionalidad de la población está ligado al nivel de exigencia de su entorno físico.

De esta manera, y considerando como eje central la visión actual de la ciudad de Bucaramanga en su búsqueda por convertirse en una ciudad inteligente, en el presente proyecto se analizan estudios metodológicos que permiten relacionar las condiciones de accesibilidad del entorno físico y la capacidad o el nivel de servicio de la infraestructura peatonal próxima al Hospital Universitario de Santander. Así mismo, se propone la adaptación de una metodología de análisis peatonal de carácter cualitativo con la inclusión de variables de estudio peatonal a nivel macroscópico y microscópico, estructurando una metodología de carácter mixto y con una amplia aplicabilidad en la zona de estudio.

1. Análisis de la influencia de la Accesibilidad en la Movilidad peatonal en el Espacio Público Próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la Ciudad de Bucaramanga: Una Revisión Metodológica

1.1 Formulación del Problema

El desarrollo de la ciudad de Bucaramanga ha sido notable y su población ha aumentado de manera significativa, incrementando las necesidades de infraestructura para suplir necesidades tales como: la salud, la educación, la vivienda, y los espacios recreativos. La perspectiva de poder convertirse en una ciudad inteligente (Smart City) es uno de los motivos por los cuales es necesario dar paso a la innovación y optimización de recursos existentes que cumplan con los criterios de calidad, seguridad, sostenibilidad, durabilidad y funcionalidad. El propósito final de una Smart City es alcanzar una gestión eficiente en todas las áreas de la ciudad (urbanismo, infraestructuras, transporte, servicios, educación, sanidad, seguridad pública, energía, etc.), satisfaciendo a la vez las necesidades de la urbe y de sus ciudadanos. [1]

El sistema general de espacio público de la ciudad de Bucaramanga (contemplado en el Decreto 078 de 2008) está desarticulado en relación con los elementos que permiten la interacción, la accesibilidad y la movilización del hombre en el espacio físico; esta fragmentación socioespacial y el fortalecimiento del modelo de ciudad centrado en el automotor se presentan como consecuencia de la falta de una estructura de conectividad que priorice al peatón y a los sistemas de movilidad no motorizados en el territorio y que fortalezca el transporte activo [2]; por lo tanto, es fundamental la búsqueda de soluciones efectivas que permitan un sistema integral y la conformación de un elemento que articule con los demás sistemas estructurantes del territorio.

Figura 1. *Articulación del Sistema de Espacio Público.*

Adaptado del Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bucaramanga POT (2013 – 2027).

Dentro de las propuestas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga se encuentra el consolidar el espacio público como un eje articulador de la transformación de la ciudad. Esta propuesta requiere de la ejecución de diferentes estrategias tales como la incorporación de la normativa sobre franjas funcionales de los andenes, ampliación de las zonas de circulación peatonal, accesibilidad universal y organización del amoblamiento, mobiliario Urbano, arborización y señalización.

Es necesario la aplicación real del concepto de accesibilidad universal con la finalidad de crear espacios íntegros, funcionales y autónomos que consideran la interacción entre las personas y el entorno físico; así mismo, se generan espacios incluyentes priorizando las necesidades de la población vulnerable.

No obstante, la generación de dichos espacios incluyentes es una de las principales limitantes para la transformación de Bucaramanga en una ciudad inteligente. Dentro de las mayores problemáticas en términos de inclusión de aquellas personas que presentan algún tipo de discapacidad (temporal o permanente) se encuentra la accesibilidad en el espacio público; las barreras y obstáculos en este espacio contribuyen a la exclusión territorial y limitan la vida cotidiana, al recluir a algunos habitantes en su propia vivienda o en instituciones en las que pareciera que la población es dependiente de la estructura espacial de su entorno [3]. Si la

accesibilidad integral para todos es una obligación normativa y moral, la que atañe a espacios de uso público, independientemente de su titularidad, es la que precisa acciones más urgentes, como sería el caso de centros de salud, educativos, parques o espacio público urbano. [4].

Las zonas contiguas al Hospital Universitario de Santander (HUS) presentan múltiples barreras arquitectónicas y urbanísticas que impiden una movilidad libre y autónoma de la población. Las barreras físicas frenan o cortan la movilidad espacial de las personas con discapacidad y son causantes de la restricción de sus actividades cotidianas; adicionalmente, es posible evidenciar la dificultad de acceso a la infraestructura de salud, traducido en retrasos de tiempo y mayores esfuerzos operativos en la movilización; por otra parte, la deficiencia de accesibilidad ocasiona daños a los dispositivos para movilidad asistida, fundamentales para el desplazamiento al punto de servicio de salud.

Los resultados obtenidos en la primera fase de Investigación con el proyecto denominado “Diagnóstico de Accesibilidad, en el Espacio Público próximo a los Hospitales Y Clínicas de Niveles III Y IV de La Ciudad de Bucaramanga” enfatizan sobre la presencia de diversos factores como deterioros de las zonas peatonales debido a cargas impuestas del tráfico de peatones, incumplimiento de dimensiones mínimas según manuales de espacio público, falta de elementos de orientación para las personas con discapacidad visual, discontinuidades de los senderos peatonales y la necesidad de una gestión proactiva de la accesibilidad universal. Sin embargo, para complementar la investigación y generar un panorama completo de las consecuencias de la desarticulación del espacio público; el presente proyecto relaciona los parámetros de la fase inicial, con la perspectiva desde la movilidad peatonal en el entorno urbano; debido a que este último determina las características físicas para potenciar los desplazamientos peatonales se busca dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

1.2 Pregunta de Investigación

¿Cuál es la metodología de estimación de capacidad y nivel de servicio en infraestructura peatonal que incluye a las personas con discapacidad y criterios de accesibilidad para ser aplicada en el espacio público próximo al hospital universitario de Santander?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- ⊖ Identificar las metodologías de estimación de capacidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal que incluyen en sus análisis la variable de accesibilidad y son aplicables a la zona próxima del Hospital Universitario de Santander (HUS), como aporte a la proyección de un sistema de espacio público integral e incluyente en la ciudad de Bucaramanga.

2.2 Objetivos Específicos

- ⊖ Realizar una revisión bibliográfica de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y el nivel de servicio de la infraestructura peatonal.
- ⊖ Realizar una selección de las metodologías de estimación de capacidad y nivel de servicio que incluyen la variable de accesibilidad y las personas con algún tipo de discapacidad.
- ⊖ Determinar la metodología más pertinente para aplicarse en la zona estudio por medio de una clasificación de criterios de accesibilidad propios de la zona.
- ⊖ Establecer recomendaciones en términos de accesibilidad y movilidad peatonal para la adaptación de la metodología seleccionada y la posterior aplicación en la zona de estudio.

3. Justificación

El espacio público es un centro de construcción y transformación de una ciudad; es el principal punto de encuentro de los diferentes habitantes y al permitir la socialización e interacción entre estos se crean diferentes perspectivas, miradas e imaginarios de lo que es la ciudad y cómo sus habitantes la viven [5]. La accesibilidad y la movilidad peatonal adquieren un papel fundamental en la planeación del entorno urbano, al permitir un uso seguro, digno y autónomo del sistema integral de espacio público.

A partir de los resultados obtenidos del proyecto de investigación denominado “Diagnóstico de accesibilidad, espacio público próximo a hospitales y clínicas de niveles III y IV de la ciudad de Bucaramanga” el cual se centró en la verificación del cumplimiento de criterios de accesibilidad en la zona de estudio mencionada, se concluye que es pertinente continuar con una segunda fase del proyecto, donde se relacione la accesibilidad y la movilidad peatonal en el marco de la proyección de Bucaramanga como una ciudad inteligente. El presente proyecto busca obtener una metodología de análisis peatonal que permita relacionar el grado de accesibilidad y el nivel de calidad de flujo de la infraestructura peatonal.

La relación descrita anteriormente tiene la finalidad de permitir la construcción de espacios íntegros, funcionales y autónomos que consideren la interacción entre las personas y el entorno físico; de esta forma, se generan espacios incluyentes e inteligentes como consecuencia de una gestión sostenible y proactiva de la accesibilidad universal para todo tipo de población sin distinguir requerimientos o capacidades especiales. Inicialmente, la construcción de una ciudad inteligente implica enfocar los esfuerzos en la conformación física del territorio, como un factor determinante de las consecuencias económicas y sociales que ocurren en la ciudad [6]. Para obtener lo mencionado, se deben establecer parámetros de accesibilidad para optimizar el

funcionamiento de la ciudad; las conexiones, los flujos de usuarios y la zonificación de las actividades o usos de las zonas permiten la creación de espacios con capacidad de adaptación a cualquier tipo de usuario.

Es relevante denotar que la identificación y caracterización de factores relacionados con los viajes peatonales son necesarios para llevar a cabo una integración efectiva de la estructura urbana y de los patrones de viaje en el marco de la planificación y gestión de la movilidad [7]; la movilidad peatonal es el principal factor en las relaciones socioeconómicas en el espacio público y representa la base para la conformación de un sistema de transporte público estructurado, por lo tanto, es indispensable en la conformación de planes de desarrollo integrales e inclusivos.

En este contexto, la forma de lograr el aumento de los recorridos a pie consiste en planificar y diseñar las ciudades, así como, cada una de sus áreas, de forma que la marcha a pie resulte practicable para la mayoría de los desplazamientos urbanos necesarios (salud, educación, labores sociales). La ejecución del proyecto dentro del ámbito social representa un punto de partida para la estructuración de un plan de movilidad integral, en el cual se dé prioridad a las zonas indispensables para la preservación de la vida y se maximicen los índices de accesibilidad para las personas con algún tipo de discapacidad.

En definitiva, la ciudad de Bucaramanga a través de su clara visión de ciudad inteligente busca considerarse como una entidad reconocida por su capacidad y su competencia técnica ante sus habitantes y administraciones públicas, como ente rector de la planificación y desarrollo integrado del territorio, orientado al desarrollo sostenible, a la movilidad y al mejoramiento de la calidad de vida [8]. Sin embargo, es evidente la necesidad de priorizar la accesibilidad y la movilidad peatonal como parte fundamental en la creación de un verdadero sistema integral de espacio público y el fortalecimiento del tejido social.

4. Marco Referencial

4.1 Marco Contextual

4.1.1 Oferta y Demanda de Servicios de Salud en Bucaramanga

La prestación de servicios de salud ha sido fundamental para suplir necesidades presentes de la población bumanguesa, quienes acuden a la ciudad de Bucaramanga considerando las IPS que ofertan servicios de alta complejidad. “Estas instituciones proveen servicios ambulatorios y de hospitalización especializados que requieren de alta tecnología y grado de especialización en áreas como: neurocirugía, neurología, oncología, cirugía plástica, oftalmología, gastroenterología, otorrinolaringología, endocrinología, urología, cardiología, neumología y hematología, entre otras” [9].

En Bucaramanga y los tres municipios del área metropolitana se encuentran 16 IPS que ofertan servicios de alta complejidad de las cuales una (1) es de carácter público y corresponde al Hospital universitario de Santander (HUS) que oferta servicios de alta complejidad en el área de consulta externa y hospitalaria, y es referente en todo el oriente colombiano; las demás IPS son de carácter privado; Las IPS que ofertan los dos servicios hospitalarios y consulta externa de servicios de alta complejidad son la Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lulle (FOSCAL), Fundación Cardiovascular de Colombia (F.C.V), SaludCoop Cañaveral, geográficamente ubicadas en el municipio de Floridablanca; las clínicas Chicamocha, La Merced, Metropolitana, Bucaramanga, Materno Infantil San Luis, SaludCoop Bucaramanga, y Hospital Universitario los Comuneros [9].

El nivel de desempeño de las clínicas y hospitales de Bucaramanga y su área metropolitana en cuanto la gestión de sus procesos y determinar con los requisitos de nivel de servicio, depende de un sistema de clasificación compuesto por cinco niveles: Nivel I-Organización inexperta en la

gestión por procesos. Nivel II-Organización con una gestión por procesos elemental. Nivel III- Organización con una gestión por procesos controlada. Nivel IV- Organización con una gestión por procesos avanzada. Nivel V- Organización con una gestión por procesos optimizada. Cada nivel consta de una descripción general y de una serie de subcriterios que evidencian el cumplimiento o no de los requisitos claves que debe poseer la organización para estar en cierto nivel de desempeño en la gestión de sus procesos [10].

En la clasificación relacionada con los niveles de complejidad según [10] “se obtuvo que un 53% de las empresas encuestadas, están dedicadas a la prestación de servicios de salud de nivel II y 47% prestan servicios especializados de salud en nivel III; donde se agrupan de la siguiente forma:

- ⊗ La Clínica Cardiovascular, la Foscal, la Clínica San Luis, la Clínica Chicamocha, la Clínica Bucaramanga, y la IPS de Comfenalco; cuenta valoraciones entre los niveles 4 y 5.
- ⊗ El Hospital Universitario de Santander, Hospital San Juan de Floridablanca, la Clínica Oftalmológica y una clínica de la ciudad de Bucaramanga por petición de ellos confidencial, que según sus respuestas están en su nivel de gestión por procesos en un nivel 3, nivel de gestión controlado.

4.1.2 Infraestructura Pública de Salud

La población que habita en el territorio del municipio, departamento o distrito, requiere acceder a los servicios de salud básicos, sin embargo, no se tiene la capacidad instalada suficiente o en el peor de los casos no existen puestos o centros de salud para garantizar la prestación de servicios. Esto afecta la calidad de la salud del municipio, distrito o departamento. “Se propone la

construcción de infraestructura y dotación básica de salud para fortalecer la red pública resolviendo en gran medida el problema” [11].

Las debilidades en la infraestructura física existente generan falta de oportunidad en la atención por la insuficiencia de espacio físico adecuado. La prestación del servicio de salud se realiza en sitios no aptos, además que los puestos o centros de salud que existen están deteriorados o tienen baja capacidad de oferta de servicios.

Como lo expresa [11], en la infraestructura de salud debe tener en cuenta equidad ya que implica acciones y esfuerzos encaminados hacia el mejoramiento del estado de salud de la población y el goce efectivo del derecho a la salud. Esto requiere mejorar el acceso y la calidad de los servicios, fortalecer la infraestructura pública hospitalaria, disminuir las brechas y barreras arquitectónicas, recuperar la confianza pública en el sistema de salud y asegurar la sostenibilidad financiera del sistema.

4.1.3 Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga

4.1.3.1 El Espacio Público y la Equidad Territorial y Ciudadana. Con la Ley 388 de 1997 en Colombia, se inició un proceso en términos de implementación de políticas públicas territoriales para el ordenamiento; en especial formular políticas públicas en torno a la recuperación y generación del espacio público como lugar de acuerdo ciudadano, como instrumento político que permita el liderazgo ciudadano y como escenario para la democracia de las ciudades.

En conformidad con lo expuesto en el Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga [5], esta ciudad fue una de las primeras ciudades en Colombia en la formulación de Planes de Ordenamiento Territorial modernos. Este fue un ejercicio planteado desde la interdisciplinariedad

que busca promover un ordenamiento territorial integral, partiendo de una premisa fundamental: la recuperación de los valores ambientales, la recuperación y generación de espacio público, como espacios de encuentro ciudadano y fortalecimiento de ciudadanía, y la comprensión y reconocimiento de la ciudad como el escenario social que permite la relación de los seres humanos y que genera a partir de ella la construcción de un colectivo que dinamiza, cualifica, actúa, transforma y potencia una verdadera ciudad.

4.1.3.2 Problemáticas y Potencialidades del Espacio Público. Según lo expresado en [5], tanto las problemáticas como las potencialidades en el espacio público de Bucaramanga están asociadas a elementos estructurantes del territorio. Entre estos elementos se encuentra el componente natural (estructura ecológica), el componente artificial (sistema vial, equipamientos) y el componente complementario (amoblamiento urbano, arborización e iluminación).

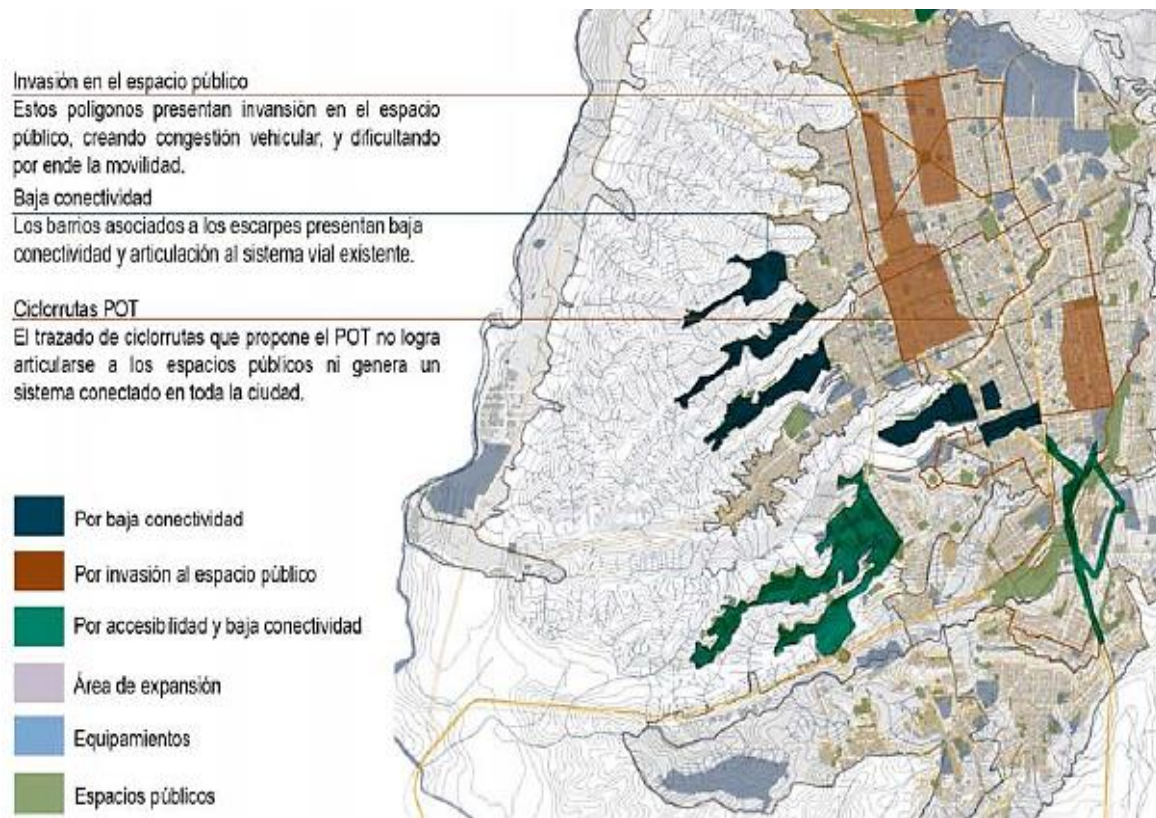
Dentro de los grandes problemas se encuentra la fragmentación socioespacial y el fortalecimiento del modelo de ciudad centrado en el automotor como consecuencia de la falta de una estructura de conectividad que priorice al peatón y a los sistemas de movilidad no motorizados en el territorio y que fortalezca el transporte activo. Asimismo, el sistema de espacios públicos se encuentra desconectado y desarticulado debido, entre otros, a un sistema vial eficiente y a un transporte público y una red de ciclorrutas fragmentadas e insuficientes. Los andenes tienen anchos menores al establecido por [2] y sin antejardines, y franjas de amoblamiento a lo largo de la franja de circulación afectan la calidad de los espacios públicos. A su vez, se presenta un bajo índice de arborización que acompañe los sistemas viales y peatonales que la estructuran.

Por otra parte, dentro de las potencialidades se encuentran procesos planificados como el Plan de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, y el Plan Maestro de Movilidad de

Bucaramanga, los cuales buscan optimizar el sistema de conectividad territorial. Asimismo, en [2] se apunta al desarrollo de las infraestructuras de los sistemas de andenes y ciclorrutas, por lo cual puede jugar un rol importante en la definición de los tratamientos urbanísticos de suelos de la ciudad.

Adicionalmente, en el espacio público se presentan conflictos debido a la coordinación de intereses en el uso y apropiación de un lugar; entre los más relevantes se encuentran: la generación de asentamientos (zonas de mejoramiento integral, apropiación de suelos públicos), el manejo de espacios públicos y de interés (construcción y señalización de espacio público en desacuerdo con las normas de accesibilidad vigente), y el uso del espacio público (ventas ambulantes, estacionamientos, parqueo indebido, percepción de inseguridad).

Figura 2. Problemáticas de Conectividad en la ciudad de Bucaramanga



Adaptado del Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga PMEP (2018).

4.1.4 Proyección de Bucaramanga Como Ciudad Inteligente

4.1.4.1 Ejes Temáticos Para el Desarrollo Integrado del Territorio. Las grandes migraciones hacia las ciudades llevan nuevas culturas, nuevos idiomas, nuevas capacidades, mayor competencia, nuevas mayorías, nuevas necesidades. Plantear soluciones en estos ámbitos implica atender aspectos como la inclusión, la no discriminación, el bienestar, el conocimiento, la felicidad, la convivencia, la accesibilidad, etc. que también deben ser tenidos en cuenta. Una Ciudad Inteligente debe anteponer, en su definición, a los elementos meramente instrumentales como son las herramientas tecnológicas y los sistemas digitales.

La forma más precisa de definir una ciudad inteligente es asociar el concepto de inteligente a los objetivos que se persiguen y no a los medios necesarios para llegar a ello. Una buena definición podría ser: “Una Ciudad Inteligente es una ciudad Accesible, Amigable, Asequible, Eficiente, Inclusiva, Integradora, Participativa, Segura y Sostenible” [12]. Al proyectar Bucaramanga como ciudad inteligente se plantean desafíos y oportunidades únicas. Para que una ciudad sea inteligente se deben tener en cuenta factores como Gobierno, Movilidad, Sostenibilidad, Población, Economía.

La ciudad de Bucaramanga busca integrar tres ejes temáticos con la finalidad de encaminar la ciudad en una perspectiva de ciudad inteligente. El primer eje se define como “Gobernanza” y se plantea promover estrategias de gestión y administración pública, se busca mejorar la interacción y la interdependencia de instituciones, territorios y comunidades. El segundo eje se proyecta en la temática de “medio ambiente y sostenibilidad”, en el cual se busca aprovechar y optimizar los recursos existentes para satisfacer las necesidades de la población. La sostenibilidad debe ir enfocada en la preservación de ecosistemas estratégicos y en el cuidado del suelo.

El tercer eje temático se define como “movilidad inteligente” y busca la interacción entre el espacio público, la accesibilidad y la movilidad inteligente. Se plantea generar un modelo de relación entre urbanismo, movilidad y tecnología, y transporte sostenible para la ciudad. La ciudad de Bucaramanga a través de su clara visión busca considerarse como una entidad reconocida por su capacidad y su competencia técnica ante sus habitantes y administraciones públicas, como ente rector de la planificación y desarrollo integrado del territorio, orientado al desarrollo sostenible y mejoramiento de la calidad de vida [8].

4.2 Marco Teórico

4.2.1 *Referentes de Investigación*

El autor Burgos [13] en su investigación titulada “Caracterización y Modelación de Flujos Peatonales en Infraestructuras Continuas. Caso de Estudio Tunja – Colombia” resalta la importancia de una ciudad caminable, hace referencia al fortalecimiento de la interacción social y define teóricamente los tipos de infraestructuras de tráfico peatonal en dos categorías (la infraestructura de flujo continuo o ininterrumpido y la infraestructura de flujo discontinuo o interrumpido). Para el análisis de estos flujos se definen parámetros macroscópicos (describen el flujo como un todo) y microscópicos (descripción individual de peatones); estos parámetros se relacionan con tasas de flujo, velocidad de caminata, densidad peatonal y las dimensiones de la elipse corporal; lo anterior permite la modelación de flujos de tráfico para la comprensión de estos fenómenos.

La citación de diversos autores y sus estudios sobre el comportamiento del flujo peatonal a escala macroscópica y microscópica permiten dar validez al estudio; además, permiten argumentar de manera cuantitativa las relaciones entre flujos unidireccionales y Bidireccionales

en comparación con el Highway Capacity Manual del año 2000. El nivel de servicio para peatones está relacionado con la cantidad de espacio disponible por peatón, basado en la velocidad de caminata y las tasas de flujo peatonal; en el artículo se evidencia una segmentación según el nivel de servicio de aceras o vías exclusivas [13].

Otra evidencia de estudio se detalla por parte de los autores Garza & Vega [14] en su trabajo titulado “Estudio de la Movilidad Pevalonal en un Centro Urbano: Caso en Costa Rica”, en el cual presentan un análisis de la movilidad peatonal en el centro urbano del distrito de Guadalupe de Goicoechea en San José, Costa Rica; el cual incluye: la caracterización de los usuarios y sus flujos, el volumen peatonal y los niveles de servicio peatonal en las aceras estudiadas. Se presentan los volúmenes peatonales obtenidos mediante contadores automáticos, además se realizaron conteos manuales para evaluar el desempeño del equipo utilizado. Se efectuó una encuesta con el propósito de caracterizar a los usuarios y sus viajes y conocer la percepción acerca de la infraestructura peatonal. El estudio muestra que la población peatonal es muy diversa, aun así, se pueden observar comportamientos como: la disminución en el número de peatones conforme aumenta la edad de la población encuestada después de los 55 años.

Así mismo se resalta que el sistema de transporte tiene el objetivo de mover la mayor cantidad de personas al menor costo y tiempo posible de manera segura y confortable. En la actualidad esto no se está cumpliendo en muchas ciudades, al ser estas pensadas para los automóviles, sin priorizar en el transporte público y los medios no motorizados; así que el costo de movilizarnos cada vez es más alto y el tiempo que invertimos cada vez es mayor. El gran aumento de la cantidad de vehículos en Latinoamérica ha generado dificultades a los sistemas de transporte en muchas ciudades de la región [14].

Además, se resalta la importancia de los conteos automáticos continuos que permiten caracterizar el flujo peatonal por medio de las horas pico, el día típico y analizar como su comportamiento se ve afectado por el clima, el lugar y el día de la semana. Los insumos anteriores permiten determinar los factores de tránsito peatonal, los cuales permiten expandir los resultados de los conteos de corto plazo, haciendo posible el establecer la cantidad de peatones que transitan por una intersección o por un determinado punto [14].

De forma semejante, en el estudio realizado por Pomar, Giraldo & Goncalves [15] titulado “Los Sistemas Peatonales Como Sistemas de Transporte” se afirma que la definición formal de los sistemas peatonales carece del despliegue de sus componentes, así como del análisis de las interrelaciones entre los mismos. Los sistemas peatonales han cobrado importancia dentro de los sistemas de movilidad debido al aumento de los viajes peatonales. Este aumento se presenta debido a la concientización de las personas sobre las ventajas de caminar, al aumento del uso de los sistemas de transporte público y en algunos casos a los escasos recursos económicos. En la última década, los sistemas peatonales han sido incluidos en la planeación de movilidad de algunas ciudades.

De igual forma, la dinámica actual de las ciudades concibe la movilidad como un elemento importante de su planeación y desarrollo; de hecho, las personas tienen derecho a la movilidad y las ciudades la deben garantizar. Sin embargo, con el aumento del uso de los vehículos particulares, se centró la atención en la construcción de vías que permitieran agilizar su movilidad, dejando a un lado la de las personas como tal; pero actualmente la tendencia es hacia favorecer el uso del transporte público con el fin de generar condiciones de igualdad entre los ciudadanos, así como disminuir la contaminación causada por los vehículos y hacer un uso racional de recursos como el espacio público [15].

Al centrar la atención en la zona de estudio del proyecto se resalta el artículo presentado por Tampe [16] titulado “Gestión de Calidad en los Procesos de Diseño y Construcción para Recintos Hospitalarios; Caso de Análisis: Proyecto Centro de Rehabilitación de la Universidad Austral de Chile en la Ciudad de Osorno”, el cual busca crear un sistema de Gestión de Calidad en Recintos Hospitalarios para las etapas de diseño y construcción de proyectos, con el propósito de Verificar el cumplimiento de las normas relacionadas con este tipo de proyectos y garantizar la calidad en los procesos constructivos.

Por otra parte, se aborda el tema de vulnerabilidad en hospitales, la accesibilidad al medio físico que tienen los adultos mayores, y los requisitos que deben cumplir los profesionales que proyectan, diseñan, y evalúan hospitales. Además, se hace énfasis en la necesidad de proyectar edificaciones accesibles antes de llevar a cabo su construcción y verificar su calidad y su estado con el pasar del tiempo, generando ambientes regidos por la utilización de los principios de diseño universal [16].

De modo similar, en el estudio de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, Arquitectura y Urbanismo presentado por la fundación ONCE de Madrid, España [17], se resaltan los objetivos fundamentales que tiene la Fundación (Para la Cooperación e inclusión Social de Personas con Discapacidad) y la fundación Arquitectura del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (España). El manual [17] es relevante ya que se destaca la responsabilidad de todos los profesionales de generar espacios aptos para todos; así mismo se presenta información centrada en conceptos y definiciones, teniendo en cuenta la equidad, flexibilidad y el espacio suficiente de aproximación y uso.

Adicionalmente, se aporta información sobre un modelo llamado Wayfinding que orienta procedimientos perceptivos, procedimientos cognitivos y procedimientos de interacción, y que

pretende articular elementos de proceso y diseño partiendo de la persona hasta el medio, teniendo en cuenta ámbitos como la comunicación, la accesibilidad, los escenarios ambientales y la infraestructura; para permitir un uso de entornos en igualdad de condiciones; es decir, no solamente para personas con diversidad funcional, sino también para personas mayores. En el manual se implementa y propone un diseño de zonas de descanso, áreas de estancias, características y dimensiones de los pavimentos que brinden confort, seguridad, herramientas eficaces en la mejora de la gestión de entornos, un modelo de intervención y unas considerables propuestas accesibles [17].

Finalmente se encuentra el estudio presentado por Serrano, Campos, Galindo & Jaramillo [18] titulado “Instrumento Para Evaluación de la Accesibilidad Con Criterios de Diseño Universal”, en el que se señala que la población con discapacidad, y particularmente aquella con capacidad motriz disminuida, debería poder ejercer su derecho de accesibilidad física a los centros de formación. Proporciona información sobre el concepto de diseño universal y fija algunos parámetros para garantizar la adecuada movilidad de las personas con sillas de ruedas y personas mayores en edificaciones prioritarias en el área metropolitana de Bucaramanga.

Los autores concluyen que Colombia cuenta con un marco legal que busca proveer condiciones incluyentes a las personas con discapacidad, pero no se aplica de manera adecuada. Se hace necesario incorporar los conceptos de diseño universal para garantizar que los espacios sirvan para todos los usuarios; adicionalmente, una mayor participación de los organismos de control para verificar el cumplimiento de las medidas de accesibilidad, así como también reglamentación más específica y clara que incluya las normas que se deben seguir en los distintos entornos [18].

4.2.2 Metodologías de Análisis de Capacidad Peatonal

Las metodologías para estimación de la capacidad y nivel de servicio de infraestructura peatonal consideran en su mayoría parámetros macroscópicos de flujo; la revisión bibliográfica presentada por [19] permite evidenciar la falta de inclusión de las personas que presentan algún tipo de discapacidad en las metodologías de cálculo.

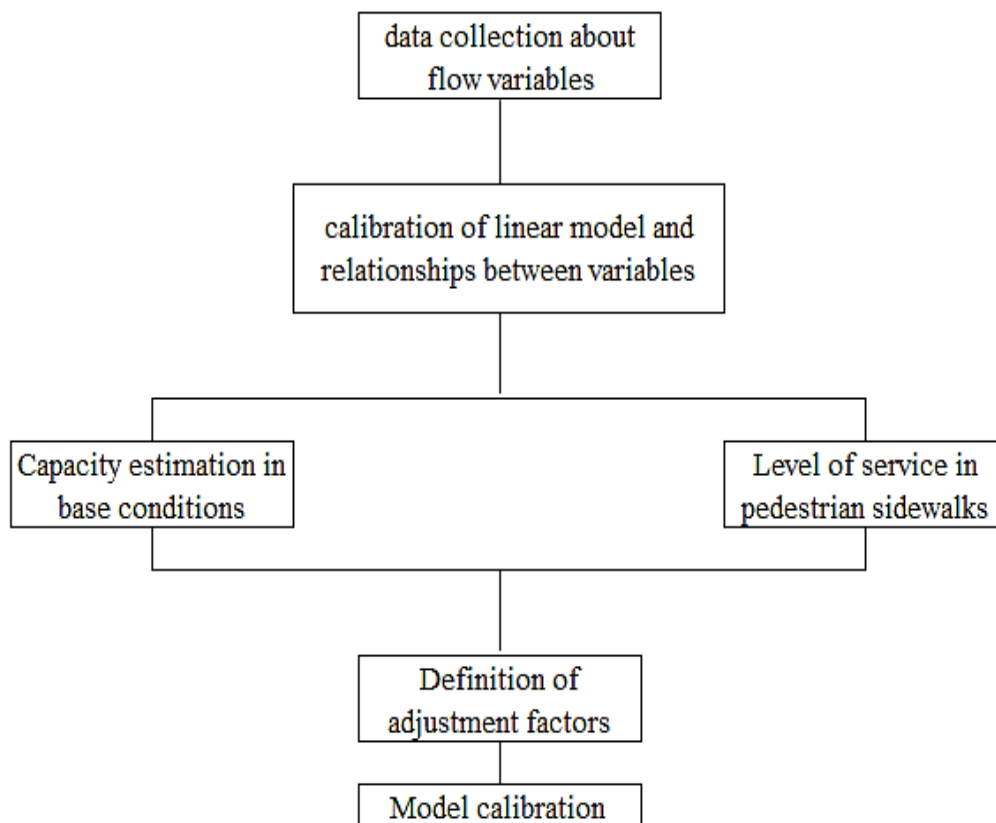
Tabla 1. Resumen de las especificaciones de análisis de la capacidad en manuales y estudios de peatones

Cita	Enfoque		Considera individuos con discapacidades
	Macroscópico	Microscópico	
HCM 2010	X		No
ADAAG (2002)	X		Si
Oeding (1963)	X		No
Older (1968)	X		No
Navin and Wheeler (1969)	X		No
Polous et al. (1983)	X		No
Tanariboon et al. (1991)	X		No
Lam and Cheung (2000)	X		No
Helbing et al. (2007)	X		No
Ye et al. (2008)	X		No
Daamen and Hoogendoorn (2003)	X		No
kretz et al. (2006)	X		No
Zhang et al. (2011)	X		
Burghardt et al. (2013)	X		
Seyfried et al. (2009)	X		No
Wong et al. (2010)	X		
Daamen and Hoogendoorn (2011)	X		Si
Hoogendoorn (2004)		X	No

Nota: La tabla 1 muestra los estudios de capacidad peatonal que involucran personas con discapacidad. Adaptado de Sharifi, Stuart, Christensen & Chen (2015).

4.2.2.1 Metodología de Análisis Peatonal Presentada Por el HCM, 2010. El Highway Capacity Manual [21] presenta los conceptos, directrices y los procedimientos de cálculo para estimar la capacidad y la calidad del servicio de infraestructura vial, incluyendo la temática peatonal. El manual pertenece a una publicación de la Junta de Investigación de Transporte de las Academias Nacionales de Ciencias de los Estados Unidos (EE.UU.), y es aplicable a nivel internacional. La metodología presentada por el manual de capacidad de carreteras HCM para la estimación de la capacidad de servicio peatonal en aceras presenta el siguiente esquema metodológico.

Figura 3. Esquema Metodológico para estimación de capacidad y nivel de servicio en infraestructura peatonal



Adaptado del Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010).

⊖ Esquinas Espacio - Tiempo

Hay dos tipos de requerimientos del área peatonal en las esquinas. En primer lugar, se necesita un área de circulación para dar cabida a los peatones que cruzan en la fase de la señal verde, los que se desplazan a unirse a la cola de la señal roja, y los que se desplazan entre las aceras contiguas, pero no cruzan la calle. En segundo lugar, se necesita una zona de espera para dar cabida a los peatones que esperan durante la fase de la señal de color rojo.

El tiempo-espacio disponible en una esquina de intersección es:

$$TS = C(W_a * W_b - 0,215 * R^2)$$

Donde,

TS = disposición espacio - temporal [m²-s],

W_a = ancho efectivo de la acera a [m],

W_b = ancho efectivo de la acera b [m],

R = radio de la curva esquina [m],

C = longitud ciclo[s]

Suponiendo llegadas uniformes en la cola de cruce, el tiempo promedio de mantenimiento del peatón se puede calcular utilizando las ecuaciones:

$$Q_{tdo} = \frac{V_{do} * R_{ml}^2}{2 * C} \qquad Q_{tco} = \frac{V_{co} * R_{mi}^2}{2 * C}$$

Donde,

Q_{tco} = tiempo total empleado por los peatones esperando para cruzar la calle principal durante un ciclo [p-s];

V_{do} = número de peatones esperando para cruzar la calle principal durante un ciclo, $p/15\text{min} * 1\text{min}/60\text{ s} * C$ [p / ciclo];

V_{co} = número de peatones esperando para cruzar la calle menor durante un ciclo, $p/15\text{min} * 1\text{min}/60\text{s} * C$ [p / ciclo];

R_{mi} = fase roja de menor importancia de la calle, o el de no caminar si hay señales para peatones [s];

C = longitud ciclo [s].

$$TS_C = TS - [0,5 * (Q_{tdo} + Q_{tco})]$$

Donde,

TS_C = tiempo total del espacio disponible para el peatón que circula [m2-s],

TS = tiempo total del espacio disponible [m2-s]

Tabla 2. Niveles de servicio de calzadas y aceras peatonales

Nivel de Servicio	Superficie [m2/p]	Intensidad [p/min/m] ^a	Velocidad [m/s]
A	> 5.6	> 16	> 1.30
B	> 3.7 – 5.6	> 16 – 23	> 1.27 – 1.30
C	> 2.2 – 3.7	> 23 – 33	> 1.22 – 1.27
D	> 1.4 – 2.2	> 33 – 49	> 1.14 – 1.22
E	> 0,75 – 1.4	> 49 – 75	> 0,75 – 1.14
F	< 0.75	Variable	< 0.75

Nota: La tabla 2 se aplica para caminos peatonales pavimentados, zonas peatonales (calles peatonales exclusivas), pasarelas y rampas con una pendiente de hasta un 5%.

^a La medida relacionada con la intensidad tiene como unidad: Peatones por minuto por metro de ancho de la calzada.

Adaptado del Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010).

Θ Paso de peatones Espacio- Tiempo

$$TS = LW_E[(WALK + FDW) - \frac{L}{2 * S_p}]$$

O

$$TS = LW_E \left(G - \frac{L}{2 * S_p} \right) * WALK + FDW$$

Donde,

TS = tiempo-espacio [m2-s];

L = longitud del paso de peatones [m];

W_E = ancho efectivo de paso de peatones [m];

$WALK + FDW$ = Tiempo de paso de peatones[s];

S_p = velocidad media de peatones [m/s];

G = Fase tiempo verde, si no está instalado [s].

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(0.81 * \frac{N_{ped}}{W}\right) \text{ Para } W > 3.0 \text{ m}$$

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27 * N_{ped}) \text{ Para } W \leq 3.0 \text{ m}$$

$$N_{ped} = \frac{V(C - G)}{C}$$

Donde,

N_{ped} = número de peatones que cruzan durante un intervalo [p];

V = volumen peatonal en la vía peatonal [p/15-min]

t = tiempo de cruce totales [s]

L = longitud del paso de peatones [m]

S_p = velocidad media de los peatones [m/s]

W = ancho de paso de peatones [m]

⊖ Intersecciones no semaforizadas

Otro procedimiento se aplica a una intersección no semaforizada con un cruce peatonal contra un flujo de tráfico de flujo libre o un enfoque que no esté controlado por una señal de stop. Este procedimiento no se aplica para pasos donde hay cebras en una intersección semaforizadas, ya que los peatones tienen el derecho de paso. El análisis se realiza de la siguiente manera:

$$t_c = \frac{L}{S_p} + t_s$$

t_c = brecha o tiempo peatonal crítico [s]

S_p = velocidad media de peatones caminando [m/s],

L = longitud del paso de peatones [m]

t_s = tiempo de eliminación de peatones el tiempo de inicio y el final [s]

La distribución espacial de los peatones será:

$$N_p = INT \left[\frac{0.75 * (N_c - 1)}{W_E} \right] + 1$$

En caso de pelotones se debe estimar así:

$$N_c = \frac{V_p * e^{V_p * t_c} + v * e^{-V * t_c}}{(V_p + v) * e^{(V_p - v) * t_c}}$$

N_p = distribución espacial de los peatones [p]

N_c = número total de peatones en el cruce de pelotón [p],

W_E = ancho efectivo de paso de peatones [m]

0.75 = Por defecto ancho efectivo utilizado por un solo peatón para evitar interferencias al pasar otros peatones.

V_p = volumen de flujo peatonal [p / s]

v = volumen flujo de vehículos [veh/s]

t_c = tiempo peatonal crítico [s]

$$t_G = t_c + 2(N_p - 1)$$

Donde,

t_G = tiempo grupo vacío crítico [s],

t_c = tiempo peatonal crítico [s],

N_p = distribución espacial de los peatones [p].

El retraso experimentado por un peatón es la medida de nivel de servicio:

$$d_p = \frac{1}{V} (e^{V * t_G} - V t_G - 1)$$

d_p = retraso peatonal medio [s],

V = volumen flujo de vehículos [veh/s]

Tabla 3. Niveles de servicio para Intersecciones No Señalizadas

Nivel de Servicio	Retraso Peatonal [s]	Probabilidad de Incumplimiento
A	> 5	Bajo
B	25 – 10	
C	> 10 – 20	Moderado
D	> 20 – 30	
E	> 30 – 45	Alto
F	> 45	Muy Alto

Nota: El retaso peatonal es el tiempo de demora en que incurren los peatones al cruzar un segmento o intersección no señalizado.

Adaptado del Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010).

4.2.2.2 Metodología de Análisis Peatonal Presentada Por Guío, Dueñas & Díaz. La metodología se sustenta en la relación de las variables macroscópicas de flujo peatonal y las condiciones locales de Tunja, Colombia; así mismo, según afirman los autores la metodología permite una mejor representación de la operación de infraestructura peatonal en Colombia en comparación con métodos extranjeros. La validación de datos en condiciones locales conlleva a la comparación con el manual HCM para la verificación y concordancia de los resultados obtenidos.

La metodología propuesta por [20] presenta una ecuación para estimar la capacidad de una acera, expresado en peatones por unidad de espacio en un período de tiempo; así mismo, se presenta la clasificación de los niveles de servicio aplicables a infraestructura peatonal en Colombia.

$$C = C_b * W_e * f_{ag} * f_{gc} * f_d * f_c$$

C = Capacidad de la acera, expresada en p/m/hora.

C_b = Flujo máximo en condiciones base, obtenido por modelos de datos locales.

W_e = Ancho efectivo de la acera, expresado en m.

f_{ag} = Factor de ajuste por edad y género.

f_{gc} = Factor de ajuste para el grado y condiciones de la acera.

f_d = Factor de ajuste para división direccional.

f_c = Factor de ajuste para acompañante.

Tabla 4. Nivel de servicio de aceras

Level of service	Average pedestrian space (m ² /p)	Flow rate (p/h/m)	Average Speed (m/s)	v/c ^a
A	>5.3	≤810	>1.20	≤ 0.21
B	>3.5 - 5.3	>810 - 1200	>1.17 - 1.20	>0.21 - 0.31
C	> 2.4 - 3.5	>1200 - 1700	>1.12 - 1.17	>0.31 - 0.44
D	> 1.5 - 2.4	>1700 - 2500	>1.05 - 1.12	>0.44 - 0.65
E	>0.65 - 1.5	>2500 - 3850	>0.70 - 1.05	>0.65 - 1.00
F	≤0.65	Variable	≤0.70	Variable

Nota: La tabla 4 se muestra una propuesta de análisis peatonal de la calidad de servicio determinada por la escala de niveles de servicio de las aceras.

^a La relación volumen peatonal/capacidad de la acera para cada uno de los niveles de servicio.

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

El nivel de servicio en una acera se calcula con base al espacio peatonal promedio en la Tabla 4, para determinar este valor del flujo peatonal se requiere la velocidad promedio de caminata estimada a partir de la ecuación:

$$\bar{S} = BFFS * f_u * f_o * f_z * f_w$$

$\bar{S}$ = Velocidad media de caminata expresada en m/s

$BFFS$ = Velocidad de flujo libre en condiciones base, para el grado especificado, en m/s.

f_u = Factor de ajuste para capacidad de uso.

f_o = Factor de ajuste para el transporte de objetos.

f_z = Factor de ajuste para el tipo de zona.

f_w = Factor de ajuste para ancho restringido.

Tabla 5. *Velocidad media ideal peatonal a flujo libre bajo diferentes pendientes*

Grade	Section Length (m)					
	20	40	60	80	100	> 100
Level < 3%	1.6	1.57	1.54	1.51	1.48	1.45
Medium 3 - 7 %	1.4	1.37	1.34	1.34	1.29	1.27
High > 7 %	1.2	1.18	1.15	1.15	1.11	1.08

Nota: La tabla 5 ofrece velocidades ideales para peatones dependiendo de las diferentes longitudes de sección y grado de pendientes.

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

El espacio peatonal promedio se determina por la relación entre la velocidad promedio y el flujo que se muestra en la ecuación:

$$S = \frac{\bar{S} * PHF}{v}$$

S = Espacio peatonal promedio expresado en m² / p.

$\bar{S}$ = velocidad media de caminata expresada en m / s.

PHF = Factor de hora pico considerando períodos de 15 minutos

v = Flujo peatonal, expresado en p / h / m

Θ f_{ag} = Factor de ajuste por edad y género.

$$f_{ag} = \frac{1}{1 + [pc(Ec - 1) + py(Ey - 1) + pa(Ea - 1) + ps(Es - 1)]}$$

pc = Proporción de niños (entre 3 y 10 años).

Ec = Equivalente joven por niño.

py = Proporción de jóvenes (entre 11 y 25 años).

Ey = Equivalente de joven por joven.

pa = Proporción de adultos (entre 26 y 60 años).

Ea = Equivalente de jóvenes por adultos.

ps = Proporción de personas mayores (mayores de 60 años).

Es = Equivalente de jóvenes por personas mayores.

Tabla 6. *Valores equivalentes por edad y género*

Gender	Age	Equivalent
Male	Child	1.210
	Young	1.000
	Adult	1.120
	Senior	1.224
Female	Child	1.290
	Young	1.061
	Adult	1.197
	Senior	1.317

Nota: El factor de equivalencia se determinó con base en las velocidades locales y las características de cada subgrupo de población.

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_{gc} = Factor de ajuste para el grado y condiciones de la acera

Tabla 7. *Ajuste para grado y condición de la acera*

Grade	Sidewalk Condition		
	Good	Regular	Bad
Level < 3%	1.0	0.965	0.931
Medium 3 - 7 %	0.929	0.894	0.859
High > 7 %	0.857	0.823	0.788

Nota: El factor de ajuste para grado y condición de la acera fue calibrado a partir de la relación entre velocidad y pendiente de la acera.

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_d = Factor de ajuste para división direccional

Tabla 8. *Ajuste para división direccional*

Direccional Split	f_d
50 / 50	1.0
60 / 40	0.87
70 / 40	0.78
80 / 20	0.7

Direccional Split	f_d
90 / 10	0.64
100 / 0	0.58

Nota: La tabla muestra el efecto de la división direccional en la capacidad de la acera.
Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_c = Factor de ajuste para acompañante

Caminar acompañado reduce la capacidad de la acera porque se altera el comportamiento grupal de los peatones (principalmente con respecto a la velocidad), se evaluó el impacto del tamaño del grupo peatonal y se encontró que su efecto es similar a caminar con un compañero, por lo que propone el uso de la ecuación:

$$f_c = \frac{1}{1 + [pa(Ea - 1)]}$$

pa = Proporción de peatones caminando acompañados.

Ea = Equivalente para estar acompañado a condiciones de base = 1.078

⊖ f_u = Factor de ajuste para capacidad de uso

Tabla 9. Ajuste para Capacidad de Uso

V/C	≤ 0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	>1.0
Fv/c	1.0	0.99	0.98	0.95	0.92	0.87	0.82	0.75	0.68	0.59	0.55	0.50

Nota: A partir de las condiciones locales se obtuvo la función parabólica que representa la relación velocidad vs flujo. .

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_o = Factor de ajuste para el transporte de objetos

$$f_o = \frac{1}{1 + [po(Eo - 1)]}$$

po = Proporción de peatones con objetos.

Eo = Equivalente para peatones con objetos.

Tabla 10. *Valores equivalentes para peatones con objetos*

Good	Eo
Level < 3%	1.045
Medium 3 - 7 %	1.286
High > 7 %	1.543

Nota: Los peatones con objetos son los que llevan un elemento en la mano (coche de bebé, equipaje o bolsos), estos elementos dificultan la movilidad y reducen la velocidad al caminar de los peatones. Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_z = Factor de ajuste para el tipo de zona

Tabla 11. *Ajuste para tipo de zona*

Good	f_z
CBD*	1.000
Educational	1.266
Transport	1.139
Other	1.063

Nota: *CBD se define como distrito comercial central (centro comercial). Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

⊖ f_w = Factor de ajuste para ancho restringido

Tabla 12. *Ajuste para ancho restringido*

Effective Width (m)	Factor	Effective Width (m)	Factor
≥ 1.2	1.000	1.2	0.741
2.0	0.987	1.1	0.683
1.9	0.978	1.0	0.619
1.8	0.962	0.9	0.550
1.7	0.940	0.8	0.474
1.6	0.912	0.7	0.392
1.5	0.879	0.6	0.304
1.4	0.839	0.5	0.210
1.3	0.793	≤ 0.4	0.110

Nota: La tabla 12 evidencia un factor de ajuste que se considera como una penalización adicional causada por un ancho efectivo muy pequeño, incluso para flujos de peatones bajos que molestan a los usuarios. Adaptado de: Guío, Dueñas & Díaz (2014).

Tabla 13. Comparación de metodologías HCM y Propuesta por Guío, Dueñas & Díaz

Level of service	Average pedestrian space (m ² /p)		Flow rate (p/h/m)		Average Speed (m/s)	
	Proposed	HCM 2010	Proposed	HCM 2010	Proposed	HCM 2010
A	>5.3	>5.6	≤810	≤960	>1.20	>1.30
B	>3.5 - 5.3	>3.7 - 5.6	>810 - 1200	>960 - 1380	>1.17 - 1.20	>1.27 - 1.30
C	> 2.4 - 3.5	>2.2 - 3.7	>1200 - 1700	>1380 - 1980	>1.12 - 1.17	>1.22 - 1.27
D	> 1.5 - 2.4	>1.4 - 2.2	>1700 - 2500	>1980 - 2940	>1.05 - 1.12	>1.14 - 1.22
E	>0.65 - 1.5	>0.75 - 1.4	>2500 - 3850	>2940 - 4500	>0.70 - 1.05	>0.75 - 1.14
F	≤0.65	≤0.75	Variable	Variable	≤0.70	≤0.75

Nota: La tabla presenta los valores propuestos de velocidad, tasa de flujo y densidad peatonal en comparación con la metodología internacional del manual HCM

Adaptado de Guío, Dueñas & Díaz (2014).

4.3 Marco Conceptual

4.3.1 El Peatón Con Movilidad Reducida (PMR)

Un Peatón con Movilidad Reducida es todo usuario que requiera ayuda permanente o eventual debido a una deficiencia en su función cognitiva, mental, sensorial o motora. La variedad de limitaciones físicas es una de las principales dificultades para poder determinar parámetros válidos en el campo de la supresión de las barreras físicas, por ello hay que establecer grupos con condiciones similares mínimas; la tipología del peatón con movilidad reducida es presentada a continuación.

a) Usuarios Ambulantes

Son aquellas personas que ejecutan movimientos con dificultad, puede presentarse uso o no de aparatos ortopédicos, bastones, caminadores; según [22] entre estos se encuentran:

- ⊖ Peatones con hemiplejía
- ⊖ Peatones en estado de embarazo
- ⊖ Peatones con carga pesada
- ⊖ Peatones con alguna extremidad enyesada
- ⊖ Peatones de la tercera edad

b) Usuarios en silla de ruedas

Lo conforman aquellas personas que hacen uso de una silla de ruedas para transportarse y realizar sus actividades, estas dificultades pueden presentarse en las siguientes situaciones [22]:

- ⊖ Imposibilidad de superar niveles bruscos y escaleras
- ⊖ Imposibilidad de superar niveles pendientes pronunciadas
- ⊖ Riesgo de Volcamiento
- ⊖ Limitación del alcance manual y visual
- ⊖ Imposibilidad de transitar por espacios estrechos

c) Usuarios Sensoriales:

Son aquellas personas que tienen dificultades de percepción, debido a una limitación de la capacidad sensitiva, visual o auditiva. Se presenta las siguientes subdivisiones [22]:

- ⊖ Peatones con baja visión
- ⊖ Peatones con bajo nivel auditivo
- ⊖ Peatones con ceguera

d) Usuarios Con Síndrome:

- ⊖ **Pánico:** Personas que presentan secuelas o manifestaciones de pánico o temor al transitar por una calle, esto debido a experiencias que ocurrieron en accidentes o situaciones similares.

- ⊖ **Vértigo:** Personas que temen a la altura, presentan inseguridad y no hacen uso de puentes peatonales para cambios de andén; debido a lo anterior, utilizan la cebra peatonal para el cruce y generalmente en compañía [22].

4.3.2 *Capacidad de la Red Peatonal*

El cálculo de la capacidad peatonal sirve para evaluar el nivel de servicio que presta la infraestructura peatonal según los flujos existentes y proyectados [23]. Las condiciones de un tramo a analizar deben ser uniformes en términos de circulación y sistema de control. La capacidad se refiere a una sección o segmento uniforme de la infraestructura y a una tasa de flujo de peatones durante un período específico de tiempo (15 minutos). El patrón para definir el requerimiento de espacio es:

- ⊖ Peatón a pie estático: una elipse de 0,5 x 0,5m en un área de 0,30m², para efectos del peatón en movimiento se utiliza una relación: 0,70 m² por peatón a pie.
- ⊖ Peatón en silla de ruedas: un rectángulo de 1,20 x 0,8m en un área de 0,96m², se considera un círculo de 1,50m de diámetro, con 1,8 m² por peatón en silla de ruedas en movimiento.
- ⊖ Si la población de muestra contiene una porción equivalente al 20% de peatones mayores de 65 años, su velocidad se estima en 1.2 m/s.
- ⊖ Si la población de muestra contiene una proporción mayor al 20% de peatones mayores de 65 años, su velocidad se estima en 1.0 m/s.
- ⊖ Una rampa del 10% de pendiente, reduce la velocidad en 0.1 m/s.
- ⊖ En andenes a flujo libre, la velocidad de peatones es de 1.5 m/s.
- ⊖ Peatones jóvenes en uso pleno de sus facultades, alcanzan velocidades de 1.8 m/s.

- ⊖ La velocidad de peatones en silla de ruedas depende del tipo de muestra poblacional o flujo en que se desplace, su velocidad es 1.0 a 1.2 m/s según el caso.
- ⊖ La velocidad promedio para cruce regulado por semáforo es 1.2 m/s.
- ⊖ Las escaleras, el clima, la temperatura, la hora del día, el propósito del viaje; afectan las velocidades de desplazamiento de los peatones.

En las intersecciones, el radio de giro de una esquina depende de:

- ⊖ Velocidad y volúmenes de automóviles, ángulo de la intersección y restricciones de giro derecho sobre los cruces peatonales.

4.3.3 Niveles de Servicio de la Infraestructura Peatonal

El nivel de servicio es el parámetro para estimar la calidad de la circulación en una infraestructura vehicular o peatonal. Se basa en criterios como: volúmenes, velocidad y densidad.

Según [23], para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores. Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas de flujo ininterrumpido son las siguientes:

1. Nivel de Servicio A: Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al peatón es excelente.

2. Nivel de Servicio B: Está dentro del rango del flujo estable, la libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
3. Nivel de Servicio C: Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
4. Nivel de Servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.
5. Nivel de Servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando al peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos.
6. Nivel de Servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Dependiendo del tipo de flujo se pueden clasificar los niveles de servicio, de la siguiente manera:

Flujo Continuo o ininterrumpido: Se presenta en zonas exclusivas para la circulación de peatones como las aceras, los senderos peatonales, escaleras y vías exclusivas; representa la parte de infraestructura que corresponde al andén. La infraestructura peatonal incluye tramos rectos de andenes, puentes o túneles donde sea necesario, para dar continuidad al flujo peatonal, proporcionando así el mejor nivel de servicio.

Tabla 14. Nivel de servicio para andenes y senderos peatonales

Nivel de Servicio	Espacio (m ² /peatón)	Volumen (peatón / min. /m)	Velocidad (m/s)	v/c
A	>5.6	<16	>1.30	<0.21
B	>3.7 - 5.6	>16 - 23	>1.27 - 1.30	>0.21 - 0.31
C	>2.2 - 3.7	>23 - 33	>1.22 - 1.27	>0.31 - 0.44
D	>1.4 - 2.2	>33 - 49	>1.14 - 1.22	>0.44 - 0.65
E	>0.75 - 1.4	>49 - 75	>0.75 - 1.14	>0.65 - 1.00
F	<0.75	Variable	<0.75	Variable

Adaptado de Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010).

Flujo discontinuo o interrumpido: Las intersecciones semaforizadas son típicas de los flujos peatonales discontinuos, además se encuentran los pasos de cebra y cruces peatonales en intersecciones no semaforizadas. En el cruce intervienen dos flujos de peatones: un flujo cruzando la calle y otro flujo de peatones que queda esperando el cambio de señal en la esquina. Por lo tanto, las áreas requeridas en una esquina dependen del número de peatones a acomodar en estos dos escenarios.

Tabla 15. Nivel de servicio para peatones en intersección semaforizada

Nivel de Servicio	Demora Peatonal (s/peatón)	Probabilidad de desobediencia
A	<10	Baja
B	>10 - 20	
C	>20 - 30	Moderada
D	>30 - 40	
E	>40 - 60	Alta
F	>60	Muy alta

Adaptado de Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010).

Los niveles de servicio pueden clasificarse en diversas categorías según la relación de velocidad de flujo, densidad y la cuantificación del espacio disponible.

Tabla 16. Criterios de clasificación del nivel de servicio en aceras

Fuente	Variable	Nivel de servicio					
		A	B	C	D	E	F
HCM 2010	S (m ² /pe)	5,6	3,7 - 5,6	2,2 - 3,7	1,4 - 2,2	0,75 - 1,4	0,75
	q (pe/min/m)	1,6	16 - 23	23 - 33	33 - 49	49 - 75	Variable
Fruin (1987)	S (m ² /pe)	3,2	2,3 - 3,2	1,4 - 2,3	0,9 - 1,4	0,5 - 0,9	0,5
	q (pe/min/m)	23	23 - 33	33 - 49	49 - 66	66 - 82	Variable
Pushkarev-Zupan (1975)	S (m ² /pe)	12	4 - 12.	2 - 4.	1,5 - 2	1 - 1,5	1
	q (pe/min/m)	7	7 - 20.	20 - 33	33 - 46	46 - 59	0 - 82
Brillon (1994)	S (m ² /pe)	10	3,3 - 10	2 - 3,3	1,4 - 2	0,6 - 1,4	0,6
	q (pe/min/m)	-	-	-	-	-	-
Guerilla et ál. (1995)	S (m ² /pe)	3,25	2,05 - 3,25	1,65 - 2,05	1,25 - 1,65	0,56 - 1,25	0,56
	q (pe/min/m)	-	-	-	-	-	-
Polus et ál. (1983)	S (m ² /pe)	-	-	1,67	0,8 - 1,66	0,5 - 0,8	Desconocido
	q (pe/min/m)	-	-	40	40 - 75	75 - 95	Desconocido
Tanaboriboon Guyano (1986)	S (m ² /pe)	2,38	1,6 - 2,38	0,98 - 1,6	0,65 - 0,98	0,37 - 0,65	0,37
	q (pe/min/m)	28	28 - 40	40 - 61	61 - 81	81 - 101	Variable
Wen et ál. (2007)	S (m ² /pe)	3,5	2 - 3,5	1,3 - 2	0,9 - 1,3	< 0,9	-
	q (pe/min/m)	0 - 24	24 - 40	40 - 58	58 - 80	> 80	-

Nota: La tabla muestra una comparación de indicaciones y criterios de nivel de servicio.

Adaptado de Guío (2008).

4.3.4 *Parámetros Macroscópicos y Microscópicos del Flujo Peatonal*

Los parámetros macroscópicos describen el flujo como un todo, los tres parámetros macroscópicos principales son: Volumen o tasa de flujo, velocidad y densidad. Los parámetros de análisis de flujo microscópicos más importantes según [13]; son el espaciamiento, la velocidad individual de caminata y lo referente a las dimensiones de la elipse corporal de un peatón.

El volumen, densidad y velocidad se relacionan en la siguiente fórmula: $q = \bar{V}_e \cdot K$

q = Tasa de flujo peatonal, peatones/ minuto/metro

$\bar{V}_e$ = Velocidad media espacial de caminata, metros/segundo

K = Densidad peatonal, peatones/metro cuadrado

Según el manual HCM para el análisis del flujo peatonal se presentan los siguientes valores de velocidad media especial de caminata según el tipo de flujo:

$$\bar{V}_e = 1.43 - 0.35_* K \rightarrow \text{Flujo Unidireccional}$$

$$\bar{V}_e = 1.36 - 0.34_* K \rightarrow \text{Flujo Bidireccional}$$

4.4 Normatividad Aplicable

A continuación, se presenta la normatividad colombiana relacionada con el tema de movilidad peatonal y el desplazamiento de personas con movilidad reducida.

4.4.1 *Normatividad de Accesibilidad e Inclusión en Colombia*

Como lo expresa [24], “El derecho a la movilidad representa la inclusión más importante de acceso en las personas con discapacidad, ya que las barreras físicas y sociales limitan la autonomía afectando su independencia y dignidad”.

En Colombia las primeras normas en transporte y accesibilidad que benefician a las personas con discapacidad surgieron en el año 1987 con la Ley 12, donde se tomaron medidas para la construcción de espacios públicos. Luego se tuvo el Decreto 1660 del año 2003, el cual establece mecanismos de accesibilidad en los medios masivos de transporte; el Decreto 1538 del 2005 que garantiza condiciones de accesibilidad en espacios públicos y vivienda; la Ley 1083 del 2006 vela por la movilidad de las personas con discapacidad dentro del perímetro urbano.

Es de notar que la mayoría de las normas se limitan a la construcción de rampas, puertas de acceso amplio, bahías, pasamanos y acceso al transporte público incluyentes para las personas con discapacidad física. Pero hay que tener en cuenta que se encuentran limitaciones para los otros tipos de discapacidad ya que hace falta la implementación del braille en avisos y comunicaciones, la implementación de información sonora, el uso de guías e intérpretes de la lengua de señas, entre otros que constituyen medidas humanas y de diseño para la accesibilidad [24].

“las desventajas, la segregación y la inaccesibilidad a recursos no están determinadas por la deficiencia orgánica que puede presentar una persona, sino que obedecen a las consecuencias de tener que afrontar un entorno que no está diseñado para la diversidad” [25].

En [26] se establece que se debe “garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión (...) eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad”.

Según [26], en el Artículo 14 se presenta el acceso y accesibilidad como manifestación directa de la igualdad material y con el objetivo de fomentar la vida autónoma e independiente de las personas con discapacidad, las entidades del orden nacional, departamental, distrital y local garantizarán el acceso de estas personas, en igualdad de condiciones, al entorno físico, al transporte, a la información y a las comunicaciones, incluidos los sistemas y tecnologías de la

información y las comunicaciones, el espacio público, los bienes públicos, los lugares abiertos al público y los servicios públicos, tanto en zonas urbanas como rurales.

En el Artículo 3 de la ley 1287 de 2009 se presenta la temática de la accesibilidad al medio físico. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, así como las autoridades gubernamentales del nivel nacional, departamental, distrital y municipal que no cumplan con lo establecido en el título IV, Capítulos I y II de la Ley 361 de 1997, y en el Decreto Reglamentario 1538 del 2005 sobre la accesibilidad al medio físico, eliminación de las barreras arquitectónicas, acceso a los espacios de uso público, a las vías públicas, a los edificios abiertos al público y a las edificaciones para vivienda, serán sancionados de acuerdo con lo establecido en el capítulo IV de la presente ley [27].

4.4.2 Normativa de Movilidad Peatonal en Colombia

La Constitución Política de Colombia expresa en su artículo 24 que todo colombiano tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, pero está sujeto a la intervención y reglamentación de las autoridades para garantía de la seguridad y comodidad de los habitantes, especialmente de los peatones y de los discapacitados físicos y mentales, para la preservación de un ambiente sano y la protección del uso común del espacio público [28].

Así mismo, la ley 1083 del 31 de julio de 2006, capítulo 1 (Movilidad sostenible en Distritos y Municipios con Planes de Ordenamiento Territorial) determina que en cada plan de ordenamiento territorial se debe identificar los componentes relacionados con la movilidad, tales como los sistemas de transporte público, la estructura vial, red de ciclorrutas, la circulación peatonal y otros modos alternativos de transporte; para luego proponer una articulación a los sistemas de movilidad con la estructura urbana, en especial, se debe diseñar una red peatonal y de

ciclorrutas que complemente el sistema de transporte, y articule las zonas de producción, los equipamientos urbanos, las zonas de recreación y las zonas residenciales de la ciudad [29].

La articulación de la red peatonal con los distintos modos de transporte deberá diseñarse de acuerdo con las normas vigentes de accesibilidad. Esta ley busca garantizar la accesibilidad de todas las personas a las redes de movilidad y transitar por las mismas en condiciones adecuadas, en especial a las niñas, niños y personas que presenten algún tipo de discapacidad.

En [30] se hace referencia a la movilidad peatonal en los siguientes artículos:

Artículo 55. “Comportamiento Del Conductor, Pasajero O Peatón”: Toda persona que tome parte en el tránsito como conductor, pasajero o peatón, debe comportarse en forma que no obstaculice, perjudique o ponga en riesgo a las demás y debe conocer y cumplir las normas y señales de tránsito que le sean aplicables, así como obedecer las indicaciones que les den las autoridades de tránsito.

Artículo 57. “Circulación Peonatona”: El tránsito de peatones por las vías públicas se hará por fuera de las zonas destinadas al tránsito de vehículos. Cuando un peatón requiera cruzar una vía vehicular, lo hará respetando las señales de tránsito y cerciorándose de que no existe peligro para hacerlo.

Artículo 59. “Limitaciones a Peatones Especiales”: Los peatones que se enuncian a continuación deberán ser acompañados, al cruzar las vías, por personas mayores de dieciséis años:

- ⊗ Las personas que padezcan de trastornos mentales permanentes o transitorios y ancianos.
- ⊗ Las personas que se encuentren bajo el influjo de alcohol, drogas alucinógenas y de medicamentos o sustancias que disminuyan sus reflejos.
- ⊗ Los invidentes, los sordomudos, salvo que su capacitación o entrenamiento o la utilización de ayudas o aparatos ortopédicos los habiliten para cruzar las vías por sí mismos.

5. Metodología

La orientación de la metodología utilizada en esta investigación pretende determinar dentro de las técnicas documentadas en la literatura científica de estimación de la capacidad y nivel de servicio de infraestructura peatonal, aquellas que incluyan en su análisis la variable de accesibilidad. Por tal razón se define este proceso como una investigación de tipo documental [31], que permitió analizar y proponer nuevos contextos posibles para desarrollar una propuesta metodológica que responda a la inclusión del criterio de la accesibilidad en futuras mediciones, diseños y propuestas de intervención en el espacio público de la zona objeto de referencia de este estudio y similares.

5.1 Diseño de la Investigación

Se realizó una búsqueda sistemática de documentos específicamente relacionados con la estimación de la capacidad y el nivel de servicio en infraestructura peatonal, incluyendo productos de carácter científico y documentos académicos.

5.2 Estrategia de Búsqueda

Inicialmente se realizó una búsqueda en bases de datos como Scopus, IEEE Explore, Web of Science y Google Scholar de documentos académicos y artículos científicos publicados a nivel nacional e internacional. Esta búsqueda de revisión sistemática se realizó en español y en inglés, sin excluir o limitar por el lugar de publicación. La búsqueda de los artículos de carácter científico no fue limitada por año de publicación, sin embargo, la distinción del idioma fue acotado a inglés y español. Adicionalmente, se analizaron las referencias bibliográficas de los artículos

seleccionados con la finalidad de incluir en el estudio aquellos documentos que representaran información valiosa y con gran potencial para ser incluido en el estudio.

5.3 Recolección de Datos

Tras la búsqueda inicial se encontraron más de 311 estudios, aunque se excluyeron 280 que no fueron relevantes para el objetivo general de esta revisión. Finalmente se seleccionaron 31 documentos en los que se incluyen revisiones sistemáticas, artículos científicos y producción académica nacional. Adicionalmente, se encontraron estados del arte relacionados con la búsqueda de metodologías existentes para la estimación de capacidad y nivel de servicio peatonal, los cuales complementaron la búsqueda y afianzaron los referentes y autores seleccionados. Los documentos seleccionados fueron revisados a detalle, priorizando información clave como la inclusión de las personas con discapacidad o variables de accesibilidad en sus procesos de estudio.

5.4 Análisis de Datos:

La información se analizó según variables de estudio peatonal y el nivel de inclusión de parámetros de accesibilidad. Del conjunto de estudios analizados se extrajo información relacionada con el tipo de flujo considerado, el nivel de detalle de cada metodología, la inclusión de variables a nivel macroscópico o microscópico, el tipo de infraestructura en la cual es aplicable, la inclusión de variables de accesibilidad y de las personas con discapacidad. La finalidad de este análisis consistió en la selección de la metodología que mejor se adaptara a la zona de estudio, que relacionara las variables de movilidad peatonal y accesibilidad, y que incluyera a las personas con discapacidad física motriz como variable directa.

Con el fin de realizar coordinadamente el proyecto de investigación y lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, se establecieron diversas fases cuyas acciones establecidas se presentan a continuación:

Fase 1: Revisión bibliográfica y selección de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y nivel de servicio (NDS) en infraestructuras peatonales. En la fase inicial se realizó una búsqueda bibliográfica por medio del uso de fuentes y bases de datos para identificar las metodologías de estimación de capacidad y NDS nacional o internacional que incluyen en los análisis a las personas con discapacidad.

Fase 2: Identificación de las variables a medir tanto del flujo peatonal como de la población de estudio, contempladas en la selección de metodologías existentes. Las variables deben estar relacionadas con el flujo peatonal, con los criterios de accesibilidad y con la población que hace uso de la infraestructura peatonal en el espacio público próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS); específicamente en las zonas continuas a los accesos de la edificación y los lugares definidos como principales paradas del sistema de transporte público.

Fase 3: Revisión del proceso metodológico aplicable a la zona de estudio. Para la selección de la metodología se realizó una comparativa de criterios de diseño, inclusión de variables de estudio peatonal y, además, se revisó la inclusión de las variables de accesibilidad.

Fase 4: Análisis de la metodología seleccionada y cruce con la información previamente obtenida del diagnóstico de accesibilidad. Con la finalidad de cumplir lo previamente establecido en el alcance del proyecto, la metodología seleccionada se complementó con una serie de recomendaciones con la finalidad de que esta pueda aplicarse a la zona delimitada de estudio y permita incluir a las personas con algún tipo de discapacidad física motriz como parte fundamental en el diseño accesible de la infraestructura peatonal y su incidencia en el nivel de servicio.

Fase 5: Elaboración del informe final.

Para esquematizar el proceso de ejecución del proyecto se plantea el siguiente Flujograma de Actividades:

Figura 4. *Flujograma Metodológico***Tabla 17.** *Desarrollo Metodológico del proyecto*

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Realizar una revisión bibliográfica de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y el nivel de servicio de la infraestructura peatonal.	Realizar una búsqueda bibliográfica por medio del uso de fuentes y bases de datos	La búsqueda tiene como eje central los estudios relacionados con la estimación de la capacidad y nivel de servicio en flujos continuos y discontinuos	Estudiantes: Oscar Martinez Oscar David León
Realizar una selección de las metodologías de estimación de capacidad y nivel de servicio que incluyen la variable de accesibilidad y las personas con algún tipo de discapacidad.	Clasificar las metodologías de origen nacional o internacional que incluyen en los análisis a las personas con discapacidad.	Las variables que se estudian deben estar relacionadas con el flujo peatonal, con los criterios de accesibilidad y diseño universal y con la inclusión de las personas con discapacidad.	Estudiantes: Oscar Martinez Oscar David León

Tabla 17. (Continuación).

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Determinar la metodología más pertinente para aplicarse en la zona estudio por medio de una clasificación de criterios de accesibilidad propios de la zona.	Realizar una comparativa de criterios de diseño e inclusión de variables de accesibilidad	La segmentación por criterios permite la selección de la metodología que incluye variables de movilidad peatonal y criterios de accesibilidad aplicables a gran escala y en la zona específica de estudio	Estudiantes: Oscar Martinez Oscar David León
Establecer recomendaciones en términos de accesibilidad y movilidad peatonal para la adaptación de la metodología seleccionada y la posterior aplicación en la zona de estudio.	Analizar la metodología seleccionada con la información previamente obtenida del diagnóstico de accesibilidad	La aplicación de la metodología seleccionada debe estar sustentada en los criterios propios de la zona de estudio, resaltando las zonas críticas y los aspectos más importantes con la finalidad de determinar a detalle la relación entre el nivel de servicio y el grado de accesibilidad	Estudiantes: Oscar Martinez Oscar David León

Elaboración: Autores

6. Análisis Comparativo

6.1 Comparación de las Metodologías de Estudios de Movilidad Peonatal:

La revisión Bibliográfica de metodologías de estimación de capacidad y nivel de servicio en infraestructura peatonal se encuentra fundamentada en el análisis de aquellas que incluyen directamente a las personas con discapacidad. Para esta revisión, se dispuso de los siguientes parámetros de Clasificación:

- ⊖ Año
- ⊖ Parámetros de Flujo (macroscópicos, microscópicos)
- ⊖ Tipo de Flujo (continuo, discontinuo)
- ⊖ Clasificación de variables para medición
- ⊖ Inclusión de Personas con discapacidad

Tabla 18. Cuadro de revisión y clasificación Bibliográfica

Metodología	Año	Parámetros de Flujo		Tipo de Flujo		¿Considera a las personas con discapacidad?
		Macroscópicos	Microscópicos	Continuo	Discontinuo	
HCM	2010	X		x	x	NO
		Tipo de Variables:	Superficie por peatón, velocidad, tasa de flujo, retraso peatonal, características geométricas.			
Dixon L.	1996	X	x	x		NO
		Tipo de Variables:	Instalaciones peatonales, servicios, conflictos, mantenimiento, NS para vehículos de motor.			
Mozer D.	1997	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Corredor peatonal, zona de amortiguamiento, volumen de tráfico del carril exterior, velocidad.			
Jaskiewicz F.	2000	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Determinación de límites de calle, construcción de articulaciones, zona de amortiguamiento, accesibilidad, estado de la acera, red de caminos.			
Gallin N.	2001	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Geometría, obstrucciones, conectividad, conflicto vehicular, volumen peatonal, seguridad personal.			
Método Colombiano UPTC	2011	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Velocidad, flujo peatonal, densidad, género, edad, características geométricas, tipo de sector.			
Landis	2001	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Elementos de separación lateral, geometría de aceras y carriles de circulación, volumen de tráfico de vehículos de motor, frecuencia de acceso a la calzada.			
Jensen S.	2007	X		x		NO
		Tipo de Variables:	Usos de la zona peatonal, velocidad y volumen de vehículos motorizados, volumen de peatones, zona de amortiguamiento, geometría de la zona peatonal.			
Reporte 562 NCHRP	2006	X			x	SI
		Tipo de Variables:	Flujo peatonal, flujo vehicular, número de carriles y ancho de la vía, velocidad de cruce (Intersecciones).			
Sarkar	2003	X	x	x		SI
		Tipo de Variables:	Libre circulación, accesos directos, esfuerzo físico, refuerzo psicológico positivo, niveles de ruido, nivel de contaminación del aire, protección del clima.			

Tabla 18. (Continuación).

Khisty	1994	X	x	x	NO
		Tipo de Variables:	Espacio suficiente, comodidad, seguridad, iluminación, calidad de orientación.		
Fdot	2002	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Existencia de acera, elementos de separación lateral, volumen y velocidad de vehículos motorizados		
Tan D.	2007	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Volumen vehicular del carril exterior, volumen de peatones, volumen de bicicleta, geometría de la acera.		
Nuevo Modelo	2012	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Factores de tráfico, Geometría de la acera, factores ambientales, factores de movimiento peatonal.		
Muraleetharan T.	2004	X	x	x	NO
		Tipo de Variables:	Separación lateral de peatones, obstrucciones, tasa de flujo peatonal, interacción peatones – ciclistas		
Nursyamsu, Hidayat, Kasem.	2010	X	x	x	NO
		Tipo de Variables:	Comodidad, Accesibilidad, ventas ambulantes, seguridad, disponibilidad de espacio, condiciones de acero, problemas con vendedores.		
Xuehao Chu and Michael R.	2001	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Volumen y velocidad del tráfico, edad de los peatones, movimientos de giro, distancia de cruce, cruces de peatones, señales peatonales, medianas restrictivas y no restrictivas, ciclo de las señales, espacio de la señal.		
Burghardt et al.	2013	X		x	NO
		Tipo de Variables:	Densidad de los peatones, flujo peatonal, velocidad, Horarios de tiempo de entrada y salida.		
Daamen y Hoogendoorn	2003	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Velocidad de marcha, flujo peatonal, edad, densidad, espacio lateral y espacio longitudinal		
Daamen y Hoogendoorn	2010	X	x		SI
		Tipo de Variables:	Capacidad de flujo peatonal, composición de la población, dimensiones del espacio experimental.		
Alhassan y Mashros	2015	X	X	x	NO
		Tipo de Variables:	Tasas de flujo peatonal, comportamiento al caminar, densidad, velocidad, género.		
Helbing	2007	X	x		NO
		Tipo de Variables:	Densidad de peatones, Velocidad media, flujo de peatonales unidireccional,		

Tabla 18. (Continuación).

Kretz,unebohm, Kaufman		2006	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Flujo específico de peatones, número de personas, el paso de tiempo, la velocidad al caminar, corredor, tiempos de cruce.	
Lam y Cheung		2000	X	x	x NO
			Tipo de Variables:	Velocidad de marcha, flujo peatonal, comportamiento de los peatones, tiempo de recorrido, dimensión física de las secciones de estudio, pasos de peatones señalizados y cinco tipos de instalaciones para caminar (escaleras mecánicas, escalera, pasillo, sala de espera, y la plataforma).	
Moussai, Guillot, Moreau		2012	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Densidad de peatones, organización de tráfico, movimientos laterales de peatonales, velocidad de marcha, flujo de peatones.	
Polus, Schofer y Ushpiz		1983	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Velocidad, densidad de peatones, tiempos de cruce, edad, genero, dirección de caminata, flujo de peatones.	
Rastogi, Ilango y Chandra		2013	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Flujo peatonal, flujo bidireccional, velocidad peatonal, densidad de peatones por metro cuadrado, módulo de área, comportamiento de los peatones en aceras.	
Tanaboriboon, Hwa y Chor		1986	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Velocidad de caminar, densidad de peatones, flujo peatonal, Tiempo del peatón en atravesar la longitud analizada, genero, edad, flujo bidireccional.	
M.ASCE; Leung; Chan; Lam; Yung; Liu y Peng Zhang		2010	X	x	NO
			Tipo de Variables:	Flujo de peatones, densidad de peatones, velocidad peatonal, coordenadas de los peatones, factores de movimiento de los peatones.	
Ye, Chen, Yang, y Wu		2008	X	x	x NO
			Tipo de Variables:	Paso unidireccional y bidireccional, escalera ascendente, escalera descendente, flujo de peatón, densidad, velocidad, comportamiento al caminar.	
Zhang, Klingsch, Schadschneider y Sevfried		2011	X	x	x NO
			Tipo de Variables:	Flujo de peatones, densidad, velocidad, tiempo de caminata.	

Elaboración: Autores

Las metodologías que incluyen a las personas con discapacidad o consideran variables de accesibilidad y diseño integrado del territorio, solo representaron el 10% del total de los documentos de revisión; por consiguiente, con la finalidad de profundizar en las metodologías que incluyen directamente estas variables en sus procesos cualitativos o cuantitativos, se presenta una descripción general de cada metodología.

6.1.1 NCHRP. (2006). Report 562 “Improving Pedestrian Safety at un Signalized Crossings”.

The National Cooperative Highway Research Program.

El análisis del reporte 562 de National Cooperative Highway Research Program NCHRP [32] presenta medidas que buscan la adaptación a las necesidades en los cruces peatonales. En el informe se afirma que las personas con algún tipo de discapacidad presentan velocidades de caminata más lentas, estas variaciones deberían ser empleadas para determinar los intervalos de autorización de las señales de tránsito y permitir un cruce cómodo y seguro.

La población con discapacidades físicas, sensoriales o mentales ha aumentado de manera significativa, lo cual requiere de mayores esfuerzos para satisfacer sus necesidades de transporte. En el informe se presenta un factor de reducción basado en velocidades de caminata, el cual solamente afecta el criterio de volumen de peatones de la siguiente manera: Si la velocidad promedio de caminata es menor a 4 pies/s (1,2 m/s), entonces se puede implementar una reducción de volumen hasta en un 50%. En el apartado de velocidad de cruce se busca utilizar un percentil a fin de garantizar el cruce de las personas con algún tipo de discapacidad.

El estudio [32] tenía dos objetivos principales: (1) recomendar tratamientos de ingeniería seleccionados para mejorar la seguridad de los peatones que cruzan carreteras de gran volumen y alta velocidad en intersecciones no señalizadas, en particular aquellas con transporte público; y (2)

recomendar modificaciones al Manual sobre dispositivos uniformes de control de tráfico para calles y carreteras (MUTCD) de orden de señalización de tráfico peatonal.

La metodología [32] busca mejorar la seguridad de los peatones en áreas que normalmente se consideran no aptas para esta población dentro de la infraestructura de espacio público (cruce de carreteras), no solo la seguridad se debe tener en cuenta sino también una eficiente capacidad de las personas para cruzar las carreteras con ayuda de sistemas de tratamiento de cruce de peatones; como procedimiento cuantitativo de directrices se deben utilizar variables de entrada clave (como el volumen de peatones (niños pequeños, preadolescentes, adultos, ancianos y personas con discapacidad), el ancho de los cruces de calles y el volumen del tráfico) para recomendar una de las cuatro posibles categorías de tratamiento de cruces: cruce de peatones marcado; dispositivo de control de tráfico mejorado de alta visibilidad o activo cuando está presente; señal roja o dispositivo de baliza; y señal de control de tráfico convencional.

El método presentado por [32] estableció unas medidas específicas de eficacia (MOE) utilizadas para las evaluaciones de los cruces peatonales como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 19. *Resumen de las medidas de eficacia del tratamiento de pasos de peatones*

Medidas Específicas de Eficacia (Moe)	Descripción	Categorías o Método de Cálculo
Búsqueda visual de peatones	Porcentaje de eventos de cruce en los que los peatones utilizan la búsqueda visual adecuada	1.Mirando en ambas direcciones. 2.Mirando en una sola dirección. 3.No mira en ninguna dirección
Cumplimiento del paso de peatones	Porcentaje de eventos de cruces en los que los peatones cruzan dentro de los 10 pies (3 m) del cruce de peatones marcado	1.Cruzando a menos de 3 m (10 pies) del paso de peatones. 2.Cruzado entre 10 y 50 pies (3 y 15 m) del paso de peatones. 3.Cruzando a más de 50 pies (15 m) del paso de peatones.

Tabla 19. (Continuación).

Activación peatonal	Porcentaje de eventos de cruce en los que los peatones activan el tratamiento (cuando corresponda)	1.Tratamiento activado y esperado el momento adecuado para cruzar. 2.Tratamiento activado, pero no esperó. 3.No activó el tratamiento. 4.El tratamiento no funcionó correctamente (sin activación).
Conflictos entre peatones y vehículos	Porcentaje de eventos de cruce que tienen un conflicto entre peatones y vehículos	1.Conflicto con la primera dirección del tráfico vehicular de la calle principal. 2.Conflicto con la segunda dirección del tráfico vehicular de la calle principal. 3.Conflicto con el tráfico de la calle lateral que gira a la izquierda. 4.Conflicto con el tráfico en la calle lateral que gira a la derecha.
Retraso peatonal	Segundos de retraso por peatón mientras espera cruzar.	Diferencia de tiempo entre estos dos eventos: 1.El peatón se acercó a menos de 3 pies (0,9 m) del cruce e indicó su intención de cruzar la calle. 2.El peatón empezó a cruzar la calle.
Velocidad al caminar de un peatón	Velocidad promedio de caminata (pies / s) de grupos de peatones.	1.Ancianos y / o con discapacidad física. 2.Niños en edad escolar (0-12 años). 3.Adolescentes (de 13 a 18 años). 4.Adulto joven (edades 19-30). 5.Edad media (31 a 60 años). 6.Mayores (mayores de 60 años, pero no en el Grupo # 1).
Cumplimiento del motorista	Porcentaje de automovilistas que ceden el paso o se detienen ante los peatones.	Número de autos que se detuvieron (o cedieron) al peatón en escena dividido por el número de autos que deberían haberse detenido

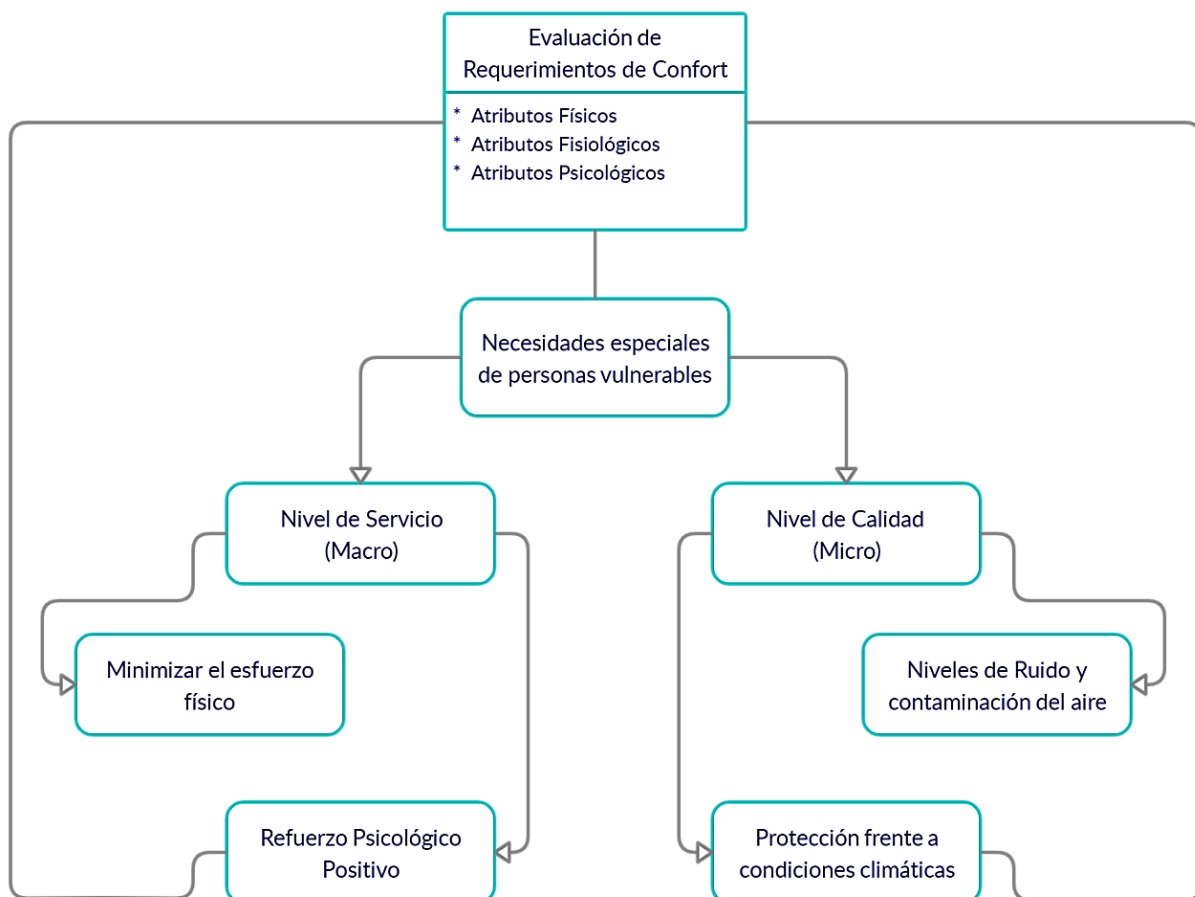
Nota: La tabla expone medidas específicas de eficiencia a través de un método de cálculo de categorías que determinan las características de los cruces a fin de obtener un conocimiento profundo de los movimientos de peatones en cada sitio de intersección.

Adaptado de NCHRP (2006).

6.1.2 Sarkar, S. (2003). *Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. Conference Presented In TRB.*

La metodología planteada por [33] presenta una serie de pautas teóricas para evaluar el nivel de servicio peatonal. En el estudio se argumenta que, aunque hay otros problemas que son igualmente importantes para los peatones, como la seguridad, la seguridad y la conveniencia, solo se utilizan los atributos clave de la comodidad para calificar cualitativamente los niveles de comodidad física, fisiológica y psicológica.

Figura 5. Esquema basado en el confort



Adaptación de Sarkar (2003).

El método incluye dos evaluaciones separadas: la primera abarca la temática del Nivel de servicio (Condiciones de confort generales deseables e indeseables a nivel macro); y la segunda abarca el Nivel de calidad (estudio a nivel micro del nivel de comodidad de los peatones). En la figura 5 se presenta el esquema de relación de requerimientos de confort.

La metodología [33] presenta una clasificación de niveles de servicio con niveles del A al F, incluyendo los componentes físicos y psicológicos como factor clave en la percepción de confort por parte de los peatones, especialmente de aquellos que presentan algún tipo de discapacidad. Los Niveles de Servicio y Calidad propuestos tienen cinco grados y dado que culturalmente, el grado F está asociado con condiciones de reprobación, y para enfatizar lo mismo en el sistema de calificación propuesto se utiliza el Nivel F en lugar del nivel E. Los niveles de servicio para el confort de los peatones incluyendo el esfuerzo físico y las diversas actividades peatonales, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Niveles de Servicio A-F para el confort de los peatones: Componentes físicos y psicológicos

Nivel de Servicio	Esfuerzo Físico Minimizado	Esfuerzo físico minimizado para peatones con necesidades especiales	Actividades peatonales acomodadas
A	El paso peatonal ha sido diseñado para permitir a los peatones elegir y mantener la velocidad deseada para caminar con gran facilidad. Se ha hecho un esfuerzo para agregar atajos o minimizar conflictos con otros modos y mobiliario urbano.	Los peatones con dificultades y aquellos con necesidades especiales tienen un espacio más que adecuado para moverse sin restricciones.	Se realizan diversas actividades peatonales.
B	Capaz de elegir y mantener la velocidad deseada con facilidad. (Paso peatonal de menor calidad que el nivel A).	Los peatones con necesidades especiales tienen un espacio más que adecuado para moverse sin restricciones.	Se realizan diversas actividades peatonales.
	Los peatones deben ajustarse o maniobrar para usar el paso peatonal	Los peatones con necesidades especiales encuentran	Los diversos flujos, movimientos y actividades de

Tabla 20. (Continuación).

C	porque el mobiliario urbano y otros objetos se han colocado incorrectamente.	dificultades para usar la acera.	peatones requieren cooperación y maniobra.
	La configuración y el ancho del paso peatonal son inadecuados para el uso intensivo de peatones.		
D	Los peatones encuentran obstáculos e impedimentos que aumentan su esfuerzo físico.	Los peatones con necesidades especiales no pueden usar los pasos peatonales debido a las malas superficies para caminar o la falta de rampas.	Pasos peatonales que no pueden soportar los movimientos normales de los peatones. Peatones caminan en fila india, paso en la carretera, etc.
	Los automóviles estacionados ilegalmente, las señales y otros objetos incompatibles con el uso de peatones desordenan las aceras.		
	Los autos en las calzadas bloquean la acera.		
F	Los pasos peatonales no se pueden utilizar debido a la mala superficie para caminar, el anegamiento y las condiciones de hielo.	Los peatones con necesidades especiales están expuestos al tráfico de vehículos, ya que se ven obligados a utilizar la calzada.	Aceras inexistentes o inutilizables.
	No hay aceras; los peatones usan las calles.		

Nota: Los Niveles de Servicio se basan en atributos físicos y psicológicos generales que reducen el agotamiento físico y aseguran los requisitos psicológicos (capacidad para mantener la velocidad de caminata deseada o participar en actividades peatonales).

Adaptado de Sarkar (2003).

6.1.2.1 Variables Consideradas Para la Estimación Del Nivel de Servicio en la Metodología Sarkar, 2003. Los criterios de evaluación de los niveles de confort para la circulación peatonal en redes urbanas que presenta esta metodología incluyen los atributos físicos, psicológicos y fisiológicos de la siguiente forma [33]:

Atributos Físicos: Pasos peatonales con dimensiones apropiadas para el flujo peatonal; la continuidad de las aceras; la comodidad para las personas vulnerables con diseños inclusivos; los pasos libres de carteles y mobiliario urbano; las presencia de superficies adecuadas sin baches, grietas o hundimientos que generen caídas o tropiezos y la irregularidad del flujo en silla de ruedas;

el mobiliario urbano necesario para el descanso de los peatones mayores y peatones vulnerables; y adicionalmente, se considera también la protección contra condiciones climáticas extremas que impidan la circulación a pie.

Atributos Psicológicos: Se incluye la capacidad para mantener la velocidad deseada al transitar a pie, y se analiza la variación en los sistemas de circulación y cruces viales; además, se estudia la capacidad para participar en diversas actividades peatonales, y cómo se presentan esas relaciones sociales en los caminos urbanos (charlas, observación, bloqueo de flujo peatonal, intercambios, lecturas y demás actividades).

Atributos Fisiológicos: Se argumenta que los estudios peatonales demuestran las molestias y disgustos de los peatones hacia el ruido vehicular, y este puede disminuirse con la ampliación de las aceras, o la creación de zonas de amortiguamiento y restricciones del tráfico vehicular; por otra parte, también se incluyen los aspectos relacionados con la contaminación, sobre todo, para aquellos peatones sensibles a la calidad del clima de la zona.

6.1.2.2 Proceso Metodológico Presentado por Sarkar, 2003. Esta metodología fundamentada en la variación espacial del diseño de los elementos de circulación peatonal presenta seis pasos metodológicos descritos a continuación [33]:

1. Inicialmente se realiza un estudio detallado del sitio, examinando las características de confort a nivel macro y micro en la infraestructura peatonal.
2. Se asegura el desglose sistemático de toda la información del sitio recopilada mediante encuestas o listas de chequeo.
3. El siguiente paso consiste en realizar una comparación entre las percepciones encontradas sobre las características derivadas del sitio

4. Luego, se realiza la selección de los niveles de servicio y calidad que cumplen con la mayoría de las características percibidas del sitio (A-F). En algunos casos puede recibir una clasificación de dos niveles, por ejemplo “BC”, siempre y cuando cumpla cabalidad con cada conjunto de criterios.

Los pasos (1 al 4) se repiten para cada bloque de calle o elemento de circulación peatonal.

5. En este paso se realiza una matriz de resultados, mostrando las calificaciones asignadas con la finalidad de evaluar el grado de variación de las condiciones de confort en cada sector estudiado.
6. Finalmente, se debe asignar un grado para todo el tramo de acera estudiado basado en el principio de evaluación de sistemas (la capacidad mínima de un tramo representa la totalidad del tramo); de esta forma, cada sector encuestado se le asigna una calificación general basado en la calificación más baja (se asigna por separado para cada lado de la calle).

Tabla 21. *Espacios propensos a la contaminación atmosférica*

Fuentes de Contaminación	Lugares Propensos a la contaminación	Lugares con mala circulación del aire	Ubicaciones sensibles a la contaminación
Calle o carretera principal	Franja divisoria	Sombras de viento en la base de sotavento de los edificios	Adultos mayores o convalecientes
Intersecciones muy transitadas	Isla de Tráfico	Distritos urbanos con estrechos patrones de calles irregulares	Cafés al aire libre
Paradas de taxi	Aceras	Cañones de calles largas perpendiculares a los edificios	Paradas de autobús
Entradas a estacionamientos y salidas de aire		Sala de juegos en la calle Paradas de autobús Cañones de calles estrechas y altas	Entradas de edificios y ventilaciones de entrada

Adaptado de Sarkar (2003).

6.1.3 Daamen Y Hoogendoorn (2010). Emergency Door Capacity: Influence of Door Width, Population Composition and Stress Level.

La metodología planteada por [34] establece experimentos de laboratorio a gran escala innovadora donde pretende investigar la capacidad de las puertas de emergencia durante las condiciones de evacuación, similar a la investigación del cuello de botella; utilizan la variable de edad como una indicación de la condición física de una persona.

A continuación, se distinguen cuatro categorías: niños (menores de 18 años), adultos (entre 18 y 65 años), de edad avanzada (mayores de 65 años) y personas con discapacidad (tres personas en sillas de ruedas y tres personas con los ojos vendados), para la identificación de cada categoría de peatones se realiza una diferenciación por medio de un color específico: niños (gorras azules), adultos (gorras rojas) y ancianos (gorras amarillas); debido a la cantidad de la población al experimento, se pudo crear congestiones en las puertas de emergencia que permitieron observar la capacidad de flujo de la infraestructura; sus instrumentos fueron una cámara de vídeo digital y una cámara de infrarrojos que se utilizan para observar los experimentos, lo que buscan recoger es el flujo peatonal, velocidades, densidad y nivel de calidad de la infraestructura.

En el método se hace una comparación y análisis del valor de capacidad de flujo de una puerta de emergencias, teniendo en cuenta el código de construcción nacional holandés (el cual establece requisitos para el ancho de las puertas de emergencia), El código determina que una puerta de 1.0 m de ancho es suficiente para permitir el paso de 135 personas durante el período disponible para una salida segura (1 min); lo que se busca hacer con el experimento de laboratorio es ayudar a verificar y establecer que el valor umbral para la capacidad de las puertas de emergencia sea eficiente, con el fin de disponer un ancho requerido que permita el paso de personas (niños, adultos, ancianos y personas con discapacidad motriz) durante un tiempo de salida segura

en estado de emergencia de la edificación y así añadirlo a una nueva versión de las directrices de diseño de construcción para edificios en Holanda.

Para determinar el valor de diseño de la capacidad de una puerta de evacuación, los usuarios del código de construcción y los diseñadores de edificios deben darse cuenta en qué condiciones se utilizarán sus puertas y adaptar el valor de capacidad en consecuencia a las personas que lo requieran (niños, adultos, ancianos y personas con discapacidad motriz).

6.1.3.1 Variables Considerables Para Determinar la Capacidad de Las Puertas de Emergencia. La capacidad de flujo de una puerta de emergencia depende de varios aspectos o variables experimentales, a continuación, se presentan de la siguiente forma [34]:

La composición de la población: Además de determinar las categorías de la población, se identificó que el flujo de los peatones era unidireccional, la velocidad era un factor importante ya que estimaban que, si la primera persona pasa la puerta muy rápido, los demás también lo seguirán muy rápido, mientras que, si la primera persona pasa la puerta muy despacio, los demás también se lo tomarán con calma, esto indica una variación del valor de capacidad de flujo.

Ancho de la puerta: Durante los experimentos, la anchura de la abertura se ha variado entre 50 cm (que es el paso libre mínimo de una ruta de escape en el decreto de construcción para edificios existentes) y 275 cm, tenían en cuenta las condiciones en las que se utiliza la puerta (abierta o cerrada).

El nivel de estrés de los participantes: esta variable se relaciona con la reacción que tiene la persona (la velocidad) al usar las puertas de emergencia como salida de la edificación; expuestos en tres niveles de estrés: ninguno, una señal de grito lento y una combinación de una señal de grito lento y luz estroboscópica), consideran también la iluminación del lugar (iluminación total (200 lux) y atenuada (1 lux, correspondiente a iluminación de emergencia)).

6.1.3.2 Proceso Metodológico Presentado por Daamen Y Hoogendoorn, 2010. Esta metodología de la capacidad de flujo peatonal de las puertas de emergencia presenta los siguientes pasos metodológicos [34]:

1. Inicialmente para representar la puerta de emergencia, se ha construido una pared en medio de un gran pasillo, perpendicular a la pared lateral. En esta pared se realiza una abertura, cuyo ancho es fácil de variar. Al costado de la pared, se deja algo de espacio para caminar de un lado a otro de la pared sin usar la abertura. Sobre el centro de la abertura se ha colgado una señal de salida de emergencia.
2. Se les indica a los participantes (diferenciados por un color específico) que debe caminar en dos direcciones: en el primer experimento, caminan de un lado de la pared al otro y en el siguiente experimento vuelven a caminar en sentido contrario, para poder determinar la capacidad del flujo de derecha a izquierda y luego la capacidad del flujo de izquierda a derecha.
3. Para cada experimento se cambia las variables de nivel de estrés y ancho de la puerta, mientras se mantiene la composición de la población (niños, adultos, ancianos y personas con discapacidad).
4. Por medio de toma de videos se realiza una conversión de video digital a secuencias de imágenes y corrección radiométrica para la identificación de las posiciones de los peatones candidatos mediante agrupación difusa, con el objetivo de reconocer la trayectoria peatones, e identificar los diferentes grupos de peatones, en base a los colores de las gorras.
5. Para el análisis de resultados se han utilizado dos métodos integrados en Matlab: un método para identificar áreas dentro de un rango de color específico y métodos de agrupamiento, que permiten determinar las curvas acumulativas en las secciones transversales

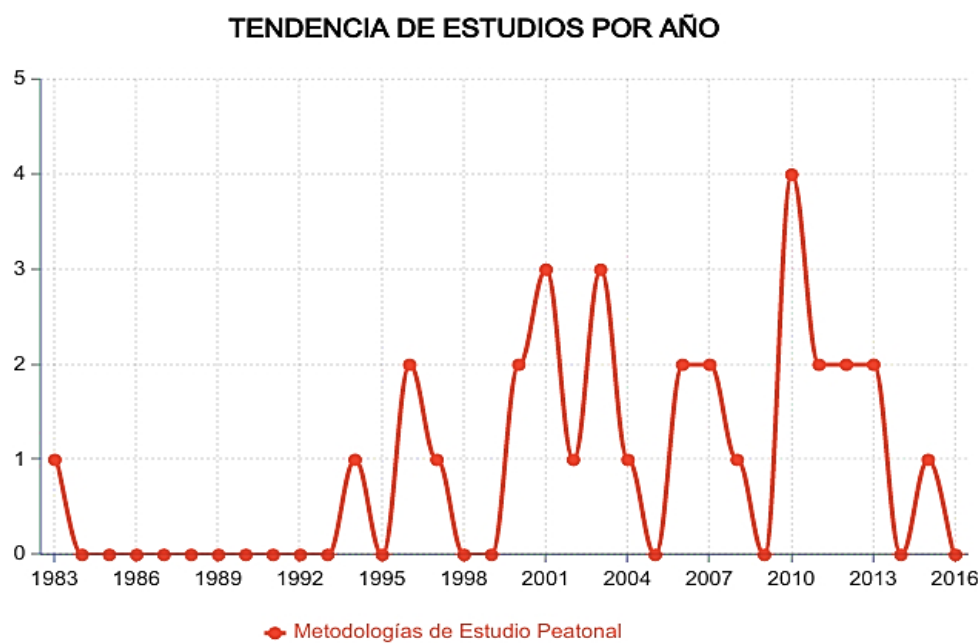
especificadas, las líneas de imagen de la sección transversal se colocan una al lado de la otra durante la duración de una repetición.

6. Finalmente se identifica la capacidad media del experimento, como la media de las capacidades de todas las repeticiones y así poder determinar las relaciones entre la capacidad y las diversas variables experimentales (ancho de la puerta, población, nivel de estrés).

7. Resultados

La revisión bibliográfica de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y nivel de servicio de infraestructura peatonal permite comprender a mayor profundidad el panorama de inclusión de las personas con discapacidad ya sea como variable de estudio o como un factor fundamental en la construcción de espacios funcionales, íntegros e incluyentes.

Figura 6. *Tendencia de estudios sobre movilidad peatonal*

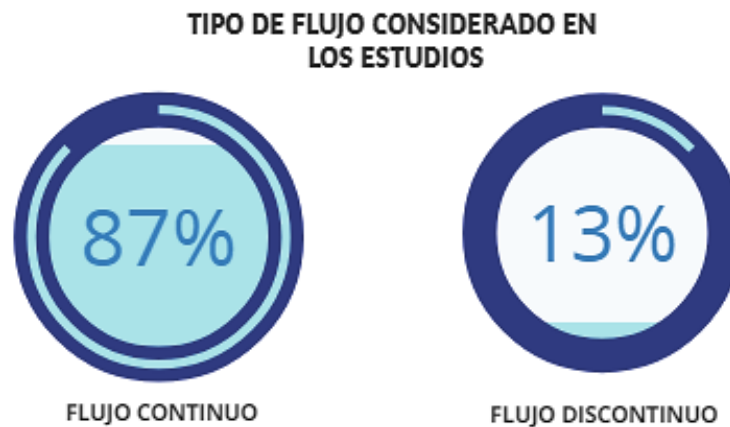


En la figura 6 se observa la cantidad de metodologías realizadas en un intervalo de tiempo comprendido entre los años de 1983 a 2016, por lo cual es posible identificar una clara tendencia de crecimiento en la temática de movilidad peatonal y la importancia que se le ha dado los últimos años como parte vital en la estructuración y reconfiguración del entorno urbano. Adicionalmente, la revisión permitió detallar la cantidad de estudios que han considerado a las personas con discapacidad como una variable indiscutible en los diseños de elementos de movilidad peatonal.

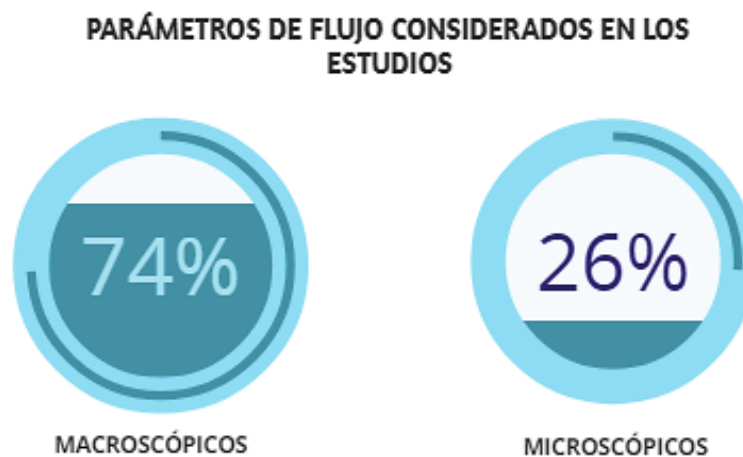
Figura 7. *Inclusión de las personas con discapacidad en las metodologías de estudio peatonal*



Uno de los aspectos más relevantes que presentan las metodologías es la consideración de un flujo continuo en la mayor parte de los estudios peatonales; esto representa la consideración de zonas exclusivas para la circulación de peatones como aceras, senderos peatonales y aquellas zonas que permiten la continuidad de circulación peatonal. Contrariamente solo el 13% de los estudios consideran un flujo discontinuo o interrumpido en zonas comunes como intersecciones semaforizadas y cruces peatonales, considerando los conflictos de movilidad en dichas zonas.

Figura 8. *Tipo de flujo considerado en las metodologías de estudio peatonal*

Al considerar un flujo continuo el 74% de los estudios incluyeron parámetros de flujo peatonal a nivel macroscópico, describiendo al flujo peatonal como un todo e incluyendo variables como la velocidad, la tasa de flujo y la densidad peatonal. Así mismo, solo el 26% de los estudios consideraron parámetros de flujo a nivel microscópico, estudiando a los peatones de manera individual y los posibles conflictos, percepciones o interacciones que se pueden presentar al momento de utilizar un espacio común al mismo tiempo.

Figura 9. *Parámetros considerados en las metodologías de estudio peatonal*

Con la finalidad de seleccionar la metodología aplicable en la zona próxima del Hospital Universitario de Santander y resaltando la variable de accesibilidad como factor fundamental en la consideración de un estudio que permita determinar su relación con el nivel de servicio peatonal, se presenta un cuadro de clasificación de las tres (3) metodologías preseleccionadas (caracterizadas por incluir a las personas con discapacidad en sus estudios) incluyendo variables de flujo peatonal a nivel macro y micro, así como también criterios de accesibilidad centrados en el diseño del espacio público como eje articulador de los sistemas de movilidad peatonal y como un espacio vital en la realización de actividades cotidianas, especialmente en zonas de carácter prioritario como lo representa la infraestructura prestadora de servicios de salud.

7.1 Cuadro de Clasificación de las Metodologías Seleccionadas Con Criterios de Accesibilidad y Movilidad Propios de la Zona de Estudio

Tabla 22. Cuadro de clasificación de criterios para la aplicación en la zona de estudio

Criterio de Clasificación	Metodología	NCHRP. (2006)	SARKAR. (2003)	Daamen y Hoogendoorn (2010)
Tipo de Estudio	Cuantitativo	X		X
	Cualitativo		X	
VARIABLES CONSIDERADAS				
Flujo peatonal continuo			X	
Flujo peatonal Discontinuo		X		X
Capacidad de la acera		X	X	X
Flujo vehicular		X		
Número de carriles de la vía		X		

Tabla 22. (Continuación).

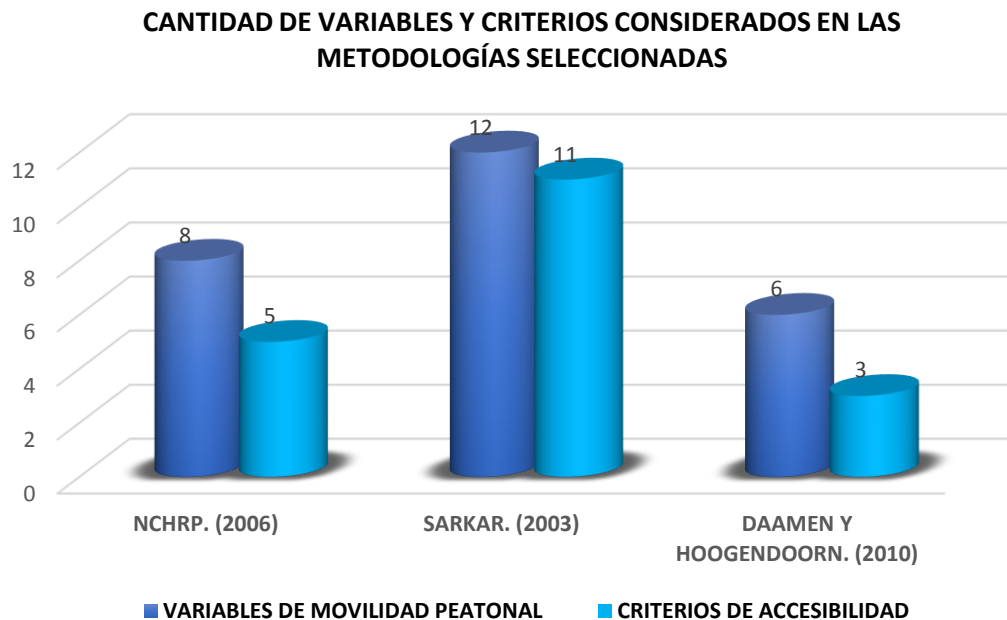
<i>Criterio de Clasificación</i>	<i>Metodología</i>	<i>NCHRP. (2006)</i>	<i>SARKAR. (2003)</i>	<i>Daamen y Hoogendoorn (2010)</i>
Esfuerzo Físico			X	X
Niveles de Ruido			X	X
Niveles de contaminación del aire			X	
Libre circulación			X	
Velocidad en intersecciones	X			
Ancho de la vía	X			
Protección frente al clima			X	
Clasificación por tipo de población			X	X
Carteles y Mobiliario Urbano			X	
Calidad de las Superficies			X	
Variaciones de velocidad	X		X	X
Alteraciones del flujo peatonal			X	
Intersecciones Semaforizadas	X			
Intersecciones No Semaforizadas				
Pendiente Longitudinal de la acera				
Pendiente Transversal de la vía				
CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD				
Considera los Tipos de Usuarios	X		X	X
Uso equitativo y flexible				
Uso intuitivo y perceptible				
Diseños con bajo esfuerzo físico			X	
Considera dimensiones apropiadas			X	
Estudia la relación persona - entorno	X		X	X
Mobiliario Urbano accesible			X	

Tabla 22. (Continuación).

<i>Criterio de Clasificación</i>	<i>Metodología</i>	<i>NCHRP. (2006)</i>	<i>SARKAR. (2003)</i>	<i>Daamen y Hoogendoorn (2010)</i>
CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD				
Itinerario vertical accesible				
Itinerario horizontal accesible			X	
Considera franjas guía				
Diseño seguro e integral		X		
Relación Movilidad – Entorno		X		
Relación Persona – Transporte			X	
Inclusión de espacios de descanso			X	
Presencia de obstáculos			X	
Iluminación y señalización			X	X
Presencia de Barreras temporales		X	X	
Vías exclusivas para peatones PMR				
Integra los principios de diseño Universal				

Elaboración: Autores

Las variables de movilidad peatonal presentadas en la tabla 22 fueron seleccionadas según la revisión bibliográfica previamente realizada, incluyendo aquellas variables que se utilizaron de manera frecuente en los estudios. Por otra parte, para la selección de los criterios de accesibilidad se introdujo al estudio las pautas del Manual de Accesibilidad Universal de la Corporación Ciudad Accesible Boudeguer & Squella ARQ [35] como un referente clave en la adopción de los principios de Diseño Universal en la configuración del espacio público.

Figura 10. *Clasificación de variables incluidas en las metodologías seleccionadas*

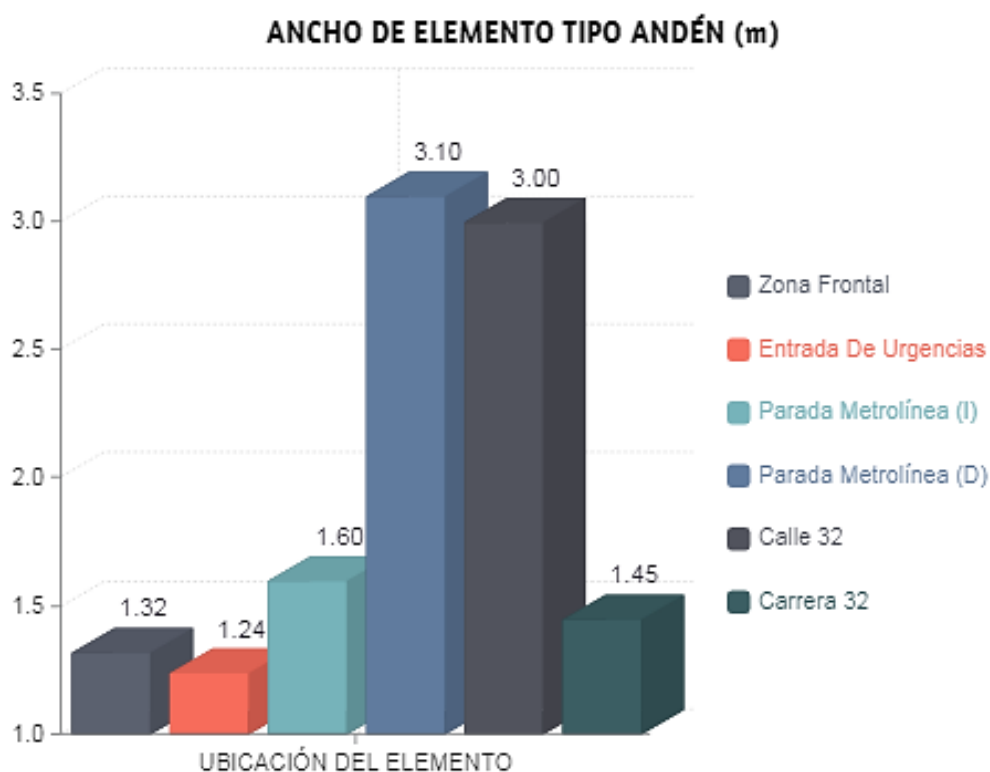
Con la finalidad de seleccionar la metodología que se más se acopla a los requisitos de la zona de estudio, se optó por una clasificación según la cantidad de variables de movilidad peatonal y criterios de accesibilidad incluidos en los procedimientos metodológicos; además, se priorizó el enfoque del estudio y la zona en la cual es aplicable.

De acuerdo con lo expuesto y considerando la metodología que cumplía con los mayores requerimientos exigidos por la zona de estudio, se seleccionó la metodología de Sarkar del año 2003 [33] como la base metodológica para ser aplicada en la zona próxima al Hospital Universitario de Santander de la ciudad de Bucaramanga. Si bien es un estudio de carácter cualitativo, este puede complementarse con un enfoque de campo que incluya directamente la configuración geométrica de los elementos del espacio público y los principales factores que pueden afectarlos.

7.2 Consideraciones Para la Aplicación de la Metodología Sarkar, 2003 en la Zona Próxima al Hospital Universitario de Santander de La Ciudad de Bucaramanga

Inicialmente con la información previamente recopilada en el diagnóstico de accesibilidad en los Hospitales y Clínicas de niveles III y IV de la ciudad de Bucaramanga [36], es relevante enfatizar en las dimensiones de los elementos de circulación peatonal próximos para el ingreso al Hospital Universitario de Santander:

Figura 11. *Dimensión transversal de elemento tipo andén (HUS)*



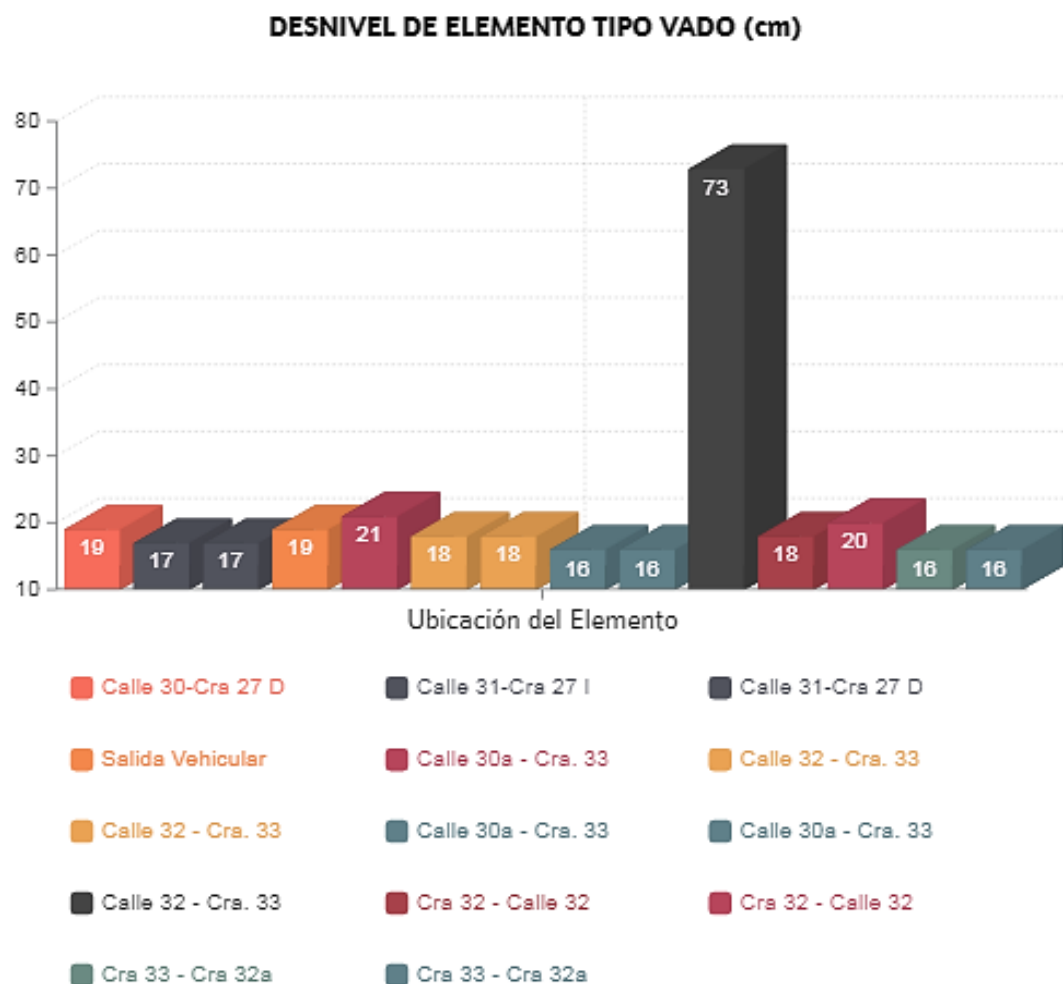
Adaptado de Martinez, León & Gelvis (2018).

Según la figura 11 las zonas correspondientes a la entrada de urgencias y la carrera 32 (sector izquierdo en dirección del flujo vehicular) poseen los elementos de circulación peatonal tipo andén con las dimensiones mínimas exigidas para el paso de los peatones con algún tipo de

movilidad reducida. Esta zona requiere de un análisis exhaustivo con la finalidad de complementar la información cuantitativa dada por las dimensiones de los elementos, con encuestas de percepción por parte de los peatones con algún tipo de discapacidad.

La conexión entre pasos y cruces peatonales señalados en las vías cercanas al Hospital Universitario se realiza en su mayoría mediante elementos tipo vado. Es necesario considerar en el análisis el flujo peatonal acumulado en estas zonas, así como la presencia de ventas ambulantes y demás interferencias que impidan un desplazamiento cómodo y seguro.

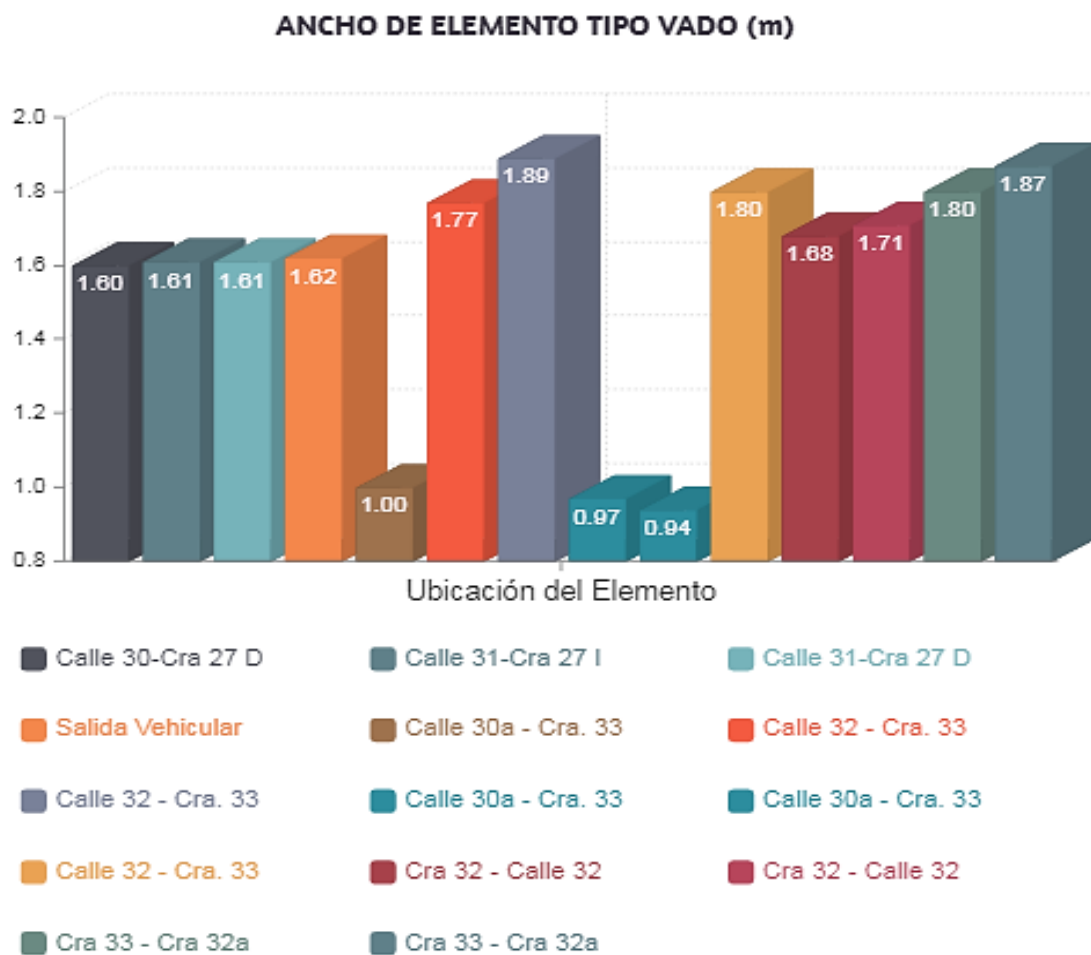
Figura 12. *Desnivel de elemento tipo vado (HUS)*



Adaptado de Martínez, León & Gelvis (2018).

Al considerarse un diseño que permita un esfuerzo físico mínimo, es importante que la metodología se adapte a las condiciones de la zona de estudio y considere especialmente algunos elementos con dimensiones no aptas para el flujo peatonal, como es el caso del vado existente entre la calle 32 y la carrera 33, el cual presenta un desnivel de más de 70 cm. Así mismo, es común la presencia de elementos tipo vado con anchos inferiores o iguales a un metro (1.0 m) medido en sentido perpendicular a la dirección del flujo peatonal como se puede observar en la figura 13.

Figura 13. Ancho de elemento tipo vado (HUS)



Adaptado de Martinez, León & Gelvis (2018).

Para realizar la aplicación de la metodología seleccionada en la zona próxima al Hospital Universitario de Santander es necesario priorizar las zonas críticas, ya sea por las características físicas de los elementos que permiten la circulación peatonal o por los conflictos a nivel micro que se pueden presentar por la acumulación de peatones en zonas sin la capacidad suficiente para permitir el flujo peatonal en condiciones cómodas y accesibles.

Figura 14. Zonas Críticas para estudio peatonal



Los sectores representados en la figura 14 como zonas críticas comprendidas por la carrera 33 y la calle 32, representan las zonas más propensas a la acumulación de barreras o problemas mayores que deben ser intervenidos prontamente al considerarse una zona de espacio público con criterios de diseño universal. Por lo expuesto, es relevante priorizar estas zonas a la hora de realizar la aplicación de la metodología, considerando los datos físicos necesarios y su relación con la

percepción de los peatones quienes son los usuarios finales. La inclusión de los peatones con discapacidad implica la inclusión de un sector que puede ser vulnerado o excluido y permite generar diseños que satisfagan las necesidades sin importar ningún tipo de condición especial.

La metodología de Sarkar presenta un enfoque netamente cualitativo, evaluando la percepción de los peatones y la condición de confort según atributos físicos, psicológicos y fisiológicos del entorno. Si bien esto permite conocer a mayor profundidad la percepción de los peatones sobre las características de las zonas de estudio; la conformación de la matriz de resultados y el análisis por sectores en los niveles de A – F determinan la calidad del flujo peatonal y la capacidad de los elementos de circulación.

Con la finalidad de aumentar el grado de detalle del estudio y con el propósito de asegurar que la aplicación de la metodología proporcione la información necesaria para definir esa relación existente entre el nivel de servicio y el grado de accesibilidad de la infraestructura peatonal, se proyecta una serie de recomendaciones para la adaptación de la metodología a un enfoque mixto, que considere la percepción de los peatones y a su vez relacione la capacidad de los elementos del espacio público de manera cuantitativa. Esta adaptación supone la inclusión de procesos estadísticos adicionales que requieren de un análisis detallado y de un proceso de recolección de datos adicional, directamente en la zona y sin alteraciones al flujo peatonal normal.

La metodología colombiana presentada por Guío [20] permite realizar una mejor representación de la operación de la infraestructura peatonal en Colombia mediante la incorporación de datos y condiciones locales. Esta metodología podría complementar el enfoque cualitativo del estudio mediante el análisis de variables macroscópicas de flujo peatonal tales como la densidad, la tasa de flujo y la velocidad peatonal; considerando diversos factores que influyen

directamente en el comportamiento de los peatones y en la variación de estos parámetros. La forma en la cual se puede integrar este enfoque se describe a continuación:

Atributos Físicos: Para determinar la capacidad de la infraestructura peatonal se deben considerar las condiciones geométricas como el ancho efectivo de la acera, la pendiente transversal y longitudinal del elemento, y el flujo máximo permitido o capacidad de uso del elemento obtenido por modelos de datos locales. Esta recopilación de datos permite la verificación del cumplimiento de la normativa colombiana de accesibilidad en lo que respecta a las dimensiones y condiciones mínimas exigidas.

Atributos Psicológicos: Las variables de flujo a nivel macro pueden alterarse según datos propios de cada peatón, es decir, los factores de edad, género, presencia de acompañantes y transporte de objetos a pie, pueden ocasionar variaciones significativas de las condiciones normales y más aún cuando se centra el estudio en las personas con discapacidad y en la forma en que estos factores pueden disminuir su nivel de confort.

Atributos Fisiológicos: La acumulación de ruido y contaminación por parte de los automóviles que transitan por la zona pueden ocasionar afectaciones a la integridad de los usuarios con algún tipo de discapacidad, por consiguiente, también se deben considerar dentro del estudio las afectaciones ocasionadas por la disposición o parqueo de vehículos en zonas no destinadas para tal fin, así como la cantidad y el tipo de vehículos que transitan por la zona con la finalidad de comprender la magnitud del daño y las posibles alternativas de solución.

Este enfoque adicional permite que el estudio no solo se centre en la percepción de los peatones y en las condiciones de carácter cualitativo, sino que también, permita generar modelos comparativos de escenarios tradicionales y escenarios prioritarios (siendo las personas con discapacidad el factor principal). El objetivo de generar estos escenarios es poder mostrar de

manera estadística las condiciones necesarias en términos de movilidad y accesibilidad para generar espacios de interacción social fundamentados en la inclusión y en la participación de todos los segmentos de población.

Como se plantea en [20] la incorporación de la parte cuantitativa se debe realizar mediante aforos peatonales en periodos de 15 minutos, la herramienta preliminar de recolección de datos para flujos continuos se dispone como apéndice en el presente documento. Sin embargo, se debe realizar una adaptación adicional de la metodología para zonas en que se presentan flujos discontinuos o interrumpidos (principalmente en los cruces peatonales y en elementos del itinerario horizontal con discontinuidades) con parámetros establecidos por el HCM [21]. Cabe aclarar que el análisis de la información y la generación de escenarios recomendados deben ir de la mano con los criterios de accesibilidad contemplados en la tabla 22, y aquellos criterios que no se incluyen directamente en la metodología se deben incorporar en la herramienta de recolección de datos tanto de aforos peatonales como en las encuestas o listas de chequeo.

La aplicación de una metodología de carácter mixto permitirá profundizar aún más en la relación existente entre el nivel de servicio o la capacidad y el grado de accesibilidad de la infraestructura peatonal. Como recomendación final se sugiere iniciar el estudio en las zonas críticas indicadas, sin embargo, es indispensable la toma de información en todas las zonas y elementos del espacio público próximo al Hospital Universitario de Santander.

8. Conclusiones

- ⊕ La revisión bibliográfica de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y el nivel de servicio de la infraestructura peatonal permite evidenciar que solo el 10% (3) de las metodologías incluyen a las personas con discapacidad en sus procedimientos metodológicos o directamente como variable de estudio. En ciertos casos los autores afirman que no contaron con la muestra o participación suficiente de las personas con discapacidad para la validación de los estudios, sin embargo, en la mayoría se le restó importancia a este segmento de población en los análisis y en los modelos de estudio peatonal.
- ⊕ Considerando que el 87% de los estudios se centran en un tipo de flujo o desplazamiento continuo, priorizando zonas exclusivas para la circulación de peatones como aceras, senderos peatonales y aquellas zonas que permiten la continuidad de circulación peatonal, es relevante considerar la importancia de los cruces peatonales y demás zonas que presenten un flujo discontinuo o interrumpido para complementar los estudios y profundizar en los posibles conflictos que pueden ocurrir debido a la acumulación de peatones.
- ⊕ La clasificación según las variables de movilidad peatonal y los criterios de accesibilidad de las metodologías de estimación de capacidad y nivel de servicio que incluyen a las personas con discapacidad, permitió la selección de la metodología planteada por Sarkar (2003) como la base cualitativa para ser aplicada en la zona próxima del Hospital Universitario de Santander. Esta selección se fundamenta en la cantidad de parámetros de accesibilidad que incluye en sus procedimientos, en su enfoque cualitativo priorizando a las personas con discapacidad física motriz y en la facilidad de aplicación directamente en centros urbanos.
- ⊕ La herramienta de recolección de información cualitativa compuesta por encuestas o listas de chequeo planteada en la metodología de Sarkar debe priorizar la percepción de los peatones

que presentan algún tipo de discapacidad física motriz; adicionalmente, para realizar el análisis de los aforos peatonales se debe tener como eje principal la generación de los escenarios planteados (tradicional e incluyendo a las personas con discapacidad) y la relación entre las variables de movilidad peatonal y los criterios de accesibilidad.

- ⊖ Las recomendaciones propuestas a la metodología de Sarkar con la finalidad de aumentar su aplicabilidad en la zona de estudio, evidencian la posibilidad de estructurar una metodología de carácter mixto, incluyendo factores cualitativos y cuantitativos e información aún más detallada de la relación existente entre el nivel de servicio y el grado de accesibilidad de la infraestructura peatonal; adicionalmente, su desarrollo debería centrarse en un enfoque que priorice el diseño de la infraestructura peatonal en zonas próximas a edificaciones prestadoras de servicios de salud.

Referencias

- [1] E. Enerlis, F. Young, and M. Network, *Libro Blanco Smart Cities*, 1ª Edición. España: Imprintia, 2012, pp.15-16.
- [2] S. Planeación, “Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del municipio de Bucaramanga 2013-2027,” 2014.
- [3] O. I. Garcia, “Accesibilidad y sensibilización ciudadana en el espacio público,” *Bitácora Urbano Territ.*, vol. 29, no. 1, pp. 155–161, 2019.
- [4] A. Olivera, “Discapacidad, accesibilidad y espacio excluyente: una perspectiva desde la Geografía Social Urbana,” *Treballs la Societat Cattalana Geografia*, vol. 61–62, pp. 326–343, 2006.
- [5] A. Bucaramanga and UPB, *Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga - 01 Síntesis del Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga*, 2018, pp. 17-131.
- [6] C. Ortiz, R. Garnica, “La accesibilidad espacial en la definición de territorios inteligentes,” *ACE Arquitectura ciudad y entorno*, vol. 2, no. 6, pp. 759–776, 2008.
- [7] G. Correa, “Trasporte y Ciudad,” *Eure, Rev.*, vol. 36, n°107, pp. 133–137, 2010.
- [8] S. City, “Smart City Forum Bucaramanga,” 4-5 Dic. 2019.
- [9] C. Moreno, E. Serrano, N. Quintero, S. Mogollon, and L. Alvarez, “Oferta y demanda en servicios de salud de alta complejidad en Bucaramanga y el area metropolitana,” pp. 12–25, 2014.
- [10] L. Gómez and N. Pimiento, “Caracterización del nivel de desempeño en la gestión por procesos en IPS-clínicas y hospitales de Bucaramanga y AMB.,” pp. 15–23, 2012.
- [11] Departamento Nacional de Planeación (DNP), “Construcción y dotación de infraestructura básica en salud,” *Dep. Nac. Planeación (DNP)*, p. 73, 2018.

- [12] J. Quincoces, “Accesibilidad y ciudades inteligentes,” *Centro Nacional Tecnología de la Accesibilidad*, p. 127, 2015.
- [13] F. Burgos, “Caracterización y modelación de flujos peatonales en infraestructuras continuas.Caso estudio Tunja-Colombia,” *Revista Facultad de Ingeniería UPTC*, vol. 17, no. 25, pp. 75–88, 2008.
- [14] A.Garza and H.Vega, “Study of the Pedestrian Mobility in an Urban Center: A Case in Costa Rica,” *Revista geográfica América Central*, no.62, pp. 267–300, 2019.
- [15] L. Pomar, G.Giraldo, and N.Gonçalves, “Los Sistemas Peatonales Como Sistemas De Transporte,” *Revista Científica*,no. 21, pp. 53–64, 2015.
- [16] A. Tampe, “Gestión de Calidad en los procesos de diseño y construcción para recintos hospitalarios; caso de análisis: proyecto centro de rehabilitación de la universidad austral de chile en la ciudad de osorno,” pp. 57–73, 2008.
- [17] ONCE and COAM, *Accesibilidad Universal y Diseño para Todos. Arquitectura y Urbanismo*, 1a edición. Madrid,España, 2011, pp.9-261.
- [18] M. Serrano, C. Campos, L. Jaramillo, and N. Galindo, “Instrumento para evaluación de la accesibilidad con criterios de diseño universal,” *Rev. Virtual Univ. Católica del Norte*, vol. no 39, pp. 143–151, 2013.
- [19] M. S. Sharifi, D. Stuart, K. Christensen, and A. Chen, “Exploring traffic Flow characteristics and walking speeds of heterogeneous pedestrian stream involving individuals with disabilities in different walking environments,” p. 12, 2015.
- [20] F. Guío Burgos, D. Dueñas, and S. Díaz, “Methodology for Estimating Capacity and Level of Service in Sidewalks,” *XVIII Congr. Panam. Ing. tránsito, Transp. y logística – PANAM 2014*, 2014.

- [21] Transportation Research Board Of The National Academies, “Highway Capacity Manual HCM,” *Washington, DC*, Chapter 11, 2010.
- [22] Instituto de Desarrollo Urbano. (s.f.), *Guía práctica de la movilidad peatonal urbana*. Bogotá, Colombia.
- [23] F. Cerquera, “Capacidad Y Niveles De Servicio De La Infraestructura Vial,” *Univ. Pedagógica y Tecnológica Colombia*, 2007.
- [24] A. M. Rozo, A. F. Rodríguez, and H. J. González, “La discapacidad y su estado actual en la legislación colombiana,” *Rev. la Fac. ciencias la salud Duazary*, vol. 2, no.1, p. 54, 2015.
- [25] L. Alfaro, “Psicología y discapacidad: un encuentro desde el paradigma social”, *Rev. Costarricense Psicología*, vol. 32 no.1, p. 65, 2013.
- [26] Congreso de Colombia. Ministerio de Salud y Protección, *Ley estatutaria 1618 de 2013*. Bogotá: No 48.717, 2013
- [27] Congreso de Colombia. Ministerio de transporte, *Ley 1287 de 2009 por la cual se adiciona la Ley 361 de 1997*. Diario Oficial No.47.280 de 3 de marzo de 2009.
- [28] Colombia. “Constitución Política de 1991”. [Consultado 2020 Marzo-Online]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1>.
- [29] Congreso de Colombia. Ministerio de transporte, *Ley 1083 31 JUL 2006 Por medio el cual se establece algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones*. 2006.
- [30] Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, *Código Nacional de Tránsito Terrestre: Ley 769 de 2002*. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2002.

- [31] R. Sampieri, *Metodología de la Investigación*, Mc Graw Hill Education, 6th ed. 2014, Pp. 88-101
- [32] National Cooperative and Program Highway Research (NCHRP), *Report 562 Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings*. Washington, D.C, 2006.
- [33] S. Sarkar, “Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers,” *Conf. Present. TRB*, 2003.
- [34] W. Daamen and S. P. Hoogendoorn, “Emergency Door Capacity: Influence of Door Width, Population Composition and Stress Level,” *Fire Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 55–71, 2010.
- [35] Corporación ciudad accesible, A. Boudeguer, and P. Squella, *Manual de accesibilidad universal ciudades y espacios para todos*, 1st ed. Santiago de Chile, 2010.
- [36] O. Martínez, O. León, and A. Gelvis, “Diagnóstico de accesibilidad, espacio público próximo a hospitales y clínicas de niveles III Y IV de la ciudad de Bucaramanga,” *VI Convocatoria Interna Semilleros Investigación*. Bucaramanga, Santander, 2018.

Apéndices

Apéndice A. Herramienta de Recolección de información para aforos peatonales (flujo continuo)

[illegible]

Apéndice B. Herramienta de Recolección para aforos peatonales (Personas con Discapacidad)

Proyecto de Estado:		Forma para Recolección de Datos de Accidentes Personales		Número de Ficha:	
Análisis de influencia de la Accesibilidad en la movilidad peatonal en el espacio público próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS)		Página Continúa		1	
Fecha: (dd/mm/aaaa)		Clasificación de Peatones (Disapacidad)		Clasificación de Peatones (Género)	
Hora de Inicio		Peatones en silla de ruedas		Peatones con discapacidad	
Hora de Finalización		Peatones con talas		Peatones con talas	
Condición del Clima		Peatones con talas		Peatones con talas	
Dirección del Tramo		Peatones con talas		Peatones con talas	
Longitud del Tramo (m)		Peatones con talas		Peatones con talas	
Anchura efectiva (m)		Peatones con talas		Peatones con talas	
Pendientes (%)		Peatones con talas		Peatones con talas	
Alarador		Peatones con talas		Peatones con talas	
Supervisor		Peatones con talas		Peatones con talas	
Hora		Tipo del recorrido		Tramita con objetos?	
Nº Peatones		Tramo Completo		Si	
1		Salida repentina		NO	
2		Estado de Embarazo		Si	
3		Extremidad Embarazada		NO	
4		Peatones con talas		Si	
5		Peatones con talas		NO	
6		Peatones con talas		Si	
7		Peatones con talas		NO	
8		Peatones con talas		Si	
9		Peatones con talas		NO	
10		Peatones con talas		Si	
11		Peatones con talas		NO	
12		Peatones con talas		Si	
13		Peatones con talas		NO	
14		Peatones con talas		Si	
15		Peatones con talas		NO	
16		Peatones con talas		Si	
17		Peatones con talas		NO	
18		Peatones con talas		Si	
19		Peatones con talas		NO	
20		Peatones con talas		Si	
21		Peatones con talas		NO	
22		Peatones con talas		Si	
23		Peatones con talas		NO	
24		Peatones con talas		Si	
25		Peatones con talas		NO	
26		Peatones con talas		Si	
27		Peatones con talas		NO	
28		Peatones con talas		Si	
29		Peatones con talas		NO	
30		Peatones con talas		Si	
31		Peatones con talas		NO	
32		Peatones con talas		Si	
33		Peatones con talas		NO	
34		Peatones con talas		Si	
35		Peatones con talas		NO	
36		Peatones con talas		Si	
37		Peatones con talas		NO	
38		Peatones con talas		Si	
39		Peatones con talas		NO	
40		Peatones con talas		Si	
41		Peatones con talas		NO	
42		Peatones con talas		Si	
43		Peatones con talas		NO	
44		Peatones con talas		Si	
45		Peatones con talas		NO	
46		Peatones con talas		Si	
47		Peatones con talas		NO	
48		Peatones con talas		Si	
49		Peatones con talas		NO	
50		Peatones con talas		Si	
51		Peatones con talas		NO	
52		Peatones con talas		Si	
53		Peatones con talas		NO	
54		Peatones con talas		Si	
55		Peatones con talas		NO	
56		Peatones con talas		Si	
57		Peatones con talas		NO	
58		Peatones con talas		Si	
59		Peatones con talas		NO	
60		Peatones con talas		Si	
61		Peatones con talas		NO	
62		Peatones con talas		Si	
63		Peatones con talas		NO	
64		Peatones con talas		Si	
65		Peatones con talas		NO	
66		Peatones con talas		Si	
67		Peatones con talas		NO	
68		Peatones con talas		Si	
69		Peatones con talas		NO	
70		Peatones con talas		Si	
71		Peatones con talas		NO	
72		Peatones con talas		Si	
73		Peatones con talas		NO	
74		Peatones con talas		Si	
75		Peatones con talas		NO	
76		Peatones con talas		Si	
77		Peatones con talas		NO	
78		Peatones con talas		Si	
79		Peatones con talas		NO	
80		Peatones con talas		Si	
81		Peatones con talas		NO	
82		Peatones con talas		Si	
83		Peatones con talas		NO	
84		Peatones con talas		Si	
85		Peatones con talas		NO	
86		Peatones con talas		Si	
87		Peatones con talas		NO	
88		Peatones con talas		Si	
89		Peatones con talas		NO	
90		Peatones con talas		Si	
91		Peatones con talas		NO	
92		Peatones con talas		Si	
93		Peatones con talas		NO	
94		Peatones con talas			