

ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA ESTIMACIÓN
DE LA CAPACIDAD Y CALIDAD DE OPERACIÓN EN INFRAESTRUCTURAS
PEATONALES

LAURA CAROLINA ARAQUE GARCÍA
MÓNICA ALEXANDRA DÍAZ JAIME

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2014

ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA ESTIMACIÓN
DE LA CAPACIDAD Y CALIDAD DE OPERACIÓN EN INFRAESTRUCTURAS
PEATONALES

LAURA CAROLINA ARAQUE GARCÍA
MÓNICA ALEXANDRA DÍAZ JAIME

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

DIRECTOR
M.S.c. YERLY FABIAN MARTINEZ ESTUPIÑAN
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2014

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios, a nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, a nuestro director de proyecto, el Ing. Yerly Fabián Martínez Estupiñan por su paciencia y dedicación durante el desarrollo de este proyecto y a nuestros amigos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. GENERALIDADES	17
2. METODOLOGÍA	18
2.1 METODOLOGÍA DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL – HCM (1985-1995-2000-2010)	19
2.1.1 Para instalaciones de peatones sin interrupciones de flujo.....	20
2.1.2 Instalaciones de flujo de peatones interrumpidas	25
2.2 METODOLOGÍA PLANTEADA POR DIXON L.....	32
2.2.1 Metodología planteada por Mozer D.....	32
2.2.2 Variables principales:.....	33
2.2.3 Factores secundarios.....	35
2.3 METODOLOGÍA PLANTEADA POR JASKIEWIECZ F.	35
2.4 METODOLOGÍA PLANTEADA POR GALLIN N.	36
2.5 METODOLOGÍA PLANTEADA POR MURALEETHARAN T. ET AL	37
2.6 METODOLOGÍA PLANTEADA POR TAN D. ET AL.....	37
2.7 NUEVO MODELO DE ESTIMACIÓN DE NIVEL DE SERVICIO PEATONAL EN CIUDADES DE GRECIA.....	38
2.8 METODOLOGÍA PLANTEADA POR LANDIS ET AL	40
2.9 METODOLOGÍA PLANTEADA POR JENSEN S.....	42
2.10 Reporte 562 de NCHRP.....	44
2.11 METODOLOGÍA PLANTEADA POR SARKAR.....	44
2.12 METODOLOGÍA PLANTEADA POR KHISTY	48
2.13 METODOLOGÍA PLANTEADA POR NURSYAMSU HIDAYAT, KASEM CHOOCHARUKUL Y KUNIHURO KISHI	49
2.14 METODOLOGÍA PLANTEADA POR XUEHAO CHU AND MICHAEL R. BALTES.....	51

2.15	METODOLOGÍA PLANTEADA POR EL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE FLORIDA (FDOT).....	52
2.16	METODOLOGÍA COLOMBIANA. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA (UPTC).....	54
3.	ANÁLISIS COMPARATIVO	58
3.1	PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN	58
3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
4.	CONCLUSIONES	61
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	BIBLIOGRAFIA.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Niveles de servicio calzadas y aceras peatonales.....</i>	20
Tabla 2	<i>Niveles de servicio vías peatonales, HCM.....</i>	21
Tabla 3	<i>Niveles de servicio en zonas de formación de colas, HCM.</i>	22
Tabla 4	<i>NS calzadas y aceras peatonales con pelotones.</i>	23
Tabla 5	<i>NS instalaciones peatones y bicicletas.....</i>	24
Tabla 6	<i>NS intersecciones señalizadas.....</i>	25
Tabla 7	<i>NS intersecciones no señalizadas.....</i>	31
Tabla 8	<i>Nivel de estrés para el ancho corredor peatonal</i>	33
Tabla 9	<i>Nivel de estrés para la zona de amortiguamiento.....</i>	34
Tabla 10	<i>Nivel de estrés para volumen de tráfico</i>	34
Tabla 11	<i>Nivel de estrés para velocidad del carril exterior.....</i>	34
Tabla 12	<i>Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal ..</i> <i>.....</i>	36
Tabla 13	<i>Peso correspondiente a cada factor.....</i>	36
Tabla 14	<i>Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal ..</i> <i>.....</i>	37
Tabla 15	<i>Variables Nuevo modelo de estimación de Nivel de Servicio peatonal</i> <i>en ciudades de Grecia.</i>	38
Tabla 16	<i>Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal ..</i> <i>.....</i>	40
Tabla 17	<i>Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal ..</i> <i>.....</i>	42
Tabla 18	<i>Niveles de servicio A-F para el confort de peatones: componentes</i> <i>físicos y psicológicos. Sarkar, 2003</i>	46
Tabla 19	<i>. Nivel de Servicio del Medio Ambiente en Khisty</i>	48
Tabla 20	<i>Categoría niveles de servicio.</i>	51
Tabla 21	<i>. Niveles de servicio FDTO.....</i>	53

Tabla 22	<i>Velocidad peatonal para condiciones locales U_t.....</i>	55
Tabla 23	<i>Velocidad media ideal peatonal a flujo libre bajo diferentes pendientes U_{FL}.....</i>	56
Tabla 24	<i>Equivalente en hombre joven por diferentes edades y géneros.....</i>	56
Tabla 25	<i>Factor de ajuste por pendiente y estado de la vía.....</i>	56
Tabla 26	<i>. Factores de equivalencia para peatones con acompañantes</i>	57
Tabla 27	<i>Cuadro comparativo de las Metodología.....</i>	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	<i>Esquema basado en el Confort, Sarkar 2003</i>	45
-----------	--	----

RESUMEN

TÍTULO:

ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y CALIDAD DE OPERACIÓN EN INFRAESTRUCTURAS PEATONALES*

AUTORES

ARAQUE García Laura Carolina
DÍAZ Jaime Mónica Alexandra **

PALABRAS CLAVE: Infraestructura peatonal, Calidad de servicio, Niveles de servicio (LOS), Capacidad peatonal.

DESCRIPCIÓN

Existen metodologías utilizadas para medir el nivel de servicio y estimar la capacidad y calidad de las infraestructuras peatonales. Tradicionalmente el nivel de servicio ha sido definido de manera cuantitativa por la capacidad de una infraestructura en término de cantidad de espacio disponible por peatón, basado en la estimación de la velocidad media de caminata y las tasas de flujo [1]; sin embargo otros autores han propuesto variables cualitativas que de igual manera permiten estimar el nivel de servicio. La capacidad y calidad del servicio que ofrecen las infraestructuras peatonales dependen de aspectos relacionados con la infraestructura: ancho efectivo, estado, pendiente longitudinal, tipo de infraestructura, y tipo de sector [2].

En la siguiente investigación se hace una recopilación y revisión de las diferentes metodologías que han sido desarrolladas en distintas partes del mundo a partir de la necesidad de estimar la capacidad y calidad de operación de las infraestructuras peatonales de acuerdo con las condiciones propias de cada entorno. Cada una de las metodologías se describe identificando cada uno de sus criterios de aplicación y las variables allí más utilizadas, con el fin de realizar un análisis comparativo entre los aspectos más relevantes de cada metodología. Adicionalmente se resalta la importancia de desarrollar nuevas metodologías que involucren parámetros que se adecuen mejor a las condiciones propias de cada sitio de estudio.

* Trabajo de grado. Modalidad investigación

** Facultad de ingeniería Fisicomecánicas. Director M.S.C. MARTÍNEZ Estupiñán Yerly Fabián

ABSTRACT

TITLE:

STATE OF THE ART OF EXISTING METHODOLOGIES FOR ESTIMATING THE CAPACITY AND QUALITY OF OPERATION IN INFRASTRUCTURE PEDESTRIAN *

AUTHORS

ARAQUE García Laura Carolina
DÍAZ Jaime Mónica Alexandra **

KEYWORDS: Pedestrian infrastructure, Service Quality, Levels of Service (LOS), Pedestrian Capacity.

DESCRIPTION

There are methodologies used to measure the level of service and to estimate the capacity and quality of pedestrian infrastructure. Traditionally the level of service has been defined quantitatively by the capacity of infrastructure in terms of amount of space available for pedestrians, based on the estimation of the average walking speed and flow rates [1]; however, other authors have proposed qualitative variables equally possible to estimate the level of service. The capacity and quality of service offered by pedestrian infrastructure depend on the infrastructure aspects: effective width, state, longitudinal slope, type of infrastructure and industry type [2].

In the following research there is a summary and review of different methodologies developed in some areas of the world based upon the necessity to assess the capacity and quality of the pedestrian infrastructures operation in line with the conditions of every environment. Each one of the methodologies is described identifying every one of its application criteria and their most used variables, with the purpose of making a comparative analysis between the most relevant aspects of each one of them. Additionally is highlighted the importance to develop new methodologies that involve parameters that are fitter to the conditions of every studied place.

* Work degree. Research mode

** Faculty of Engineering physicomechanical. Director M.S.C. MARTINEZ Estupiñan Yerly Fabián

INTRODUCCIÓN

Con la aparición de los vehículos y, con el paso de los años, el aumento exponencial de la cantidad de estos ha generado un incremento en la inversión vial de los países, aspecto que sin duda alguna es de gran importancia para el desarrollo económico y en infraestructuras de los mismos. Contar con un sistema vial que brinde condiciones de alto desempeño en movilidad es lo que se busca, en primera instancia, con las obras viales nuevas y con las mejoras que se realizan a las obras que ya se encuentran hechas.

La movilidad de peatones y ciclistas tradicionalmente se ha subestimado o considerado apenas desde la óptica recreativa, olvidando que es un legítimo e imprescindible sistema de transporte [3]. Si bien, pues, es relevante realizar todos los estudios pertinentes para las carreteras, enmarcados en las normas que regulan su diseño; también es de gran importancia llevar a cabo un estudio completo para las vías que prestarán servicio a los peatones.

La accesibilidad peatonal dentro de un sistema de transporte es la facilidad en el desplazamiento de los peatones para acceder o interactuar en un espacio público. En términos prácticos implica que los peatones logren: llegar, ingresar, usar, salir, de los espacios de origen o destino referidos a intereses particulares [4]. Gran porcentaje de los recorridos realizados por las personas son a pie, lo que implica que es necesario que los espacios para el peatón deben abarcar niveles de servicio altos.

Así pues, además de las normas que deben cumplir los diseños de los espacios peatonales, también existen metodologías utilizadas para medir su nivel de servicio y estimar la capacidad y calidad de las infraestructuras peatonales.

Tradicionalmente el nivel de servicio ha sido definido de manera cuantitativa por la capacidad de una infraestructura en término de cantidad de espacio disponible por peatón, basado en la estimación de la velocidad media de caminata y las tasas de flujo [1]; sin embargo otros autores han propuesto variables cualitativas que de igual manera permiten estimar el nivel de servicio. La capacidad y calidad del servicio que ofrecen las infraestructuras peatonales dependen de aspectos relacionados con la infraestructura: ancho efectivo, estado, pendiente longitudinal, tipo de infraestructura, y tipo de sector [2].

Para abarcar el tema se mencionan y definen en el ítem número 2 algunos de los conceptos más utilizados en el análisis de infraestructuras peatonales, posteriormente en el ítem número 3 se describen cada una de las metodologías recopiladas identificando los principales factores que intervienen en ellas, con lo cual se realizará un análisis comparativo de cada una de estas descrito en el ítem número 4. Finalmente en el ítem número 5 se plantean las conclusiones del tema desarrollado.

1. GENERALIDADES

Los principios de circulación peatonal son análogos a los establecidos para los vehículos, así como las principales magnitudes que la definen: intensidad, densidad, capacidad y nivel de servicio [5], [6]. Estas magnitudes permiten tener una idea de las condiciones que ofrece una infraestructura a sus usuarios, sin embargo existen además otros factores influyentes según la percepción o el enfoque que se utilice en el estudio.

Existen dos categorías de infraestructuras de tráfico peatonal: infraestructuras de flujo continuo o ininterrumpido (aceras, senderos peatonales, escaleras, vías exclusivas), infraestructuras de flujo discontinuo o interrumpido (pasos de cebra en intersecciones semaforizadas y cruces peatonales en intersecciones no semaforizadas) [7].

Se define como capacidad de una infraestructura de transporte al flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito [8].

El nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros [8].

Se define al peatón como cualquier persona que está en marcha o que utiliza una silla de ruedas o un medio de transporte propulsado por energía humana que no sea una bicicleta [9].

2. METODOLOGÍA

Se ha considerado al peatón como un elemento importante en el desarrollo y mejoras de la infraestructura vial, por tal razón, diferentes metodologías se han propuesto con el fin de poder estimar la capacidad y el nivel de servicio peatonal de estas.

Primeros estudios realizados datan hacia los años de 1969 por Navin y Wheeler [10] y en 1971 por Fruin [1]. Más adelante en 1974 Lautso y Murole destacaron la influencia de los factores ambientales en instalaciones peatonales [11]. Un año después Pushkarev y Zupan establecen una escala de 6 niveles de servicio [12]. En 1993 Sarkar propone un método cualitativo de los entornos peatonales descritos pero no cuantificados [13]. En 1996 Dixon propone criterios de evaluación que consiste en la provisión de servicios básicos, conflictos, mantenimiento y disposiciones multimodales [14]. Cabe resaltar que varios de estos y otros autores mencionados más adelante han propuesto dentro de su estudio diferentes variables que permiten estimar los niveles de servicio a partir de una escala ya planteada.

Si bien, las metodologías presentadas a continuación corresponden a creaciones sobre la base de la condición de EE.UU, con el método del Highway Capacity Manual (HCM) [15], [16], también se incluyen otras que parten de principios opuestos e incluso son resultado de estudios recientes.

2.1 METODOLOGÍA DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL – HCM (1985-1995-2000-2010) [17] [18]

En 1965 la Highway Research Board de Estados Unidos, con apoyo del Bureau of Public Roads, preparo una segunda edición del Manual de Capacidad Vial. En esta versión se introdujo el concepto de nivel de servicio. En 1985, la TBR publicó la tercera edición. En 1994 se editó una actualización de ocho capítulos de HCM. Finalmente se proyectó una edición completamente nueva para el año 2000 [19]. La metodología del HCM 2010 se presenta superior respecto a debilidades de anteriores versiones pero sus modelos reflejan observaciones de Estados Unidos [20].

Los principales factores que tiene en cuenta la metodología [21]:

- a. Superficie por peatón
- b. Intensidad
- c. Velocidad

Velocidad de peatones caminando depende de la proporción de peatones de edad avanzada (65 años de edad y mayores). Si el 20 % de los peatones es de edad avanzad la velocidad será 1,2 m/s. Mayores al 20 % puede considerarse 1.0 m/s

Ancho efectivo:

$$W_E = W_T - W_O \quad (1)$$

Donde,

W_E = Ancho efectivo vía peatonal [m]

W_T = Ancho total [m]

W_O = Suma de las anchuras y distancias de obstrucciones en la vía peatonal.

2.1.1 Para instalaciones de peatones sin interrupciones de flujo

Lugares donde los peatones no experimentan alteraciones con otros modos no motorizados de transporte. (Excepto la interacción con otros peatones y caminos compartidos) como:

Las calzadas y aceras se construyen a menudo para servir a los peatones en las calles, en los aeropuertos, en el metro y en las terminales de autobuses. Se puede determinar:

$$V_p = \frac{V_{15}}{15 * W_E} \quad (2)$$

Donde

V_p = Caudal unitario de peatones o intensidad (p/min)/m]

V_{15} =Velocidad de flujo de 15 minutos máximo [p/15-min]


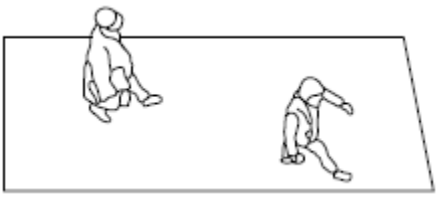

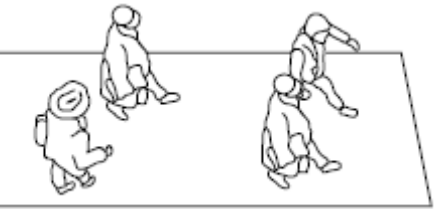

W_E = Ancho de calzada efectiva [m]



Tabla 1 Niveles de servicio calzadas y aceras peatonales

NS	Superficie [m ² /p]	Intensidad [p/min/m]	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

Fuente. HCM 2000 [17]



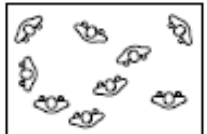
Tabla 2 Niveles de servicio vías peatonales, HCM.




<p>A <i>Superficie peatonal</i> > 5. 6 m² /p <i>Intensidad</i> < 16 p/min/m En las vías peatonales con A los peatones prácticamente caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificarla por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha, y los conflictos entre los peatones son poco fuertes.</p>	
<p>B <i>Superficie peatonal</i> > 3.7-5. 6 m² /p <i>Intensidad</i> < 16-23 p/min/m En B se proporciona la superficie suficiente para permitir que los peatones elijan libremente su velocidad de marchar, se adelanten unos a otros y eviten los conflictos al entrecruzarse entre sí. En este nivel los peatones comienzan a cruzar la presencia del resto, hecho que manifiesta en la selección de sus trayectorias.</p>	
<p>C <i>Superficie peatonal</i> > 2.2 – 3.7 m² /p <i>Intensidad</i> < 23- 33 p/min/m En C existe la superficie suficiente para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir adelantamiento, principalmente en corrientes de un único sentido de circulación. En caso de movimiento en el sentido contrario o entrecruzado se producirían ligeros conflictos esporádicos y las velocidades y el volumen serán un poco menores.</p>	
<p>D <i>Superficie peatonal</i> > 1.4 – 2.2. m² /p <i>Intensidad</i> < 33-49 p/min/m Se restringe la libertad individual de elegir la velocidad de marcha y adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta probabilidad de que se presenten conflictos, siendo frecuentes cambios de velocidad de posición para eludirlos. Este LOS proporciona un flujo razonablemente fluido; no obstante, probable que se produzcan entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.</p>	
<p>E <i>Superficie peatonal</i> > 0.75 – 1.4 m² /p <i>Intensidad</i> < 49-75 p/min/m Prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo</p>	

<p>que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En la zona inferior, el movimiento hacia adelante solo es posible mediante una forma de avance denominada “arrastre de pies”. No se dispone de la superficie suficiente para el adelantamiento de los peatones más lento. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzados solo son posibles con extrema dificultad. La intensidad del trayecto se aproxima al límite de la capacidad de la vía peatonal, lo que origina detenciones e interrupciones en el flujo.</p>	
<p>F <i>Superficie peatonal < 0.75 m²/p</i> <i>Intensidad < variable</i> Toda la velocidad de marcha se ven frecuentemente restringidas y el avance hacia delante solo se puede realizar mediante el paso de “arrastre de pies”. Entre los peatones se producen frecuentes e inevitables contactos. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzado son virtualmente imposibles de efectuar. El flujo es esporádico e inestable. La superficie peatonal es más propia de formaciones en cola que de corrientes de circulación.</p>	

Fuente. Adaptación HCM [17]

Tabla 3 Niveles de servicio en zonas de formación de colas, HCM.

<p>A <i>Espaciamiento medio entre personas > 1.2 m²/p</i> Son posibles las paradas y la circulación a través de la zona de espera sin causar molestias a los integrantes de la cola.</p>	
<p>B <i>Espaciamiento medio entre personas > 0.9 – 1.2 m²/p</i> Son posibles las paradas y la circulación parcialmente restringida sin causar molestias a los integrantes de la cola.</p>	
<p>C <i>Espaciamiento medio entre personas > 0.6 – 0.9 m²/p</i> Son posibles las paradas y la circulación restringida a través de la zona de formación de cola, pero causando molestias a los integrantes de esta; esta densidad determina el límite de la comodidad de las personas.</p>	

<p>D <i>Espaciamiento medio entre personas > 0.3 – 0.6 m²/p</i></p> <p>Todavía es posible la parada sin que haya contacto físico; la circulación en el interior de la cola se halla muy restringida y el movimiento hacia delante solo es posible para todo el grupo en conjunto; en esta densidad las esperas prolongadas resultan incómodas.</p>	
<p>E <i>Espaciamiento medio entre personas < 0.2-0,3 m²/p</i></p> <p>En la parada el contacto físico resulta inevitable; no es posible la circulación en el interior de la cola; la formación de colas con esta densidad solo puede prolongarse durante breves periodos de tiempo para que no se produzca una incomodidad exagerada.</p>	
<p>F <i>Espaciamiento medio entre personas >0.2 m²/p</i></p> <p>Prácticamente todas las personas integrantes de la cola se hallan en contacto físico directo con aquellas que le rodea; esta densidad resulta extremadamente incómoda; en el interior de la cola no es posible ningún movimiento; en aglomeraciones con esta densidad existe la capacidad potencial de que se produzcan situaciones de pánico generalizado.</p>	

Fuente. Adaptación HCM [17]

Cuando surgen pelotones los valores para determinar niveles de servicio se modifican así:

Tabla 4 *NS calzadas y aceras peatonales con pelotones.*

NS	Superficie [m²/p]	Intensidad [p/min/m]
A	>49	< 1.6
B	>8 – 49	>1.6 – 10
C	>4 – 8	>10 – 20
D	>2 – 4	>20 – 36
E	>1 – 2	>36 – 59
F	<1	Variable

Fuente. HCM 2000 [17]

Para zonas de escaleras, flujos en los cruces y zonas de formación de colas, los valores de las variables para medir niveles de servicio también varían según estudios realizados en relación a los mencionados anteriormente.

Si bien el HCM dedica un capítulo diferente a las bicicletas, se incluyen cálculos para instalaciones con peatones y bicicletas compartidos, de uso común. Se basa en los obstáculos. La investigación ha establecido pautas, tanto para los peatones como para ciclistas en función de la frecuencia de paso (misma dirección) y de la reunión de otros usuarios (dirección contraria) en espacios de 2,4 metros de ancho.

$$F_p = Q_{sb} \left(1 - \frac{S_p}{S_b} \right) \quad (3)$$

$$F_m = Q_{ob} \left(1 - \frac{S_p}{S_b} \right) \quad (4)$$

Donde,

F_p = número de eventos transmitidos [eventos/h]

F_m = número de eventos opuestos [eventos/h]

Q_{sb} = velocidad de flujo de la bicicleta en la misma dirección [bicicleta/h]

Q_{ob} = velocidad de flujo de la bicicleta en la dirección opuesta [bicicletas / h]

S_p = velocidad media del peatón [m/s]

S_b = velocidad media de la bicicleta en el camino [m/s].

El número total de eventos se calcula de acuerdo con la ecuación 5.

$$F = F_p + 0.5 F_m \quad (5)$$

Donde,

F = número total de eventos en el camino [eventos/h]

Tabla 5 *NS instalaciones peatones y bicicletas*

NS	N° eventos/ hora	Vol bicicletas por dirección [bici/hora]
A	>1.9	< 16
B	>1.6 – 1.9	>16 – 20
C	>1.1 – 1.6	>20 – 26
D	>0.7 – 1.1	>26 – 36
E	>0.5 – 0.7	>36 – 49
F	<0.5	Variable

Fuente. HCM 2000 [17]

Notas:

- a. Camino, 2,4 m de ancho.
- b. Un "evento" es una bicicleta que se encuentra o pasa a un peatón.
- c. Suponiendo 50/50 en dirección de bicicletas.

2.1.2 Instalaciones de flujo de peatones interrumpidas

Las intersecciones señalizadas son más complicadas de analizar que un cruce, ya que implican tener en cuenta más factores como flujos que se cortan en las aceras y peatones que cruzan la calle, mientras otros están en cola esperando la señal para avanzar. Se debe calcular el retraso medio así:

$$d_p = \frac{0.5(C - g)^2}{C} \quad (6)$$

Donde,

d_p = retraso peatonal medio [s],

g = tiempo verde efectivo de peatones [s]

C = longitud de ciclo [s]

El retraso medio de los peatones en los cruces de las intersecciones semaforizadas no está limitado por la capacidad, incluso cuando las tasas de flujo peatonal alcanzan 5.000 [p / h] [22].

Tabla 6 *NS intersecciones señalizadas*

NS	Retraso peatonal [s]	Probabilidad de incumplimiento
A	>1.0	Bajo
B	>10– 20	
C	>20 – 30	Moderado
D	>30 – 40	
E	>40 – 60	Alto
F	<60	Muy alto

Fuente. HCM 2000 [17]

En esquinas y cruces peatonales se compara el tiempo y el espacio disponible con la demanda de los peatones.

- 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:

$$TS = C(W_a W_b - 0.215R^2) \quad (7)$$

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:

$$Q_{tdo} = \frac{V_{do} R_{ml}^2}{2C} \quad (8)$$

Para Condición de retención-área de tiempo de espera.

$$Q_{tco} = \frac{V_{co}R_{mi}^2}{2C} \quad (9)$$

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].

La circulación Tiempo-Espacio se calcula:

$$TS_c = TS - [0.5(Q_{tdo} + Q_{tco})] \quad (10)$$

Donde,

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

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

El espacio peatonal es:

$$M = \frac{TS_c}{4V_{tot}} \quad (11)$$

Donde,

M = área de circulación peatonal [m2/p];

V_{tot} = número total de peatones que circulan en un ciclo = $V_{CI} + V_{CO} + V_{DI} + V_{DO} + V_{a,b}$ en [p/ciclo]

El nivel de servicio se estima con base a la Tabla 1. Niveles de servicio calzadas y aceras peatonales, con base al criterio de superficie en [m²/p].

- Paso de peatones Espacio- Tiempo

$$TS = LW_E \left((WALK + FDW) - \frac{L}{2S_p} \right) \quad (12)$$

O

$$TS = LW_E \left(G - \frac{L}{2S_p} \right) WALK + FDW \quad (13)$$

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].

Se requiere una intensidad de peatones durante el intervalo de longitud de ciclo [50].

$$N_{ped} = \frac{V(C - G)}{C} \quad (14)$$

Donde,

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

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

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(0.81 \frac{N_{ped}}{W}\right) \text{ Para } W > 3.0 \text{ m} \quad (15)$$

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27N_{ped}) \text{ Para } W \leq 3.0 \text{ m} \quad (16)$$

Donde,

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]

El tiempo de ocupación T de cruce peatonal total en [p-s]

$$T = (V_I + V_o) t \quad (17)$$

V_I = volumen peatonal de entrada para el paso de peatones [p/ciclo]

V_o = volumen peatonal de salida para el paso de peatones sujeto [p/ciclo]

t = tiempo total de cruce

El espacio de circulación previsto para cada peatón se determina:

$$M = \frac{TS}{T} \quad (18)$$

Donde,

M = área de circulación peatonal por [m²/p]

TS = tiempo-espacio [m² – s],

T = tiempo total de paso de peatones de ocupación [p-s]

El nivel de servicio se estima con base a la Tabla 1. Niveles de servicio calzadas y aceras peatonales, con base al criterio de superficie en [m²/p].

- 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:

$$t_c = \frac{L}{S_p} + t_s \quad (19)$$

Donde,

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

$$N_p = INT \left[\frac{0.75(N_c - 1)}{W_E} \right] + 1 \quad (20)$$

En caso de pelotones se debe estimar

$$N_c = \frac{V_p e^{V_p t_c} + v e^{-v t_c}}{(V_p + v) e^{(V_p - v) t_c}} \quad (21)$$

Donde,

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 peatonal 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]

$$t_G = t_c + 2(N_p - 1) \quad (22)$$

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 [23].

$$d_p = \frac{1}{V} (e^{Vt_G} - Vt_G - 1) \quad (23)$$

Donde,

d_p = retraso peatonal medio [s],

V = volumen flujo de vehículos [veh/s]

Tabla 7 *NS intersecciones no señalizadas*

NS	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

Fuente. Adaptación HCM 2000 [17]

2.2 METODOLOGÍA PLANTEADA POR DIXON L.

Desarrollado e implementado a través del Plan de Movilidad para la gestión de la congestión de la ciudad de Gainesville, Florida. Las medidas de Niveles de Servicios evalúan corredores viales utilizando un sistema de puntuación de 1 a 21 que se traduce en calificaciones de Nivel de Servicio de A-F. Las metodologías que estiman los niveles de servicio evalúan la facilidad con la que las calles de pueden cruzar [24].

Las variables que considera esta metodología para estimar el Nivel de Servicio peatonal:

- a. La instalación de los peatones
- b. Los conflictos
- c. Servicios
- d. Nivel de Servicio para vehículos de motor
- e. Mantenimiento
- f. Los programas de gerencias de la demanda de transporte (TDM) y el mantenimiento o enlaces multimodales para el transporte.

El corredor vial se divide en segmentos de carretera, que se evalúan en base a los parámetros anteriores. Las puntuaciones de los segmentos se multiplican con su peso y la puntuación del corredor se calcula como la suma de las puntuaciones del segmento ajustado. El Nivel de Servicio es definido a partir de la puntuación del pasillo [25],[14].

2.2.1 Metodología planteada por Mozer D

Según este método, la idoneidad de los segmentos de carretera para los peatones se basa en cuatro variables primarias y tres factores secundarios. Para cada variable principal se calcula un Nivel de Estrés (NE). El Nivel de Estrés se mide en

una escala de 1 a 5. Los factores secundarios se añaden como decimales a los niveles de estrés primarios. Cuanto mayor sea el Nivel de Estrés, menor es el Nivel de Servicio peatonal. El resultado final corresponde a un cierto de Nivel de Servicio (A-E) [26].

2.2.2 Variables principales:

- a. Ancho corredor peatonal [WWW]: Mide el espacio operativo seguro de los peatones. Mediante la siguiente relación se determina:

$$WWW = PHV \frac{(1 + NPM)}{\left(\frac{WWA}{(TP*FD)}\right)} \quad (24)$$

Donde,

PHV: Volumen peatonal en horas pico, todas las direcciones

NGP: Cantidad de modo que ninguno sea peatón

WWA: Ancho del corredor peatonal [m]

TP: Factor patrón de viaje (1: unidireccional; 2: bidireccional).

FD: Factor de diseño de servicio (si la instalación cumple con los requisitos "1", de lo contrario "2").

Tabla 8 Nivel de estrés para el ancho corredor peatonal

WWW	100	200	300	400	>500
NE	1	2	3	4	5

Fuente. Adaptación Mozer [26]

- b. Zona de amortiguamiento [LBF]: aumenta la seguridad y la estética para los peatones.

$$LBF = \frac{(SMLM)}{(EQ)} \quad (25)$$

Donde,

SMLM: Ancho de la zona de amortiguamiento

EQ: Estética /calidad “1” Si cumple, “2” si no.

Tabla 9 Nivel de estrés para la zona de amortiguamiento

LBF	>1.7m	1.3m	1m	0.6m	<0.3m
	5'	4'	3'	2'	<1'
NE	1	2	3	4	5

Fuente. Adaptación Mozer [26]

- c. Volumen de tráfico del carril exterior [VPL] Veh/hr/carril: el volumen en horas pico por carril se determina mediante la siguiente relación:

$$VPL = ADT * \frac{(K)}{(LN)} \quad (26)$$

Donde,

ADT: Media diaria

K: Factor que determina la parte de ADT que se produce durante la hora pico.

K=10% para zonas urbanas.

LN: Número de carriles

Tabla 10 Nivel de estrés para volumen de tráfico

VPL	<50	150	300	500	>750
NE	1	2	3	4	5

Fuente. Adaptación Mozer [26]

- d. Velocidad de los vehículos en el carril exterior: la velocidad de los vehículos de motor adyacentes a los anchos peatonales afecta la experiencia para los peatones. La velocidad se mide por el 85% del tráfico.

Tabla 11 Nivel de estrés para velocidad del carril exterior

Velocidad	<16 kph	32 kph	48 kph	64 kph	>80 kph
	<10 mph	20 mph	30 mph	40 mph	>50 mph
NE	1	2	3	4	5

Fuente. Adaptación Mozer [26]

2.2.3 Factores secundarios

Cruces de carreteras cortando el corredor peatonal.

- a. Volumen de vehículos pesados: el factor de vehículos pesados (HVF) SL se determina por el porcentaje de vehículos pesados que utilizan el segmento. La cifra se suma al primer nivel de estrés como un decimal.
- b. Retrasos en cruces peatonales: El factor de tiempo de espera (WTF) se determina por el porcentaje de un minuto que el peatón debe esperar para cruzar la calle. La cifra se suma al primer nivel de estrés como un decimal.

2.3 METODOLOGÍA PLANTEADA POR JASKIEWICZ F.

Este método evalúa el Nivel de Servicio peatonal en un segmento de la carretera sobre la base de nueve medidas de evaluación cualitativa. Se aplica una escala de calificación sencilla de 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 excelente, para evaluar el grado en que ciertas áreas objetivo se ajustan a las nueve medidas de evaluación. Las puntuaciones se suman y promedian para obtener un peatón global LOS (A-F) [25].

Parámetros que se utilizan para evaluar el Nivel de Servicio peatonal según el método de Jaskiewicz:

- a. Determinación clara de los límites de la calle (recinto / definición)
- b. La complejidad de la red de caminos
- c. Construcción de articulaciones
- d. Complejidad de la distribución de los lugares públicos
- e. La existencia de refugios, tiendas de campaña y las líneas del techo variadas
- f. La existencia de una zona de amortiguamiento

- g. La existencia de árboles
- h. La accesibilidad (transparencia)
- i. Las características naturales / física y el estado de la acera.

Tabla 12 *Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal*

NS	A	B	C	D	E	F
	5 - 4.166	4.166-3.33	3.33-2.5	2.5-1.66	1.66-0.833	0.833-0

Fuente. Adaptación Jaskiewicz F. [25]

2.4 METODOLOGÍA PLANTEADA POR GALLIN N.

Este método se utiliza para asignar una calificación de Nivel de Servicio peatonal en un segmento de carretera [25]. Los factores que se califican en esta metodología se clasifican en tres categorías. A cada factor le corresponde un valor de peso que se multiplica por la puntuación que se le dé a este. Esta puntuación va en una escala de 0 a 4. Por ejemplo, al evaluar el ancho de un camino, el puntaje asignado será 0 si no hay un camino peatonal y 4 si la ruta es más de 2 m de ancho. La suma total obtenida corresponderá a un valor referenciado para el Nivel de Servicio (A-E).

Tabla 13 *Peso correspondiente a cada factor*

CATEGORIA	FACTORES	PESO
DISEÑO	Ancho camino	4
	Calidad de superficie	5
	Obstruccion	3
	Oportunidades de cruce	4
	Instalaciones de apoyo	2
UBICACIÓN	Conectividad	4
	Entorno de la ruta	2
	Conflicto vehicular (x km)	3
USUARIOS	Volumen de peatones	3
	Mezcla en la trayectoria	4
	Seguridad personal	4

Fuente. Adaptación Gallin [25]

Tabla 14 *Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal*

NS	A	B	C	D	E
	152 – 121.6	121.6-91.2	91.2-60.8	60.8-30.4	30.4-0

Fuente. Adaptación Gallin [25]

2.5 METODOLOGÍA PLANTEADA POR MURALEETHARAN T. ET AL

Este método se utiliza para la evaluación de las aceras con base en el concepto de valor total de la utilidad. Los factores utilizados para determinar el valor total de utilidad son:

- a. la separación lateral de los peatones, el ancho de las aceras
- b. las obstrucciones
- c. tasa de flujo peatonal
- d. La interacción peatones-ciclistas

Las estimaciones de la utilidad total de una acera definen el Nivel de Servicio peatonal de (1-3) [27]. En [27] se proponen los valores de utilidad de acuerdo con las condiciones encontradas en el caso estudio.

2.6 METODOLOGÍA PLANTEADA POR TAN D. ET AL [25]

De acuerdo con la experiencia en toda la nación y en el extranjero, así como el estado actual del tráfico de las carreteras urbanas de China, el equipo de investigación desarrolló un modelo de Nivel de Servicio peatonal, incluyendo como factores principales:

- a. Volumen de vehículos del carril exterior de la calzada adyacente (QV)
- b. El volumen de peatones (QP)
- c. El volumen de la bicicleta (QB) para el período de 5 minutos, la frecuencia de acceso de entrada por m (P)

d. La distancia entre la acera y el carril exterior de la carretera adyacente (WR).

Estas medidas se incorporaron en el modelo matemático:

$$NS\ Peatonal = -1.43 + (0.006 * QB) - (0.003 * QP) + \left(0.056 * \frac{QV}{Wr}\right) + 11.24 * (P - 1.17 * P3) \quad (27)$$

El resultado del modelo corresponde a Nivel de servicio (A-F).

2.7 NUEVO MODELO DE ESTIMACIÓN DE NIVEL DE SERVICIO PEATONAL EN CIUDADES DE GRECIA.

Esta nueva metodología partió de la combinación de metodologías ya desarrolladas internacionalmente. En la ciudad de Grecia, hasta el momento la estimación del Nivel de Servicio peatonal se basaba en la metodología propuesta por el HCM. Sin embargo a través de investigaciones previas se demostró que la inclusión de parámetros cualitativos, da resultados de los servicios a un mejor reflejo de las condiciones reales de acuerdo a la percepción de los usuarios [28].

Determinando los parámetros que se tendrían en consideración, se clasificaron en tres categorías, en consecuencia, toda la metodología se basa en un total de dieciocho parámetros.

Tabla 15 Variables Nuevo modelo de estimación de Nivel de Servicio peatonal en ciudades de Grecia.

a / a	CATEGORÍAS	PARÁMETROS	PUNTAJE			PE SO	PESO FINAL
			0	1	2		
1	FACTORES DE TRÁFICO 30%	Distancia de tráfico	confinado al hombro	≤ Ancho de un automóvil 60 km/h	> Anchura de un automóvil	6	1.8
2		Velocidad de la línea de tráfico	Velocidad > 60 kmh	velocidad > 30 kmh lineal con cruce	Velocidad < 30 kmh	4	1.2

3		La separación del tráfico	ninguno	oportunidades (por ejemplo, árboles, balaustres)	lineal sin oportunidades de cruce (por ejemplo barras)	5	1.5
4		El ruido del tráfico	ruidoso	tolerable	imperceptible	1	0.3
5		El volumen de tráfico	congestión	flujo continuo	facilitar el cambio de carril	3	0.9
6		Calles laterales (discontinuidades)	frecuente (distancia <100m)	moderada (200 m> distancia≥100 m)	rara (distancia≥ 200 m)	2	0.6
1	GEOMETRÍA / AMBIENTAL / FACTORES DE LAS ACERA 40%	Ancho total acera	ancho mixto <1.5m	2,05 m> Ancho mezclada≥1,5 m	ancho mezclada≥ 2,20 m	6	2.4
2		Altura libre (sin obstáculos), por ejemplo, tiendas de campaña, los signos	altura libre ≤ 1.8m	2,20 m> Altura libre> 1,8 m	altura libre≥ 2,20 m	3	1.2
3		Guía para los ciegos	no existe / existe con variaciones importantes de las especificaciones	existe con ligeras variaciones de las especificaciones	existe de acuerdo a las especificaciones	2	0.8
4		Estado del asfalto de la acera	mal estado	condiciones medio con inadaptados ligeras	buena condición	5	2
5		Rampas	no existe / existe con variaciones importantes de las especificaciones	existe con ligeras variaciones de las especificaciones	existe según las especificaciones	4	1.6
6		Los árboles y las plantas	no existen	existencia que disminuye espacio libre	existencia que no causa problema	1	0.4
1	FACTORES DE MOVIMIENTO PEATONAL 30%	volumen de peatones	pesado	moderado	movimientos fáciles	6	1.8
2		Sensación de seguridad (por ejemplo, la iluminación adecuada, otros peatones)	inadecuada acera / desierta	iluminación pero con manchas oscuras frecuentes	iluminación adecuada / acera ruidoso	1	0.3
3		Maniobras con el fin de evitar los obstáculos	frecuente	moderado	raro	5	1.5
4		Maniobras para evitar movimientos verticales hacia las entradas	frecuente	moderado	raro	4	1.2
5		La formación de una cola en las paradas de autobús / intersecciones	frecuente	moderado	raro	3	0.9
6		Reforzar el transporte multimodal	infraestructura no existe	infraestructura limitada (por ejemplo, las paradas de autobús)	importante infraestructura (por ejemplo, las paradas de autobús, asientos, soportes de la bicicleta)	2	0.6

Fuente. Adaptación: Nuevo modelo en Grecia [28]

Tomando la contribución de cada una de las categorías basado en la experiencia de los métodos disponibles fue la siguiente: 40% para los parámetros de geometría y 30% para cada una de las otras dos categorías de parámetros.

A cada uno de los parámetros se le da una puntuación de peso de 1 a 6 (teniendo en cuenta que el nivel peatonal de servicio de acuerdo con la mayoría de las metodologías tiene 6 escalas. Se identificó tres grados (0-2) siendo 2 la puntuación máxima [28]).

Dado que la puntuación máxima alcanzada de la acera en estudio puede ser 42 y 0, si es el caso, se divide este, en intervalos iguales de acuerdo con los Niveles de Servicio ya estipulados (A-F).

Tabla 16 *Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal*

NS	A	B	C	D	E	F
	$42 > x \geq 35$	$35 > x \geq 28$	$28 > x \geq 21$	$21 > x \geq 14$	$14 > x \geq 7$	$7 > x \geq 0$

Fuente. Adaptación Nuevo modelo en Grecia [28]

2.8 METODOLOGÍA PLANTEADA POR LANDIS ET AL

Espolvorear Consulting, Inc. (SCI) desarrolló un modelo para predecir el nivel peatonal de servicio. El modelo fue desarrollado a través de un análisis de regresión multivariable basado en las observaciones de los 42 segmentos de dirección en el área metropolitana de Pensacola [29].

El equipo de investigación desarrolló un modelo matemático para evaluar el Nivel de Servicio peatonal

Una larga lista de posibles variables independientes principales para influir en la sensación de seguridad o la comodidad en el camino de los peatones se generó, y luego se probó (junto con muchos otros factores potenciales) en la porción de regresión por etapas de desarrollo del modelo

1. Elementos de separación lateral entre los peatones y el tráfico de vehículos de motor, incluyendo: Presencia de acera
Ancho de acera; Buffers entre acera y los vehículos de motor carriles de circulación; Presencia de barreras dentro de la zona de amortiguamiento; Presencia de estacionamiento en la calle; Ancho de carril de circulación exterior; La presencia y la anchura de los hombros o carril bici
2. El volumen de tráfico de vehículos de motor
3. Efecto de (vehículo de motor) Velocidad
4. Mezcla de vehículos de motor (es decir, el porcentaje de camiones)
5. La frecuencia de acceso Calzada y el volumen

Estos, son la base para la estructura preliminar y el ensayo del modelo de los Niveles de Servicio peatonal:

$$\begin{aligned}
 NS \text{ Peatonal} = & a_1 f(\text{factores de separación lateral}) + a_2 f(\text{Volumen de tráfico}) \\
 & + a_3 f(\text{Velocidad, tipo de vehículo}) \\
 & + a_4 f(\text{frecuencia de entrada de acceso y volumen}) + a_n f(x) + \dots \\
 & + C \quad (28)
 \end{aligned}$$

Realizando regresión paso a paso, los investigadores realizaron análisis utilizando las 1.315 observaciones en tiempo real.

Por lo tanto, el siguiente modelo se desarrolló [30]:

$$NS\ Peatonal = -1.2021\ln(Wol + Wl + fp * \%OSP + fb * Wb + FSW * Ws) + 0.253\ln\left(\frac{VOL15}{L}\right) + 0.0005 + 5.3876\ SPD^2 \quad (29)$$

Dónde:

Wol = Ancho de carril exterior (pies)

Wl = Ancho de hombro o de carril bici (pies)

fp = coeficiente en la calle efecto de estacionamiento = 0.20

% OSP = Porcentaje de segmento con estacionamiento en la calle

fb = área Buffer coeficiente de barrera = 5,37 para los árboles espaciados a 20 pies en el centro)

Wb = Buffer de anchura (distancia entre el borde de la acera y acera, con los pies)

FSW = Acera coeficiente de presencia = 6 - 0.3Ws

Ws = Ancho de acera (pies)

VOL15 = tráfico medio durante un período de quince (15) minutos

L = número total de carriles (por carretera o calle)

SPD = Promedio de velocidad de funcionamiento de la circulación de vehículos de motor (km / h) [31].

Tabla 17 Calificaciones generales estimadas para el Nivel de Servicio peatonal

NS	A	B	C	D	E	F
	<1.5	>1.5 y ≤2.5	21.5 y ≤3.5	>3.5 y ≤4.5	>4.5 y ≤5.5	>5.5

Fuente. Adaptación Landis et al [31]

2.9 METODOLOGÍA PLANTEADA POR JENSEN S.

El método Jensen fue desarrollado en Dinamarca y se basó en un estudio de campo para cuantificar objetivamente la satisfacción peatonal durante su movimiento.

El estudio utiliza básicamente una encuesta de preferencias en el que cada segmento de carretera fue clasificado sobre la base de una escala fija. La metodología consiste en que los encuestados ven numerosos segmentos viales capturados en video y puntúan sobre estos segmentos con respecto a su nivel de satisfacción sobre caminar y andar en bicicleta bajo las condiciones de la carretera que se muestran en los videos.

Se propuso unos niveles de satisfacción de 1-6, que definen el nivel de servicio (A-F) en relación con una tabla dada.

Se designa Nivel de servicio A si el 50% o más de los encuestados están muy satisfechos, se designa NS B si el 50% o más son muy o moderadamente satisfechos y menos del 50% está muy satisfecho, y así sucesivamente, para terminar con una calificación de Nivel de servicio F si el 50% o más están insatisfechos [32].

Como resultado de los estudios se propusieron los siguientes parámetros:

- a) Usos de la zona peatonal
- b) Volumen vehículos motorizados por hora en ambas direcciones
- c) velocidad del vehículo motorizado promedio (km / h) ,
- d) Volumen de peatones por hora en la carretera más cercana,
- e) las bicicletas y ciclomotores por hora en ambas direcciones
- f) Zona de amortiguamiento.
- g) Vehículos estacionados cada 100m
- h) Ancho de la zona de paseo
- i) Ancho total del área peatonal
- j) Número de carriles
- k) Número de árboles

2.10 REPORTE 562 DE NCHRP

En el reporte 562 de NCHRP [33], se busca actualizar el HCM 2000. El análisis planteado tiene como finalidad recomendar medidas que se adapten a las necesidades en los cruces peatonales. Para esto hace un estudio de las condiciones del cruce con los lineamientos planteados por el HCM. La diferencia radica en los criterios que usa para identificar una situación problemática [34].

Los factores a tener en cuenta para estimar la demora total del cruce son:

- a. *El flujo peatonal*: el procedimiento se ve afectado significativamente por la demanda de uso, por otro lado establece un número mínimo de peatones para recomendar alguna acción.
- b. *El flujo vehicular*: La ocurrencia de brechas que permiten a los peatones cruzar es una función del flujo vehicular.
- c. *El número de carriles y el ancho de la vía*: son medidas que permitirán establecer el ancho de la vía que los peatones habrán de cruzar.
- d. *La velocidad de cruce*: Se utiliza el percentil 15 a fin de garantizar el cruce de las personas con movilidad reducida, usualmente 1.2 m/s.

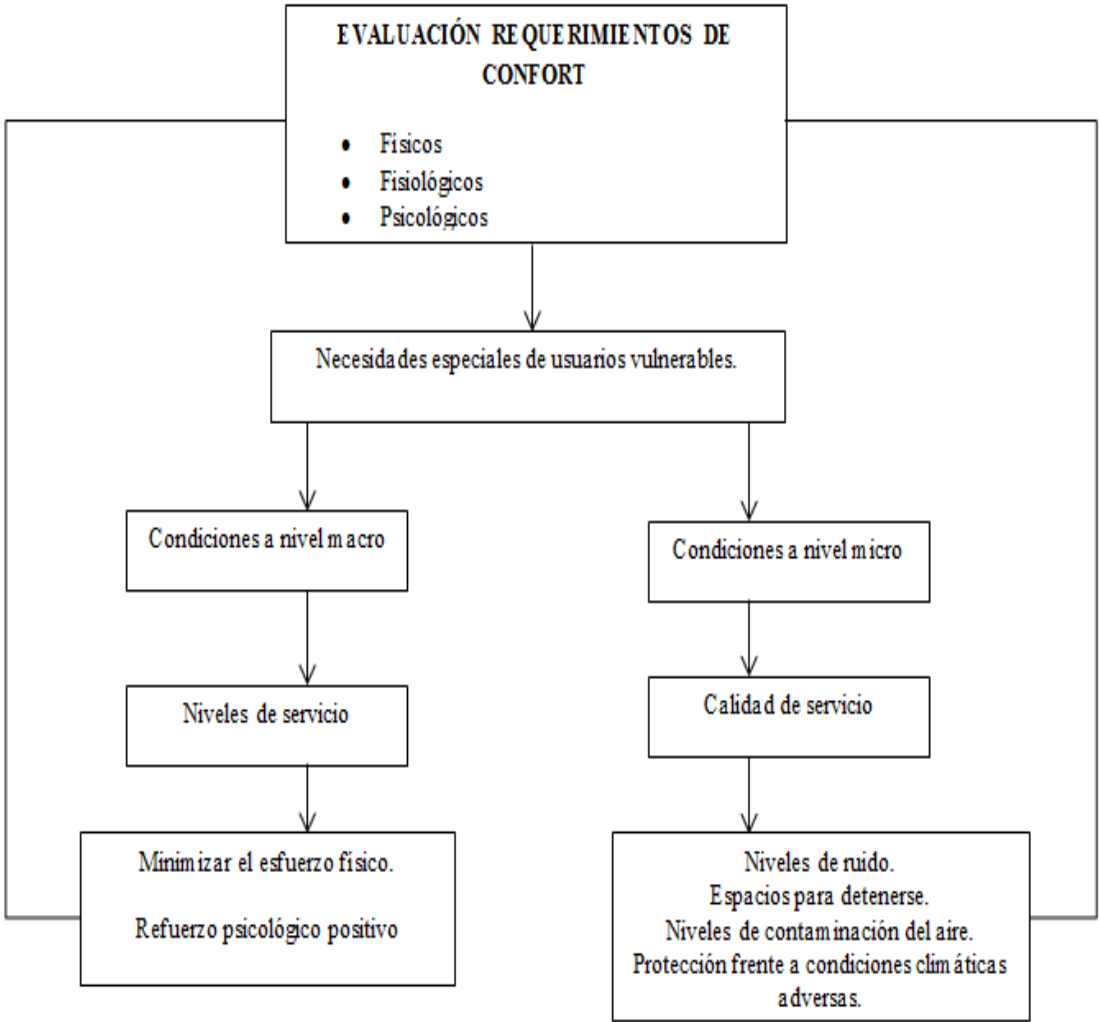
En base a la demora total la metodología genera una calificación en el rango de tres colores: rojo para la colocación de un semáforo peatonal, amarillo para mejoras de la geometría de la intersección y verde para mejoras menores o mantener la condición actual [34].

2.11 METODOLOGÍA PLANTEADA POR SARKAR [35]

En el reporte de la FHWA [36] menciona esta propuesta para evaluar el nivel de servicio peatonal. Donde se realizan dos evaluaciones independientes teniendo en cuenta las necesidades físicas, fisiológicas y psicológicas de los peatones [37]:

(1) *los niveles de servicio* se analizan a nivel macro teniendo en cuenta las características que influyen en el tránsito peatonal; y (2) *Niveles de calidad* que se ven en los detalles a nivel micro de comodidad de los peatones. El análisis presenta consideraciones para usuarios vulnerables y de movilidad limitada.

Gráfico 1 *Esquema basado en el Confort, Sarkar 2003*



Fuente. Adaptación Sarkar 2013 [35]

Tabla 18 Niveles de servicio A-F para el confort de peatones: componentes físicos y psicológicos. Sarkar, 2003

Nivel de servicio	Esfuerzo físico minimizado	Esfuerzo físico minimizado para peatones gravados y los que tienen necesidades especiales	Actividades peatonales acomodadas
A	El paso peatonal se ha diseñado para permitir a los peatones elegir y mantener la velocidad deseada con gran facilidad. Se han hecho esfuerzos para agregar accesos directos o minimizar los conflictos con otros modos y mobiliario urbano.	Peatones con necesidades especiales tienen espacio más que suficiente para moverse sin restricciones. *	Diversas actividades peatonales son acomodadas.
B	Capaz de elegir y mantener la velocidad deseada con facilidad. (Paso peatonal de menor calidad que el Nivel A).	Peatones con necesidades especiales tienen espacio más que suficiente para moverse sin restricciones.*	Diversas actividades peatonales son acomodadas.
C	Los peatones tienen que ajustar o maniobrar para utilizar la vía porque el mobiliario urbano y otros objetos se han colocado de forma inadecuada. La configuración y la anchura de la vía peatonal son inadecuadas para el uso de peatones.	Peatones con necesidades especiales se encuentran con dificultades para usar la acera.	Flujos peatonales y diversos movimientos y actividades requieren la cooperación y las maniobras.
D	Los peatones se encuentran con obstáculos e impedimentos que aumenten sus esfuerzos físicos. Coches estacionados ilegalmente, señales y otros objetos que sean incompatibles con el uso peatonal aceras. Autos bloquean acera.	Peatones con necesidades especiales que no pueden utilizar las vías peatonales debido a las malas superficies para caminar o falta de rampas.	Pasos peatonales incapaces de apoyar a los movimientos peatonales normales. Los peatones caminan en fila india, paso en el camino, etc.
F	Pasarelas son inutilizables debido a la mala superficie para caminar, encharcamiento, condiciones de hielo. No hay aceras; peatones usan las calles.	Peatones con necesidades especiales están expuestos al tráfico de vehículos, ya que se ven obligados a utilizar la calzada.	Aceras inexistentes o inutilizables,

Fuente. Adaptación Sarkar 2013 [35]

La escala se presenta de la A-F (sin incluir la E) puesto que la F se asocia a condiciones defectuosas para ambos análisis.

Las variables consideradas para estimar los niveles de servicio son:

- a. Minimizar el esfuerzo físico: La circulación sea libre de impedimentos, se suministren accesos directos y se pueda caminar a gusto.
- b. Refuerzo psicológico positivo: capacidad de mantener la velocidad de marcha deseada y participar en las actividades de los peatones.

Dentro de las condiciones micro para calidad de servicio se encuentran variables como:

- a. Niveles de ruido.
- b. Espacios para detenerse.
- c. Niveles de contaminación del aire.
- d. Protección frente a condiciones climáticas adversas.

La metodología consiste ubicar las características mencionadas anteriormente para calidad y capacidad en las escalas o tablas establecidas del método mediante un estudio detallado según las observaciones cualitativas de los peatones, haciendo uso de encuestas o listas de verificación.

Posteriormente debe desglosarse toda la información recopilada en el sitio durante la encuesta. Para después realizar una comparación punto por punto de las características del sitio. Y finalmente seleccionar la capacidad y niveles de servicio que cumplen con la mayoría de características observadas, en caso de presentarse similitudes se escoge la categoría o el grado menor.

2.12 METODOLOGÍA PLANTEADA POR KHISTY

La evaluación de los factores ambientales se logra a través de medidas de desempeño adecuadas, y éstos a su vez proporcionan las características de funcionamiento y el nivel cualitativo de servicio de la instalación que está siendo evaluada según la percepción de sus usuarios. Este nivel cualitativo de servicio, entonces puede complementar el nivel cuantitativo de servicio de la instalación sobre la base del flujo, la velocidad, y unidades de densidad, como se describe en el HCM [38].

Tiene en cuenta los siguientes factores en relación con el ambiente:

- a. Atractivo
- b. Confort (espacio suficiente)
- c. Comodidad (buen estado)
- d. Seguridad (respecto a otros peatones)
- e. Salud (buena iluminación)
- f. Coherencia del sistema (Orientación fácil)

Tabla 19 . Nivel de Servicio del Medio Ambiente en Khisty

A	Mayor o igual a 85% satisfecho	5 puntos
B	Mayor o igual a 60% satisfecho	4 puntos
C	Mayor o igual a 45% satisfecho	3 puntos
D	Mayor o igual a 30% satisfecho	2 puntos
E	Mayor o igual a 15% satisfecho	1 puntos
E	Menos de 15% satisfecho	0 puntos

Fuente. Adaptación Khisty [38]

Es necesario averiguar la importancia relativa de los factores con respecto a la otra, para esto se opta por la constante de suma, el método de comparación por

pares, que es un enfoque sistemático para la determinación de la importancia relativa de un número de factores utilizando del grupo.

El método consiste en la presentación de los encuestados de todos los pares posibles de factores. Se pide a cada encuestado para distribuir un conjunto constante de valores (En este caso 10) entre cada par de factores. Si el encuestado cree que, por ejemplo, el atractivo es mucho más importante que la comodidad, una puntuación de 8 de Atractivo y una puntuación de 2 para Comodidad podrían ser dadas por el encuestado. Si, por el contrario, la parte demandada considera que los 2 factores en la pareja son igualmente importantes, 5 puntos se podrían dar a cada uno de ellos.

El número de puntos otorgados a cada factor se divide por el total de puntos asignado a todos los pares y por lo que la importancia relativa de cada factor con respecto a los demás se calcula [39].

El número de puntos determinado a cada factor son ponderados con la importancia relativa de cada factor para obtener el valor final del nivel de servicio.

2.13 METODOLOGÍA PLANTEADA POR NURSYAMSU HIDAYAT, KASEM CHOOCHARUKUL Y KUNIHIRO KISHI [40]

El modelo propuesto en este estudio se centra en la presencia de vendedores ambulantes en la acera; mediante el análisis de las relaciones entre las percepciones de los peatones, la conducta y el tránsito del mismo. La información recopilada de los peatones se utiliza para predecir una serie de variables cualitativas para determinar el grado en que el nivel actual de la acera [41].

Las percepciones de peatones se resumen en varias variables importantes mediante el método de análisis factorial. El modelo se desarrolla a través de una

regresión por pasos sobre la base de 340 encuestados que caminan en el distrito de Bang Rak en Bangkok [33].

En esta investigación, los vendedores ambulantes se consideran un factor importante, ya que es una característica específica que se puede encontrar solamente en algunos países en desarrollo.

Respuestas de peatones se analizaron mediante análisis factorial de componentes principales que se pueden identificar las variables representativas del conjunto más amplio de variables originales. Como resultado, un pequeño número de factores puede ser definido. El objetivo es resumir la información involucrada en gran cantidad de variables originales sin pérdida de información importante [42].

Las variables identificadas son:

- a. Comodidad
- b. Accesibilidad
- c. Atracción a las ventas
- d. Seguridad / protección,
- e. Problemas con vendedores,
- f. Disponibilidad de espacio
- g. Condiciones de acera.

Se pidió a los encuestados que dar evaluación sobre la vía peatonal, con puntuación del uno al diez, donde diez representa la calificación más alta. Una escala de calificaciones simple se modifica a partir de un modelo propuesto por Jaskiewicz como se ilustra en la tabla:

Tabla 20 *Categoría niveles de servicio.*

Niveles de servicio	Puntuación del modelo
A	9.0 < NS < 10.05
B	7.0 < NS < 9.0
C	5.0 < NS < 7.0
D	3.0 < NS < 5.0
E	2.0 < NS < 3.0
F	1.0 < NS < 2.0

Fuente. Adaptación Nursyamsu Hidayat, Kasem Choocharukul Y Kunihiro Kishi [40]

2.14 METODOLOGÍA PLANTEADA POR XUEHAO CHU AND MICHAEL R. BALTES

Este método fue desarrollado en EE.UU. año 2001 y su modelo se basa en un gran número de datos, recogidos a través de un estudio de campo. Para determinar los niveles de servicio peatonal para cruces de calle a mitad de cuadra. Esta metodología reconoce una medida de eficacia que se traduce en un valor de Nivel de Servicio peatonal [43].

Los factores determinantes que se utilizaron en el modelo fueron:

- a) la edad de los peatones
- b) el volumen de tráfico
- c) los movimientos de giro
- d) la velocidad del tráfico
- e) la distancia de cruce
- f) medianas restrictiva y no restrictivas
- g) Cruces de peatones
- h) señales peatonales
- i) el ciclo de las señales
- j) espacio de la señal.

Existe alguna evidencia de que la presencia de la "percepción" en la definición es sólo un requisito para utilizar medidas de efectividad que pueden ser fácilmente percibidas por los usuarios. El 1965 HCM nunca usó la palabra "percepción" en la definición de nivel de servicio [44]. Como resultado, el HCM 1965 utiliza tanto el volumen de tráfico y la relación volumen / capacidad como medidas de eficacia para determinar el nivel de servicio del automóvil. Sin embargo, el volumen de tráfico más tarde se perdió como medida de la eficacia en las versiones posteriores de HCM en gran medida porque los conductores no pueden percibir adecuadamente el volumen de tráfico [45], [46].

2.15 METODOLOGÍA PLANTEADA POR EL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE FLORIDA (FDOT) [47]

Modelo desarrollado con variaciones de [31], mediante investigaciones [48]. Se ha aplicado con éxito a ciudades de la Florida (EE.UU).

Los niveles peatonales de servicio se basan en cuatro variables de importancia relativa (T estadística):

- a. Existencia de acera
- b. Separación lateral de los peatones de los vehículos motorizados
- c. Volúmenes de vehículos motorizados
- d. Velocidad de los vehículos motorizados

Cada una de las variables se pondera por la importancia relativa (determinado por el modelo de regresión por pasos, entre 0,5 y 6,5) se determina junto con el correspondiente grado de nivel de servicio.

$$PLOS = -1.2276 \ln(Wol + Wl + fp * \%OSP + fb * Wb + FSW * Ws) + 0.0091 \ln\left(\frac{VOL15}{L}\right) + 0.004SDP^2 + 6.0468 \quad (30)$$

Wol = Ancho de carril exterior (pies)

Wl = Ancho de hombro o de carril bici (pies)

fp = coeficiente en la calle efecto de estacionamiento = 0.20

$\%OSP$ = Porcentaje de segmento con estacionamiento en la calle

fb = área Buffer coeficiente de barrera = 5,37 para los árboles espaciados a 20 pies en el centro)

Wb = Buffer de anchura (distancia entre el borde de la acera y acera, con los pies)

FSW = Acera coeficiente de presencia = 6 - 0.3 W_s

W_s = Ancho de acera (pies)

$VOL15$ = tráfico medio durante un período de quince (15) minutos

L = número total de carriles

SPD = Promedio de velocidad de funcionamiento de la circulación de vehículos de motor (min / h).

La aplicación del modelo es válido para instalaciones peatonales menores 100 pies de distancia de una carretera.

Tabla 21 . Niveles de servicio FDOT

Niveles de servicio	Puntuación del modelo
A	<1.5
B	1.5 < NS < 2.5
C	2.5 < NS < 3.5
D	3.5 < NS < 4.5
E	4.5 < NS < 5.5
F	>5.5

Fuente. Adaptación FDOT [47]

2.16 METODOLOGÍA COLOMBIANA. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA (UPTC)

La metodología considera variables asociadas a la infraestructura como su ancho efectivo, estado, pendiente, obstrucciones laterales, longitud del tramo y tipo de vía. En cuanto a las características del flujo peatonal se considera la velocidad de caminata como variable de decisión, el volumen peatonal, factor de periodo pico (calculado con base en intervalos de un minuto dentro del periodo de 15 minutos más cargados), también se considera el efecto de la distribución direccional del flujo. Las características de los peatones que se tienen en cuenta son: género, edad, acompañantes, paquetes o maletas, bloqueos por encuentro. En cuanto a las condiciones del entorno se considera el tipo de zona en función del uso del suelo del sector [49].

La capacidad de una infraestructura peatonal, se da en peatones para un periodo determinado de tiempo (15 minutos por ejemplo) y por metro lineal de ancho de sección transversal, según la ecuación: $C = C_i * A_e * f_{eg} * f_{pe} * f_{td} * f_s$ (31)

Dónde:

C = Capacidad de la infraestructura analizada.

C_i = Valor máximo de flujo bajo condiciones ideales; se obtuvo 1.000 peat/15 minutos/mt (según sea el periodo) partiendo datos de locales obtenidos de los modelos calibrados para la ciudad caso estudio.

A_e = Ancho efectivo utilizado por los peatones.

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

f_{pe} = Factor de ajuste por pendiente y estado de la vía.

f_{td} = Factor de ajuste por tipo de la vía y distribución direccional, y

f_s = Factor de ajuste por acompañantes.

La medición del Nivel de Servicio se basa en comparar la velocidad representativa de las condiciones estudiadas URE con la velocidad para los diferentes niveles de servicio y pendientes tabulada para condiciones locales UT. Para ello se desarrollan los siguientes pasos:

Se define de la velocidad media bajo condiciones ideales a flujo libre: relacionada para una pendiente dada y una longitud de tramo, la correspondiente velocidad ideal a flujo libre UFL. Luego se determina la velocidad de caminado a flujo predeterminado UFp mediante la ecuación 32.

$$U_{FP} = U_{FL} * \frac{V}{C} \quad (32)$$

El factor V/C es la relación entre el volumen de servicio y la capacidad. El volumen de servicio debe expresarse en términos de flujo, por lo que debe ser dividido por el factor de hora pico (FHP) calculado para periodos de 15 minutos y fluctuaciones dentro de ellos. Posteriormente se establece la velocidad representativa de las condiciones estudiadas o previstas URE., esta se calcula mediante la ecuación 33

$$U_{RE} = U_{FP} * \text{Factores de ajuste} \quad (33)$$

Por último se compara la URE con la UT de la tabla 2 y se determina el nivel de servicio

Tabla 22 Velocidad peatonal para condiciones locales Ut

Vía/andén m longitudinal	NIVELES DE SERVICIO					
	A	B	C	D	E	F
Suave (3%)	>1.35	1.3-1.35	1.23-1.3	1.15-1.23	0.9-1.15	<0.9
Media (3-<7%)	>1.15	1.1-1.15	1.05-1.1	0.9-1.05	0.85-0.9	<0.85
Alta (7-<12%)	>0.95	0.9-0.95	0.85-0.9	0.75-0.85	0.7-0.75	<0.7

Fuente. Adaptación Metodología Colombiana UPTC [49]

Tabla 23 Velocidad media ideal peatonal a flujo libre bajo diferentes pendientes
 U_{FL}

	Pend.	LONGITUD DEL TRAMO					
		20	40	60	80	100	>100
SUAVE	<3	1.6	1.57	1.54	1.51	1.48	1.45
MEDIA	3-7	1.4	1.37	1.34	1.34	1.29	1.27
ALTA	7-12	1.2	1.18	1.15	1.15	1.11	1.08

Fuente. Adaptación Metodología Colombiana UPTC [49]

Factor de ajuste por edad y género f_{eg} :

$$f_{eg} = \frac{1}{1 + [P_n(E_n - 1) + P_a(E_a - 1) + \dots]} \quad (34)$$

P_n = Proporción de niños en decimal

E_n = Equivalente de joven por niño. Tabla

Tabla 24 Equivalente en hombre joven por diferentes edades y géneros

GÉNERO	EDAD	EQUIVALENTE
MASCULINO	Niño	1.165
	Joven	1
	Adulto	1.035
	Mayor	1.333
FEMENINO	Niño	1.096
	Joven	1.08
	Adulto	1.203
	Mayor	1.591

Fuente. Adaptación Metodología Colombiana UPTC [49]

Tabla 25 Factor de ajuste por pendiente y estado de la vía.

Pend.	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
SUAVE <3	1	0.99	0.99
MEDIA 3-7	0.978	0.949	0.91
ALTA >7	0.933	0.905	0.868

Fuente. Adaptación Metodología Colombiana UPTC [49]

Factor de ajuste por número de acompañantes:

$$f_{na} = \frac{1}{1 + [P_1(E_1 - 1) + P_n(E_n - 1)]} \quad (35)$$

Dónde:

P1 = Proporción de peatones con un acompañante, en decimal

E1 = Equivalente de peatones con un acompañante, en peatones sin acompañantes (tabla

Pn = Proporción de peatones con más de un acompañante, en decimal

En = Equivalente de peatones con acompañante, en peatones sin acompañantes, de la tabla

Tabla 26 . Factores de equivalencia para peatones con acompañantes

TIPO DE VÍA	SOLO	ACOMPANADO
ACERA	1	1.1
EXCLUSIVA	1	1.5
SENDERO	1	1.5

Fuente. Adaptación Metodología Colombiana UPTC [49]

3. ANÁLISIS COMPARATIVO

Todos los espacios peatonales no pueden ser analizados desde la misma perspectiva debido a que la prestación del servicio no es la misma, ya que aspectos como la intensidad de peatones, velocidades de caminata y características propias de los usuarios, entre otros más varían para cada una de estas. Por tal motivo es importante conocer las metodologías empleadas para la estimación del nivel de servicio y verificar si estas se adaptan a los diferentes entornos peatonales, así mismo, bajo qué criterios de medición define el servicio de la infraestructura peatonal. Al mismo tiempo se busca cuál de las metodologías recopiladas tiene mayor aplicabilidad en cualquier espacio peatonal.

Para identificar las características principales de cada metodología se realiza un cuadro comparativo con base en las metodologías recopiladas anteriormente.

3.1 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

Para la clasificación se proponen los siguientes parámetros:

- Año
- País
- Nivel espacial
- Variables
- Tipo de flujo

El año hace referencia al año de publicación de cada metodología y país al lugar donde fue desarrollada. El nivel espacial hace referencia al tipo de infraestructura en donde se aplica cada método, incluye aceras, cruces, zonas de formación de

colas, vías peatonales, escaleras e intersecciones. Las variables pueden clasificarse en cualitativas si estas son calificadas de acuerdo a un rango de satisfacción de una escala planteada para luego realizar un cálculo que lleve a un nivel de servicio de acuerdo con una tabla estipulada, o variables cuantitativas si para determinar el nivel de servicio requieren ser calculadas en base a ecuaciones ya determinadas en cada metodología. Tipo de flujo para el cual puede ser aplicada la metodología, siendo estos: flujo discontinuo o flujo continuo.

Tabla 27 Cuadro comparativo de las Metodología.

METODOLOGÍA	AÑO	PAÍS	NIVEL ESPACIAL						VARIABLES		FLUJO	
			ACERAS	CRUCES	ZONAS DE COLA	VÍAS PEATONALES	ESCALERAS	INTERSECCIONES	CUALITATIVAS	CUANTITATIVAS	DISCONTINUO	CONTINUO
HCM	2000	USA	X	X	X	X	X	X		X	X	X
	2010	USA	X	X	X	X	X	X		X	X	X
DIXON L.	1996	USA				X			X			X
MOZER D.	1997	USA				X				X		X
JASKIEWIECZ F.	2000	USA				X			X			X
GALLIN N.	2001	AUSTRALIA				X			X			X
MURALEETHARAN T.	2004	JAPÓN	X							X		X
TAN D. et al	2007	CHINA	X							X		X
NUEVO MODELO	2012	GRECIA	X						X	X		X
LANDIS et al	2001	USA				X				X		X
MÉTODO COL. UPTC	2011	COLOMBIA	X			X				X		X
JENSEN	2007	DINAMARCA				X			X			X
REPOTE 562 NCHRP	2006	USA		X						X	X	
SARKAR	2003	USA	X			X			X			X
KHISTY	1994	USA	X			X			X			X
NURSYAMSU HIDAYAT, KASEM CHOOCHARUKUL Y KUNIHIRO KISHI	2010	TAILANDIA	X						X			X
XUEHAO CHU AND MICHAEL R. BALTES	2001	USA		X						X	X	
FDOT	2002	USA				X				X		X

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con la interpretación realizada del cuadro comparativo presentado en el anexo 6 se plantean las siguientes observaciones:

Hay un constante estudio en el desarrollo de las metodologías hasta la fecha, ya que las publicaciones son cercanas entre ellas.

Existe por lo menos una metodología desarrollada en cada continente, exceptuando el continente de África del cual no se encontró ninguna información al respecto.

Para cada uno de los espacios peatonales planteados en la clasificación de la tabla existe al menos una metodología aplicable.

Existen once metodologías que emplean solo variables cuantitativas y siete metodologías que utilizan variables cualitativas únicamente. Solo la metodología desarrollada en Grecia (Nuevo Modelo) tiene en cuenta ambos tipos de variables. La mayoría de metodologías han sido desarrolladas para ambientes de flujo continuo. Sin embargo existen algunas metodologías que aplican para flujo discontinuo.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la información revisada cabe mencionar que la importancia del peatón en el desarrollo vial ha sido un tema en estudio desde muchos años atrás. Varios autores han propuesto diversos conceptos que han servido como base fundamental en la mejora de las metodologías que hoy en día se aplican. Para este estado del arte se recopilaron en total 17 metodologías que actualmente se tienen en consideración. Lo cual evidencia un constante avance del tema y permite tener varias opciones al momento de evaluar el nivel de servicio de los espacios peatonales. Sin embargo se debe tener en cuenta la infraestructura peatonal a analizar para escoger la metodología más adecuada.

Se identificaron gran cantidad de variables dentro de cada metodología. Las cuales se han propuesto como necesidad de una mejor adaptación de estas al entorno, teniendo en cuenta no solo criterios de diseño sino también la percepción del peatón. Entre las variables más comunes utilizadas en la estimación del nivel de servicio se encuentran: la velocidad de caminata, volúmenes de tráfico, velocidad y volumen de vehículos motorizados y anchos de corredores peatonales. Cabe resaltar que un gran número de variables tanto cuantitativas como cualitativas, pueden representar un estudio más completo ya que permiten abarcar más aspectos que estiman el nivel de servicio peatonal.

Con el cuadro comparativo se evidencia que la metodología planteada por el HCM es la más completa ya que es aplicable en todos los espacios propuestos y tiene en consideración tanto flujo continuo como discontinuo a diferencia de la demás metodologías. Sin embargo varias de las metodologías estudiadas se han desarrollado a partir de conceptos del HCM, así como otras han surgido con el fin

de complementarla ya que esta no involucra variables cualitativas para la estimación del nivel de servicio.

La mayoría de metodologías estudiadas fueron desarrolladas en Estados Unidos bajo condiciones propias del país lo cual es un aspecto favorable ya que pueden realizar una estimación más completa para los niveles de servicio. Sin embargo cada país debería contar con una metodología propia ajustada a las condiciones de su entorno para así evitar aplicar metodologías generales desarrolladas en otros sitios. En Colombia se desarrolló la metodología (Método colombiano UPTC) con base a condiciones propias del entorno de la ciudad de Tunja lo cual dejan en evidencia que una metodología general como la del HCM (manual adoptado por varios países) no debería ser aplicada en todos los ambientes.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Fruin. La planificación y el diseño de peatones, Asociación Metropolitana de Diseñadores Urbanos y Ambientales, Inc., Nueva York, 1971.

[2] Guío y Dueñas. Capacidad y niveles de servicio en infraestructuras peatonales en HCM 2010.

[3] Wigan, M. Treatment of walking as a mode of transportation. Transport Research Record. 1487, Transportation Research Board. Washington, D.C. (1994)

[4] Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2005.

[5] Luis Bañon Blásquez y José Bevia García. Manual de carreteras. Elementos proyecto. Vol.1, Septiembre 1999.

[6] Francisco Rama Labrador. Estudio de accesibilidad urbanística. 2008

[7] Fredy Alberto Guio Burgos. Caracterización y modelación de flujos peatonales en infraestructuras continuas. Caso estudio Tuja- Colombia.. Revista facultad de Ingeniería. UPTC, 2008, Vol 1, No 25, pp 75-88

[8] Flor Ángela Cerquera Escobar. Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica de Colombia (2007)

[9] Pedestrian Facilities Guidebook. Washington State Department of Transportation. (1997)

- [10] Navin F. P. D. And R. J Wheeler. Pedestrian flow characteristics. *Traffic Engineering*, Vol. 39(4), (1969), pp 30-36
- [11] Kari Lautso, Pentti Murole. A study of pedestrian traffic in Helsinki: Methods and results. *Traffic Engineering and Control*, January 1974, pp 446- 449
- [12] Pushkarev, B and Zupan, J. *Urban Spaces for Pedestrians*. MIT Press, Cambridge, Mass. (1975)
- [13] Sheila Sarkar. Determination of service levels for pedestrians, with European example. *Transportation Research Record 1405*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., (1993), pp 35–42.
- [14] Dixon, L. Bicycle and pedestrian Level-of-Service performance measures and standards for congestion management systems. *Transportation Research Board*, 75th Annual Meeting, Washington D.C. (1996).
- [15] Fredy Alberto Guío Burgos. Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. “Revista Virtual Universidad Católica del Norte”. No. 29, (febrero – mayo de 2010, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services y Actualidad Iberoamericana. [pp. 179-203]
- [16] Dowling, R. NCHRP Web-only Document 128: Multimodal level of service Analysis for Urban Streets: Users guide, Appendix D to final Report of NCHRP Project 3-70 “Multimodal Level of service for Urban Streets”, TBR. (2008)

[17] Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.

[18] Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C

[19] Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando mathcad.

[20] Fabio Andrés Restrepo Londoño. Marcelo Herz. Nivel de servicio peatonal en calles urbanas. Influencia de la percepción de seguridad y confort. Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Mención Transporte. Universidad Nacional de Córdoba- Argentina.

[21] Avanti Engineering Group. Medición del Impacto en la Capacidad y Calidad de Servicio de las Aceras por el Comercio Informal. Septiembre 2012

[22] Roupail, N., J. Hummer, P. Allen, and J. Milazzo. *Recommended Procedures for Chapter 13, Pedestrians, of the Highway Capacity Manual*. Report FHWA-RD-98-107. FHWA, U.S. Department of Transportation, 1999

[23] Gerlough, D., and M. Huber. *Special Report 165: Traffic Flow Theory: A Monograph*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1975

[24] Andrew Devlin. Measuring The Quality Of The Pedestrian Environment: Towards An Appropriate Assessment Methodology. 7 March 2008. The University of British Columbia

[25] Methods for assessing the pedestrian level of service: International experience and adjustment to the Greek walking environment - The case of Thessaloniki. Lefteris Sdoukopoulos. Centre for Research and Technology Hellas / Hellenic Institute of Transport (CERTH/HIT). Sdouk@certh.gr

[26] Mozer, D. Calculating Multi-Mode Levels-of-Service. International Bicycle Fund. (1996)

[27] Muraleetharan, T. Et al. Method to determine overall Level-of-Service of pedestrians on sidewalks and crosswalks based on total utility value. *Proceedings of the 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington D.C. 2004

[28] Paraskevi Christopoulou, Magdalini Pitsiava – Latinopoulou. Development of a model for the estimation of pedestrian level of service in Greek urban areas. Transport Research Arena- Europe 2012.

[29] Singh K., Jain P.K. Methods of assessing pedestrian level of service. *JERS/Vol.II/ Issue I/January-March 2011/116-124*.

[30] Singh K., Jain P.K.. Methods Of Assessing Pedestrian Level Of Service. *Journal of Engineering Research and Studies E-ISSN 0976-7916*.

[31] Landis, B. Et al (2001a). Modelling the roadside environment: a pedestrian Level of Service. *Transportation Research Board*, Washington D.C., *Transportation Research Record 1773*, [pp. 82 – 88]

[32] Jensen, S. Pedestrian and bicyclist Level of Service on roadway segments. *Transportation Research Board*, Washington D.C., Transportation Research Record 2031, (2007), pp. 43 – 51

[33] Report 562 “Improving Pedestrian Safety At un signalized Crossings” The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), 2006.

[34] Doig Godier, Jean Christian. Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller. Pontificia Universidad Católica del Peru. 2010

[35] Sarkar, Sheila. Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. Conference Presented in TRB, 2003

[36] “Indices de seguridad para peatones y ciclistas” en intersecciones, (Federal Highway Administration, FHWA, 2006

[37] Slater, K. *Human comfort*. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher. 1985

[38] Khisty, C.J. Evaluation of Pedestrian Facilities – Beyond the Level of Service Concept. Transportation Research Record 1438. TRB, National Research Council, Washington D.C. (1994) pp 45-50

[39] Ángela López ,Halcrow. Assessment of measures to ease pedestrian congestion. Group LTD.

[40] Nursyamsu Hidayat , Kasem Choocharukul, Kunihiro Kishi. Analysis of sidewalk level of service incorporating pedestrian's perceptions. The 7th National Transport Conference: NTC7. 2010

[41] Nursyamsu Hidayat, Kasem Choocharukul, Takashi Nakatsuji, Kunihiro Kishi. Determination Of Factors Related To Sidewalk Performance Based On Pedestrian Perception.

[42] Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. Multivariate Data Analysis, 6th Edition, Prentice Hall, New Jersey. 2006

[43] Baltes, M. And X, Chu. Pedestrian Mid-block crossing difficulty. *Final Report, National Center for Transit Research*, University of South Florida, Tampa, FL (2001)

[44] Transportation Research Board (TRB). *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, 3rd Edition, National Research Council, Washington, D.C. 1998

[45] Kittelson, Wayne K. (2000), Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service, *Transportation Research Circular E C018*: 5-16.

[46] Roess, Roger P., and William R. Mcshane. Changing Concepts of Level of Service in the 1985 Highway Capacity Manual: Some Examples, *ITE Journal*, (May, 1987), pp 27- 31.

[47] Quality/Level of Service Handbook 2002, State of Florida, Department of Transportation.

[48] Florida Department of Transportation, Rule Chapter 14-94, Statewide Minimum Level of Service Standards for the State Highway System, Tallahassee, Florida, 2006

[49] Domingo Ernesto Dueñas Ruiz. Fredy Alberto Guío Burgos. Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales – CCSP. 2011

[50] Virkler, M. R. Scramble and Crosswalk Signal Timing. In *Transportation Research Record 1636*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1998, pp. 83–87.

BIBLIOGRAFIA

Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando mathcad.

Andrew Devlin. Measuring The Quality Of The Pedestrian Environment: Towards An Appropriate Assessment Methodology. 7 March 2008. The University of British Columbia

Ángela López ,Halcrow. Assessment of measures to ease pedestrian congestion. Group LTD.

Baltes, M. And X, Chu. Pedestrian Mid-block crossing difficulty. *Final Report, National Center for Transit Research*, University of South Florida, Tampa, FL (2001)

Dixon, L. Bicycle and pedestrian Level-of-Service performance measures and standards for congestion management systems. *Transportation Research Board*, 75th Annual Meeting, Washington D.C. (1996).

Doig Godier, Jean Christian. Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller. Pontificia Universidad Católica del Peru. 2010

Domingo Ernesto Dueñas Ruiz. Fredy Alberto Guío Burgos. Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales – CCSP. 2011

Fredy Alberto Guío Burgos. Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. "Revista Virtual Universidad Católica del Norte". No. 29, (febrero – mayo de 2010, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, Latindex, EBSCO Information Services y Actualidad Iberoamericana. [pp. 179-203]

Florida Department of Transportation, Rule Chapter 14-94, Statewide Minimum Level of Service Standards for the State Highway System, Tallahassee, Florida, 2006

Flor Ángela Cerquera Escobar. Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica de Colombia (2007)

Fredy Alberto Guío Burgos. Caracterización y modelación de flujos peatonales en infraestructuras continuas. Caso estudio Tuja- Colombia.. Revista facultad de Ingeniería. UPTC, 2008, Vol 1, No 25, pp 75-88

Fabio Andrés Restrepo Londoño. Marcelo Herz. Nivel de servicio peatonal en calles urbanas. Influencia de la percepción de seguridad y confort. Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Mención Transporte. Universidad Nacional de Córdoba-Argentina.

.Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.

"Índices de seguridad para peatones y ciclistas" en intersecciones, (Federal Highway Administration, FHWA, 2006

Jensen, S. Pedestrian and bicyclist Level of Service on roadway segments. *Transportation Research Board*, Washington D.C., Transportation Research Record 2031, (2007), pp. 43 – 51

Kari Lautso, Pentti Murole. A study of pedestrian traffic in Helsinki: Methods and results. *Traffic Engineering and Control*, January 1974, pp 446- 449

Khisty, C.J. Evaluation of Pedestrian Facilities – Beyond the Level of Service Concept. *Transportation Research Record* 1438. TRB, National Research Council, Washington D.C. (1994) pp 45-50

Landis, B. Et al (2001a). Modelling the roadside environment: a pedestrian Level of Service. *Transportation Research Board*, Washington D.C., Transportation Research Record 1773, [pp. 82 – 88]

Luis Bañon Blásquez y José Bevía García. Manual de carreteras. Elementos proyecto. Vol.1, Septiembre 1999.

Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2005.

Methods for assessing the pedestrian level of service: International experience and adjustment to the Greek walking environment - The case of Thessaloniki. Lefteris Sdoukopoulos. Centre for Research and Technology Hellas / Hellenic Institute of Transport (CERTH/HIT). Sdouk@certh.gr

Mozer, D. Calculating Multi-Mode Levels-of-Service. International Bicycle Fund. (1996)

Muraleetharan, T. Et al. Method to determine overall Level-of-Service of pedestrians on sidewalks and crosswalks based on total utility value. *Proceedings of the 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington D.C. 2004

Nursyamsu Hidayat , Kasem Choocharukul, Kunihiro Kishi. Analysis of sidewalk level of service incorporating pedestrian's perceptions. The 7th National Transport Conference: NTC7. 2010

Nursyamsu Hidayat, Kasem Choocharukul, Takashi Nakatsuji, Kunihiro Kishi. Determination Of Factors Related To Sidewalk Performance Based On Pedestrian Perception.

Navin F. P. D. And R. J Wheeler. Pedestrian flow characteristics. *Traffic Engineering*, Vol. 39(4), (1969), pp 30-36

Paraskevi Christopouloua, Magdalini Pitsiava – Latinopouloub. Development of a model for the stimation of pedestrian level of service in Greek urban áreas. Transport Research Arena- Europe 2012.

Pushkarev, B and Zupan, J. Urban Spaces for Pedestrians. MIT Press, Cambridge, Mass. (1975)

Quality/Level of Service Handbook 2002, State of Florida, Department of Transportation.

Rouphail, N., J. Hummer, P. Allen, and J. Milazzo. *Recommended Procedures for Chapter 13, Pedestrians, of the Highway Capacity Manual*. Report FHWA-RD-98-107. FHWA, U.S. Department of Transportation, 1999

Sheila Sarkar. Determination of service levels for pedestrians, with European example. Transportation Research Record 1405, TRB, National Research Council, Washington, D.C., (1993), pp 35–42

Sarkar, Sheila. Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. Conference Presented in TRB, 2003

Singh K., Jain P.K. Methods of assessing pedestrian level of service. JERS/Vol.II/ Issue I/January-March 2011/116-124.

Singh K., Jain P.K.. Methods Of Assessing Pedestrian Level Of Service. Journal of Engineering Research and Studies E-ISSN 0976-7916.

Wigan, M. Treatment of walking as a mode of transportation. Transport Research Record. 1487, Transportation Research Board. Washington, D.C. (1994)

Gerlough, D., and M. Huber. *Special Report 165: Traffic Flow Theory: A Monograph*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1975