

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE
INFRAESTRUCTURAS PEATONALES APLICANDO ALGUNAS
METODOLOGÍAS EXISTENTES, UN CASO DE ESTUDIO PARA LOS
MUNICIPIOS DE GIRÓN Y PIEDECUESTA**

**ANAMARIA AVILA JAIMES
SERGIO ANDRES POVEDA FERREIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2015**

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE
INFRAESTRUCTURAS PEATONALES APLICANDO ALGUNAS
METODOLOGÍAS EXISTENTES, UN CASO DE ESTUDIO PARA LOS
MUNICIPIOS DE GIRÓN Y PIEDECUESTA**

**ANAMARIA AVILA JAIMES
SERGIO ANDRES POVEDA FERREIRA**

**Trabajo de grado para optar el título de
INGENIERÍA CIVIL**

**Director
YERLI FABIAN MARTINEZ ESTUPIÑAN
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2015**

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va primero que todo para **Dios**, puesto que de la mano de él siempre he logrado mis objetivos y metas; es mi guía fundamental en el andar de la vida.

Dedico también a mi **MADRE, Nieves Amparo Jaimes Pinto**, a mi **PADRE, Omar Ávila Figueroa** y mis **hermanos Omar Augusto y Diana Marcela** por su amor, apoyo, esfuerzo, constancia y confianza puesta en mí, para verme realizar como una profesional en la ingeniería; de igual manera a toda mi familia, amigos y cada una de las personas que hicieron parte de este camino aportando seguridad, confianza, perseverancia, apoyo, amor y todo lo necesario para lograr lo propuesto.

Anamaria Ávila Jaimes

DEDICATORIA

Dedico éste trabajo en primer lugar a **Dios** fuente suprema de sabiduría quien me concibió la oportunidad de tener una gran familia y poder contar con su apoyo incondicional, quien me dio ánimos en los buenos y malos momentos para poder continuar y seguir luchando por todos los sueños y metas que quiero, quien me prestó su mano para caminar ésta travesía que apenas empieza.

De igual manera a mi madre **MIRIAN FERREIRA HIGUERA** quien para mi es el motor que mueve mi vida, una muestra enorme de valentía y constancia, humildad y sencillez quien me enseñó los caminos de la vida y a quien gracias seré un ingeniero integro. A mi padre **LEONARDO POVEDA ALMEIDA** por su apoyo, a mis hermanos **LINA MIREYA Y LEONARDO FABIO** que día a día me dieron ese apoyo amor y confianza, quienes se preocuparon porque ese sueño tan anhelado de ser ingeniero fuese una realidad, Finalmente a Mi hijo de cuatro patas **MOISÉS** por esa compañía en los últimos tiempos de mi carrera y por último y no menos importante a mi sobrino **CAMILO** un gran motor el cual me motiva día a día a seguir luchando por todo lo que vamos a llegar a ser juntos.

Gracias familia, amigos y compañeros, a todas las personas que de una u otra forma hicieron de éste sueño una realidad.

Sergio Andres Poveda Ferreira.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	12
1. COMPARACIÓN ENTRE LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL EXISTENTE Y LA ESTABLECIDA EN EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT)	14
1.1 Etapa 1.....	14
1.2 Etapa II.....	18
2. APLICACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS	20
2.1 Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales.....	21
2.2 El modelo de estimación de nivel de servicio peatonal en ciudades de Grecia.	26
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
4. CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFIA	32

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la zona de estudio en el municipio de Girón.....	14
Figura 2 Localización de la zona de estudio del municipio de Piedecuesta.	15
Figura 3 Tipo de vía y dimensión del and para el municipio de Girón según el POT.	16
Figura 4 Tipo de vía y dimensión del andén para el municipio de Piedecuesta según el POT.	17
Figura 5 Localización sectores estratégicos en la zona de estudio del municipio de Girón.	21
Figura 6 Localización sectores estratégicos en la zona de estudio del municipio de Piedecuesta.	25

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Cálculo tipo déficit infraestructura peatonal para el municipio de Girón. ..	19
Tabla 2 Déficit infraestructura peatonal del municipio de Girón.....	19
Tabla 3 Déficit infraestructura peatonal del municipio de Piedecuesta.....	20
Tabla 4 Capacidad operacional peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégicos.....	23
Tabla 5 Nivel de servicio peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégico.	24
Tabla 6 Capacidad operacional peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos.	25
Tabla 7 Nivel de servicio peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos.....	26
Tabla 8 Calificaciones generales estimadas para el Nivel de servicio peatonal. Fuente: Adaptación El modelo en Grecia.....	27
Tabla 9 Nivel de servicio peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégicos.....	27
Tabla 10 Nivel de servicio peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos.....	28

RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE INFRAESTRUCTURAS PEATONALES APLICANDO ALGUNAS METODOLOGÍAS EXISTENTES, UN CASO DE ESTUDIO PARA LOS MUNICIPIOS DE GIRÓN Y PIEDECUESTA*

AUTOR(ES): ANAMARIA AVILA JAIMES
SERGIO ANDDRES POVEDA FERREIRA**

PALABRAS CLAVE: Infraestructura peatonal, Niveles de servicio, Capacidad peatonal, Plan de Ordenamiento Territorial.

DESCRIPCION:

En la siguiente investigación se hace un estudio de la infraestructura peatonal en dos zonas seleccionadas en los municipios de Girón (ubicada entre calles 37 a 49 y carreras 23 a 26) y Piedecuesta (ubicada entre calles 6 a 11 y carreras 3 a10), las cuales se escogieron entre los sectores con más alta demanda de peatones en la zona central de estos municipios; una vez identificadas estas zonas se procedió a determinar la capacidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal existente, para esto se llevaron a cabo las siguientes actividades: en primer lugar se hizo un paralelo entre la infraestructura peatonal existente y lo establecido en los Planes de Ordenamiento Territorial, seguidamente se aplicaron dos metodologías existentes las cuales son: Método Colombiano para estimar la capacidad y calidad de servicio en infraestructuras peatonales por la UPTC (2011) y el modelo de estimación de nivel de servicio peatonal establecido para las ciudades de Grecia, por Paraskevi y Magdalini (2012). Dentro de los resultados obtenidos se encontraron los factores que afectan el nivel de servicio en las zonas estudiadas, el déficit en metros cuadrados de la infraestructura peatonal y calificativos para el nivel de servicio según lo planteado por las metodologías anteriormente mencionadas.

Esta investigación es una continuación de un proyecto de grado titulado “Estado del arte de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y calidad operacional en infraestructuras peatonales” publicado en el 2014; el cual puede ser tomado como base y referencia para futuros investigadores que quiera profundizar conocimiento en dichos estudios.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITULO: DETERMINATION OF THE CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE OF PEDESTRIAN INFRASTRUCTURES APPLYING SOME EXISTING METHODOLOGIES, TO MARRIED OF STUDY FOR THE TOWNS GIRON AND PIEDECUESTA**.

AUTHOR(S): ANAMARIA AVILA JAIMES
SERGIO ANDRES POVEDA FERREIRA**

KEYS WORDS: Pedestrian infrastructure, service level, pedestrian capacity, land use plan.

DESCRIPTION:

The next research has done a study about pedestrian infrastructure in two different zones, Giron town between streets 37 to 49 and avenues 23 to 26) and Piedecuesta town (between streets 6 to 11 and avenues 3 to 10), these zones were chosen because they have a high pedestrian demand central zone of these town; once identified these zones, to proceed to determinate the capacity and the service level of the existing pedestrian infrastructure, for this the following activities were carried out. First was a parallel between the existing pedestrian infrastructure and the land use plan, the second was to applied two exiting methodologies which are: Colombian method to estimate the capacity and quality of service in pedestrian infrastructure by UPTC (2011) and the estimation model of service level of pedestrian to cities of Greece by Paraskevi and Magdalini (2012). Within results, some factors affect the quality of the service in the study area, the deficit in square meters of the pedestrian infrastructure and qualifiers of the service level as proposed by the methodologies.

This research is a continuation of a graduation project entitled " State of the art of existing methodologies for estimating the capacity and operational quality in pedestrian infrastructure," published in 2014 ; which it can be taken as a basis and reference for future researchers who wish to deepen their knowledge in these studies

* Degree Work

** Faculty of Physico-Mecanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán.

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre sin importar la época en la que se desarrolle ha buscado mejorar su calidad de vida y su entorno; esto ha traído consigo cambios drásticos e inesperados, claro está que, estos cambios se dan debido al alto avance tecnológico con el que se cuenta en el actualidad.

Una muestra sencilla y fácil de identificar es el automóvil, que ha avanzado de una forma más que acelerada debido a ello y a los múltiples beneficios que brinda se le ha dado una gran importancia, esto se ve reflejado en el incremento en la inversión vial de los países ya que son de gran importancia para el desarrollo económico y de infraestructura de los mismos, ya que contar con un sistema vial que brinde condiciones de alto desempeño en movilidad es lo que se busca al momento de construir éstas mallas viales.²

Pero yendo un poco más a fondo en el tema se evidencia como se ha olvidado o subestimado al peatón siendo éste el factor más importante y legítimo en el sistema de transporte, si bien pues es de gran relevancia realizar todos los estudios pertinentes para las carreteras en cuanto a 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,³ la infraestructura peatonal, teniendo en cuenta las normas que rigen su diseño, todo esto para que brinden un servicio óptimo al peatón. De allí surge la necesidad saber con qué infraestructura peatonal cuentan las zonas de estudio en los municipios mencionados anteriormente, en qué estado se encuentra dicha infraestructura y así mismo su capacidad, con el fin de conocer qué tipo de servicio se le está brindando al peatón; Una posible aplicación de esta investigación sería que al momento de intervenir la infraestructura peatonal de estos municipios ya se podrá contar con un previo estudio de forma general y una noción de sus características tanto de capacidad como su nivel de servicio.

Para poder determinar éstas variables se realizaron visitas a los municipios de Girón y Piedecuesta para identificar la zona de estudio, luego de tener identificada la zona se procede a medir su infraestructura peatonal en metros cuadrados y a ubicar tramos estratégicos o más cargados de peatones para allí realizar los conteos

² ARAQUE, Laura Carolina y DÍAZ, Mónica Alexandra. Estado del arte de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y calidad operacional en infraestructuras peatonales. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. 2014. p. 1.

³ *Ibíd.* p 1.

peatonales y así poder calcularla capacidad de la infraestructura peatonal, finalmente se obtiene el paralelo entre la infraestructura medida y la establecida en el POT, para así poder calcular su respectivo déficit; En cuanto al nivel de servicio, éste se analizó de forma cualitativa y cuantitativa por medio de dos metodologías existentes.

A continuación se encuentra el desarrollo de la investigación, en primer lugar se muestran las zonas de estudio seleccionadas y la revisión en campo que se hizo para conocer qué tipo de vías quedaban dentro de dicha zona, conocer su perfil y el ancho que debería tener la infraestructura peatonal, seguidamente se observa la revisión que se hizo en las zonas de estudio entre la infraestructura peatonal existente y lo establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada municipio y el respectivo cálculo de su déficit teniendo claro que éste se calculó manzana a manzana, continuando se encontrará la aplicación de dos metodologías existentes para la estimación de la Capacidad y el nivel del servicio, las cuales son: **Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales, por la UPTC en el año 2011 y el modelo de estimación de nivel de servicio peatonal en ciudades de Grecia, del año 2012**, la primer metodología mencionada permite hacer un análisis cuantitativo y brinda resultados de la capacidad y el nivel de servicio, a diferencia de la segunda metodología nombrada que hace un análisis cualitativo y brinda resultados acerca del nivel de servicio, para finalizar con un análisis de resultados y conclusiones de la investigación realizada.

1. COMPARACIÓN ENTRE LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL EXISTENTE Y LA ESTABLECIDA EN EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT)

La investigación se realizó en diferentes etapas de trabajo, las cuales se desarrollaron una a una para darle cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados, a continuación se describe el proceso llevado a cabo.

1.1 Etapa 1

Se comparó si el nivel de servicio ofrecido por la infraestructura peatonal existente en las zonas de los municipios de estudio, Girón y Piedecuesta es adecuada con respecto a la establecido en los lineamientos del Plan de Ordenamiento territorial de cada uno de estos municipios.

Al momento de ejecutar éste objetivo, se procedió a escoger la zona de estudio en cada municipio, estas zonas fueron seleccionadas teniendo en cuenta puntos de referencia donde se generan grandes movimientos de masas, como lo son las Instituciones Educativas, Parques Públicos, zonas comerciales representativas de los municipios, Bancos, Entidades Gubernamentales, culturales entre otros.

A continuación se mostrarán por medio de imágenes las zonas a estudiar en los municipios de Girón y Piedecuesta.

Figura 1. Localización de la zona de estudio en el municipio de Girón.



Fuente: GOOGLE EARTH. Municipio de Girón: Cabecera Municipal.

La anterior imagen muestra una ubicación de la zona de estudio del municipio de Girón, la cual se encuentra ubicada al norte de la cabecera municipal abarcando alrededor de treinta y cinco (35) manzanas, formadas por trece (13) calles en sentido Este-Oeste (calle 37 a la calle 49) y por dos (2) carreras en sentido Norte-Sur (carrera 23 y 26).

Figura 2 Localización de la zona de estudio del municipio de Piedecuesta.



Fuente: GOOGLE EARTH. Municipio de Piedecuesta: Cabecera Municipal.

La anterior imagen muestra una ubicación de la zona de estudio del municipio de Piedecuesta, la cual se encuentra localizada en la parte central del casco antiguo de dicho municipio, abarcando alrededor de sesenta (60) manzanas, formadas por cinco (5) calles en sentido Este-Oeste (calle 6 a la calle 10) y por siete (7) carreras en sentido Norte-Sur (carrera 3 a la carrera 10).

Luego de definidas las zonas de estudio de cada municipio se procedió a buscar el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de cada uno de ellos, con esta información se identifica la clasificación de las vías objeto de este estudio.

- Se tiene para el municipio de Girón la siguiente clasificación: “**ARTICULO 461. Dimensiones en afectaciones viales, (POT-MUNICIPIO DE GIRÓN):** Las dimensiones han sido tomadas a partir del eje de la vía y corresponde al Plan Vial Municipal descrito en el sistema vial urbano”.⁴

⁴ Alcaldía de San Juan de Girón. [web en línea] < www.giron-santander.gov.co/apc-aa.../componente_urbano.pdf>. [consulta: 24-3-2015].

Figura 3 Tipo de vía y dimensión del and para el municipio de Girón según el POT.

Tipo de Vía	Dimensión anden
Circuito Vial Perimetral	2,0
Urbana Primaria	2,0
Urbana Secundaria	1,5
Carretera Rural	No tiene
Interna de Barrio	1,0
Peatonales	No tiene
Senderos	2,0

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial San Juan de Girón 2000 - 2009. Decreto 237 del 2 de agosto de 2001. CER-UIS. Adaptada por el autor.

Basados en la información anteriormente descrita se analizaron los planos correspondientes a la clasificación del tipo de infraestructura vial del municipio, y de esta manera se pudo identificar los tipos de vía correspondiente a la zona de estudio.

Los tipos de vías correspondientes en la zona de estudio son:

- Urbana Secundario: Ancho de infraestructura peatonal 1.5 metros.
- Urbana Primaria: Ancho de infraestructura peatonal 1.5 metros.
- Interna de barrio: Ancho de infraestructura peatonal 1,0 metros.

Presentándose en el municipio de Piedecuesta la siguiente clasificación:

- **“Vía estructurante Principal V-1:** Que las vías estructurantes principales V-1 están conformadas por ejes viales que estructuran el casco urbano del Municipio y permiten la conexión tanto a vías estructurantes de soporte, vías secundarias como al sistema vial metropolitano, que en su mayoría estas vías tiene doble sentido”⁵. Encontrando diferentes valores según la localización de la vía en el municipio, tales como 2,1.2, 4.5, 1.5 metros.

⁵ COLOMBIA. Alcaldía de Piedecuesta. Circular Número 003 del 14 de marzo de 2007, mediante el cual se reglamenta los usos de sectores homogéneos de eje y estacionamiento. P. 2-3

- “**Vía estructurante principal V-2:** Que las vías estructurantes de soporte V-2 están conformadas por ejes viales que ayudan a estructurar la malla vial y sirve de soporte conector a las vías estructurantes principales. En su mayoría la vía estructurante de soporte cuenta con una calzada y 2 carriles que trabajan en la mayoría de los casos en el mismo sentido” .⁶ Encontrando diferentes valores según la localización de la vía en el municipio, tales como 4.5, 1.5.
- “**APLICACIÓN DE LA NORMA DEL PBOT SOBRE VÍA HISTÓRICA V-3:** Que las vías estructurantes históricas V-3 están conformadas por ejes viales que reafirman el carácter histórico sobre el nacimiento del casco urbano del Municipio de Piedecuesta. Estas se encuentran localizadas sobre las carreras 6 y 8 entre calles 4 a 12 y el marco de la plaza de la Libertad”.⁷

Figura 4 Tipo de vía y dimensión del andén para el municipio de Piedecuesta según el POT.

NOMBRE	ANDÉN [m]	CALZADA [m]
Carrera 6 ^o -8 ^o entre Cll 4 ^o a 12 ^o	5,0 m	1 de 3,5 m
Marco de la plaza la Libertad	5,0 m	1 de 3,5 m

Fuente: 2007. Circular usos sectores homogéneos de eje y estacionamientos. POT Piedecuesta. Adaptada por el autor.

- “El perfil vial mínimo para una vía secundaria en zona de tratamiento de renovación urbana es:
 Vía: 6.00 mt
 Zona Verde: 1.50 mt
 Anden: 1.20 mt
 Antejardín: 0.80 mt”⁸

Basados en la información anteriormente descrita se analizaron los planos correspondientes a la clasificación del tipo de infraestructura vial del municipio, y de esta manera se identificó el tipo de vía correspondiente a la zona de estudio.

⁶Ibíd., p.3-4

⁷ Ibíd., p.8-9

⁸ Ibíd., p.6

Los tipos de vías correspondientes en la zona de estudio son:

- **Vía estructurante principal V-2:** Ancho de infraestructura peatonal 1.5 metros.
- **Vía estructurante principal V-3:** Ancho de infraestructura peatonal 5 metros.
- El perfil vial mínimo para una vía secundaria en zona de tratamiento de renovación urbana es: Anden: 1.20 mt

Luego de conocer esta información, se continuó con la recolección de datos de la infraestructura peatonal existente en cada municipio realizando visitas técnicas, en las cuales se desarrollaron los planes de medición transversal de dicha infraestructura manzana a manzana, teniendo en cuenta a su vez los cambios bruscos que transversalmente se presentaban en ellas.

1.2 Etapa II

Durante la etapa se realizó la Comparación entre la infraestructura peatonal existente y la establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de cada Municipio.

Luego de tener la información recopilada antes mencionada, se empezó a hacer un paralelo entre la infraestructura establecida en los Planes de Ordenamiento Territorial, con la medida en campo para poder obtener el déficit manzana a manzana, obteniendo los resultados mostrados a continuación:

Cálculo tipo de Infraestructura establecida en el POT Vs Infraestructura existente en el municipio de Girón con el respectivo cálculo de déficit de infraestructura peatonal de la Manzana.

$$\text{Déficit} = IP \text{ POT} - IP \text{ Existente}$$

IP: Infraestructura peatonal

$$\text{Déficit IP} = 65,494 - 57,1775 = 8,317 \text{ m}^2$$

Tabla 1 Cálculo tipo déficit infraestructura peatonal para el municipio de Girón.

Manzana	Áreas en m2		
	Infraestructura peatonal Establecida en el POT	Infraestructura peatonal Existente	Déficit
calle 43 y 42 entre carreras 23 y 22A	65,494	57,1775	8,317
			No cumple

El cálculo tipo mostrado anteriormente se hizo manzana a manzana para el municipio de Girón, y así de ésta forma poder obtener el déficit total de infraestructura peatonal en la zona, se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 2 Déficit infraestructura peatonal del municipio de Girón.

Déficit Total en infraestructura peatonal del Municipio de Girón, comparando la infraestructura peatonal existente con la establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)	453.955	m2
--	---------	----

En la zona de estudio del municipio de Girón que comprende aproximadamente 35 manzanas, se obtuvieron dos tipos de resultados, primero si la infraestructura peatonal existente, era mayor o igual a la establecida en el POT, el déficit era cero, de lo contrario ésta arrojaba un valor diferente de cero indicando que sí existía déficit de la misma. Finalmente en el municipio de Girón se obtuvo un déficit de infraestructura peatonal de **453.995 m²**. Lo que significa que el municipio de Girón en la zona de estudio no está cumpliendo con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial, en lo que concierne a la orden de infraestructura peatonal.

En el municipio de Piedecuesta se siguió la misma metodología del cálculo que la realizada en Girón, la siguiente tabla muestra los resultados finales de déficit total de infraestructura peatonal en la zona de estudio de éste municipio.

Tabla 3 Déficit infraestructura peatonal del municipio de Piedecuesta.

Déficit Total en infraestructura peatonal del Municipio de Piedecuesta, comparando la infraestructura peatonal existente con la establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)	5,692.481	m2
--	-----------	----

Así mismo en la zona de estudio del municipio de Piedecuesta que abarca aproximadamente 65 manzanas, se obtuvieron dos tipos de resultados, primero si la infraestructura peatonal existente, era mayor o igual a la establecida en el POT, el déficit era cero, de lo contrario ésta arrojaba un valor diferente de cero indicando que sí existía déficit de la misma. De esta manera, finalmente se pudo obtener un déficit de infraestructura peatonal para la zona de estudio en el municipio de Piedecuesta de **5692,481 m²**, lo que significa que el municipio de Piedecuesta en la zona de estudio no está cumpliendo con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial, en lo que concierne a la orden de infraestructura peatonal. Cabe resaltar que tanto éste municipio como el anterior durante el estudio las áreas fueron tomadas y comparadas manzana a manzana.

2. APLICACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS

En ésta parte de la investigación se aplicaron dos metodologías existentes de análisis, la calidad operacional de las zonas de estudio de los municipios (Girón y

Piedecuesta), teniendo en cuenta la cantidad de infraestructura existente y los peatones que circulan por éstas. Para poder evaluar la capacidad de las infraestructuras peatonales se hicieron visitas técnicas a los lugares de tal forma que se observó que tipos de datos se podían obtener de ellos, así mismo se hizo una consulta al proyecto de grado “**Estado del arte de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y calidad operacional en infraestructuras peatonales**”, para observar algunas de las metodologías disponibles y poder calcular dicha capacidad, luego se procedió a escoger dos metodologías con base a la información que se pudiese obtener en campo.

Luego de analizadas las metodologías y las variables requeridas para la ejecución de estas, se optó por trabajar con las siguientes metodologías **Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales y el modelo de estimación de nivel de servicio peatonal en ciudades de Grecia**, a continuación se mostrará su aplicación.

2.1 Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales.

Esta metodología considera variables las cuales están asociadas a la infraestructura peatonal, y otras que están asociadas directamente al peatón que hace uso de ella; algunas de estas variables son velocidad de caminata, volumen peatonal, ancho efectivo, factor hora pico (calculado con base de intervalos de un minuto dentro del periodo de 15 minutos más cargados), dirección de flujo del peatón, género, edad, acompañantes, paquetes, las cuales permiten determinar la capacidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal.⁹ Las cuales son variables comúnmente presentes en las zonas de estudio de los dos municipios en cuestión.

El cálculo de nivel de servicio y capacidad operacional de la infraestructura peatonal se realizó en tres sectores estratégicos de cada municipio, para escoger dichas zonas se tuvieron en cuenta parámetros tales como, sectores de las zonas de estudio de cada municipio donde se pudiesen presentar los mayores flujos peatonales en sus horas picos, áreas comerciales, áreas educativas y culturales.

Figura 5 Localización sectores estratégicos en la zona de estudio del municipio de Girón.

⁹ DUEÑAS, Domingo Ernesto y GUIO, Fredy Ernesto. Método Colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales. Investigación Ingeniería Civil. Tunja: Universidad pedagógica y tecnología de Colombia. Escuela de Ingeniería de vías y transportes.



Fuente: GOOGLE EARTH. Municipio de Girón: Cabecera Municipal.

La imagen anterior localiza los tres sectores estratégicos de la zona de estudio en el municipio de Girón, el primero ubicado en la carrera 23 entre calles 42 y 43, donde se encuentra una importante zona comercial de la zona, para la información de resultados a tabular, la acera 1 es la que se encuentra más al oeste del municipio; el segundo es el ubicado en la carrera 26 entre calles 43 y 44, donde se encuentra una importante zona comercial de la zona, para la información de resultados a tabular, la acera 1 es la que se encuentra más al oeste de municipio; por último, el tercero se encuentra ubicado en la carrera 26 entre calles 41 y 42, donde se encuentra una gran zona comercial, para la información de resultados a tabular, la acera 1 es la que se encuentra más al oeste del municipio.

Identificados los sectores a los cuales se determinó hacer la evaluación o cálculo, se buscaron las variables requeridas para conocer la capacidad operacional de la infraestructura y su nivel de servicio.

En el cálculo de la capacidad de la infraestructura peatonal el método colombiano lo plantea por medio de la siguiente ecuación:

$$C = C_i * A_g * f_{eg} * f_{pe} * f_{td} * f_s$$

Teniendo en cuenta variables tales como:

- C_i : Valor máximo de flujo bajo condiciones ideales; se obtuvo 1.000 peat/15 minutos/mt.
- A_g : Ancho efectivo usado 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
- f_s : Factor de ajuste por acompañantes¹⁰

Luego de obtenidos éstos datos en campo y procesados, para el municipio de Girón se obtuvieron los siguientes datos de capacidad para la infraestructura peatonal, según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4 Capacidad operacional peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégicos.

SECTOR	CAPACIDAD [peat/h/m]	
	ACERA 1	ACERA 2
1	1960	1407
2	5727	4121
3	4393	4421

Igualmente se hizo para el cálculo del nivel del servicio de la infraestructura peatonal donde la metodología Colombiana se basó para dicho cálculo en comparar la velocidad representativa de las condiciones estudiadas U_{RE} con la velocidad para los diferentes niveles de servicio y pendientes tabulada para las condiciones locales U_T , lo cual se resume en la siguiente ecuación

$$U_{RE} = U_{FL} * \frac{F_v}{c} * f_o * f_{su} * f_{ar}$$

Teniendo en cuenta variables tales como:

¹⁰ DUEÑAS, Domingo Ernesto y GUIO, Fredy Ernesto, op. Cit, p.5

- U_{FL} : Velocidad media ideal de peatones a flujo libre bajo diferentes pendientes.
- F_v : Relación del Nivel de servicio por el efecto de utilización de la capacidad.
- f_o : Factor de ajuste por objetos.
- f_{su} : Factor de ajuste por sector urbano.
- f_{ar} : Factor de ajuste por ancho restringido.¹¹

Así mismo calculando un factor de hora pico para las aceras de estudio en los sectores estratégicos de cada zona, éste se obtuvo de la siguiente manera, los quince minutos más cargados de peatones divididos entre el número total de peatones durante la hora de estudio multiplicado en éste caso por cuatro, que es el número de intervalos de quince minutos, para así completar la hora de estudio. Aplicando el Método colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5 Nivel de servicio peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégico.

SECTOR	NIVEL DE SERVICIO	
	ACERA 1	ACERA 2
1	A	E
2	E	A
3	A	A

¹¹ DUEÑAS, Domingo Ernesto y GUIO, Fredy Ernesto, op. Cit, p.7-10

Figura 6 Localización sectores estratégicos en la zona de estudio del municipio de Piedecuesta.



Fuente: GOOGLE EARTH. Municipio de Piedecuesta: Cabecera Municipal.

La imagen anterior localiza los tres sectores estratégicos de la zona de estudio en el municipio de Piedecuesta, el primero ubicado en la calle 8 entre carreras 9 y 10, donde se encuentra el Colegio Balvino García, para la información de resultados a tabular, la acera número 1 es la que se encuentra más al norte del municipio; el segundo es el ubicado en la carrera 8 entre calles 9 y 10, donde se encuentra el Colegio CEDECO, para la información de resultados a tabular, la acera número 1 es la que se encuentra más al oeste de municipio; por último el tercero se encuentra ubicado en la carrera 6 entre calles 10 y 11, donde se encuentra una gran zona comercial, para la información de resultados a tabular, la acera número 1 es la que se encuentra más al oeste del municipio.

Determinados los sectores a los cuales les realizó la evaluación o cálculo, se identificaron las variables requeridas para conocer la capacidad operacional de la infraestructura y el nivel de servicio de los sectores seleccionados, para el municipio de Piedecuesta se aplicó la misma metodología aplicada para el municipio de Girón encontrando los siguientes resultados:

Tabla 6 Capacidad operacional peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos.

SECTOR	CAPACIDAD [peat/h/m]	
	ACERA 1	ACERA 2
1	1764	1491
2	5800	4311
3	4403	4429

Para el cálculo del nivel de servicio del municipio de Piedecuesta se realizó de igual forma que para el municipio de Girón.

A continuación se muestran los resultados del nivel de servicio en los tres sectores estratégicos para éste municipio.

Tabla 7 Nivel de servicio peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos

SECTOR	NIVEL DE SERVICIO	
	ACERA 1	ACERA 2
1	F	F
2	A	A
3	A	B

2.2 El 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”.¹²

Determinando los ítems que se tendrían en consideración, se reclasificaron en tres categorías, las cuales son: Factores de tráfico, factores de las aceras como geométricos y ambientales y factores de movimiento peatonal cada una de ellas con seis parámetros y éstos con un peso específico de uno a seis dependiendo de su importancia; en consecuencia toda la metodología se basa en un total de dieciocho parámetros.¹³

¹² Paraskevi Christopoulou, Magdalini Piitsiava – Latinopouloub. Development of a model for the estimation of pedestrian level of service in Greek Urban áreas. Transport Research Arena – Europe 2012, Citado por ARAQUE, Laura Carolina y DÍAZ, Mónica Alexandra, op. Cit, p. 38

¹³ *Ibíd.* P. 38

En el momento del cálculo de nivel de servicio las categorías aportan un porcentaje basado en la experiencia de los métodos disponibles, los cuales son los siguientes: 40% para los parámetros de geometría y 30% para los factores de tráfico y movimiento. Se identificaron tres grados (0-2) siendo 2 la puntuación máxima, estos grados son el calificativo, correspondiente al valor cualitativo de los tramos de estudio con los cuales se procede a realizar el cálculo del NDS pudiendo encontrar una puntuación máxima alcanzada de 42 y cero la mínima, se divide éste en intervalos iguales de acuerdo con los niveles de servicio ya estipulados¹⁴.

Tabla 8 Calificaciones generales estimadas para el Nivel de servicio peatonal. Fuente: Adaptación El modelo en Grecia.

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

Luego de la aplicación del el modelo de estimación de nivel de servicio peatonal en ciudades de Grecia, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9 Nivel de servicio peatonal del municipio de Girón, en los sectores estratégicos.

SECTOR	NIVEL DE SERVICIO	
	ACERA 1	ACERA 2
1	C	E
2	C	C
3	B	B

¹⁴ *Ibíd.* P. 40

Tabla 10 Nivel de servicio peatonal del municipio de Piedecuesta, en los sectores estratégicos.

SECTOR	NIVEL DE SERVICIO	
	ACERA 1	ACERA 2
1	E	D
2	C	C
3	C	C

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En la metodología planteada por *Dueñas y Guio* permitió conocer la capacidad con que cuentan éstos espacios de infraestructura peatonal, y el nivel de servicio que se le brinda al peatón; para el municipio de Piedecuesta en cuanto a capacidad se puede observar que su infraestructura peatonal cuenta con capacidades que van desde los 1745 hasta los 5800 peatones por hora por metro, mostrando resultados muy satisfactorios para los sectores 2 y 3 los cuales son carrera 8 entre calles 9 y 10, y carrera 6 entre calle 10 y 11 respectivamente, y para el sector 1 ubicado en la calle 8 entre carreras 9 y 10 no tan buenos, en cuanto al nivel de servicio se puede observar algo similar, es decir en los sectores donde se presenta poca capacidad su nivel de servicio no es tan eficiente, es decir en el sector 1 con una baja capacidad presenta niveles de servicios F, y en los sectores 2 y 3 se presentan niveles de servicio ya más altos como A y B.

Para el municipio de Girón en cuanto a capacidad se puede observar que su infraestructura peatonal cuenta con capacidades que van desde los 1406 hasta los 5726 peatones por hora por metro, mostrando resultados muy satisfactorios para los sectores 2 y 3 los cuales son carrera 23 entre calles 42 y 43, y carrera 26 entre calle 41 y 42 respectivamente, y para el sector 1 ubicado en la carrera 26 entre calles 43 y 44 no tan buenos, en cuanto al nivel de servicio se puede observar algo similar, es decir en los sectores donde se presenta poca capacidad su nivel de servicio no es tan eficiente, como en el sector 1 con una baja capacidad presentándose niveles de servicios D y E, para el sector 2 se da un caso particular, donde una acera presenta un nivel de servicio A y la otra un nivel de servicio E, esto se da debido a que la acera con el menor NDS, presenta invasión por parte del sector comercial, provocando obstáculos verticales los cuales impiden el flujo libre del peatón; para el sector 3 se presenta niveles de servicio A.

Según la metodología planteada por Paraskevi y Magdalini, la cual permite conocer el nivel de servicio basada en factores cualitativos, se obtuvieron resultados para el municipio de Girón entre B y E, además para el municipio de Piedecuesta valores del orden de C y E.

Haciendo el análisis de las dos metodologías se obtuvieron valores similares para cada sector de estudio en cuanto refiere al nivel de servicio, estando éstos en rangos similares, por consiguiente satisfactorios para los sectores 2 y 3 y menos satisfactorios para los sectores 1 de los municipios de trabajo.

Aunque los resultados obtenidos muestran valores de capacidad y nivel de servicio adecuados para cuatro de los seis sectores estudiados, es pertinente mencionar que por medio de las visitas de campo, se pudo evidenciar que los demás sectores que comprenden la zona de estudio de los dos municipios, en su mayoría presentan niveles de servicio bajos, sobre todo en el municipio de Piedecuesta donde la mayoría de la zona de estudio presenta anchos efectivos inadecuados, siendo este uno de los factores de mayor peso al momento de calcular el NDS.

Los factores influyentes y que alteran el nivel de servicio de la infraestructura peatonal de los municipios, son la relación del Nivel de servicio por el efecto de utilización de la capacidad, obstáculos presentes en la trayectoria del peatón (postes, vallas, vehículos, vendedores, antejardines), el ancho efectivo con el que cuenta el peatón para su circulación.

Se plantea que las metodologías no se adaptaron del todo, debido a que éstas no tiene en cuenta algunos factores que se consideran de gran relevancia y de alta incidencia en las zonas de estudios de los dos municipios como son los vendedores ambulantes, los cuales forman un papel importante a la hora de ocupar de diferentes maneras la malla vial peatonal y de esta forma reduciendo el nivel de servicio de los tramos analizados, dentro de las zonas de estudios de los municipios, de igual manera lo hace, el mal uso que dan los conductores de vehículos automotores a la malla peatonal, pues usan está en circunstancia como zonas de parqueos, la cual repercute con la disminución de la infraestructura y por ende contribuye en gran medida también al inconformismo y mal nivel de servicio que el peatón percibe.

Aclarando las anteriores percepciones captadas en la elaboración de esta investigación se puede asegurar que las metodologías usadas son de gran utilidad pero estas funcionarían mejor si tuviera en cuenta parámetros que ponderen el impacto que generan obstáculos tales como vendedores ambulantes, mal parqueo de vehículos automotores, invasión de la infraestructura peatonal por medio de antejardines, vallas publicitarias y todo aquel elemento que interrumpa el flujo del peatón, pues de esta manera reflejarían más acertadamente la realidad percibida por el usuario.

Partiendo de las ideas y aclaraciones anteriormente mencionadas, resulta interesante para una próxima investigación hacer un replanteo adoptando las metodologías aquí estudiadas, y poder ajustarlas o investigar de qué medida los factores que no se tienen en cuenta y que son realmente frecuentes en todo el territorio nacional, se pueden incluir y así obtener un resultado aún más cercano a la realidad vivida por el peatón.

4. CONCLUSIONES

El nivel de servicio ofrecido por la infraestructura peatonal para los municipios de Girón y Piedecuesta, teniendo como primer factor de comparación la infraestructura establecida en los planes de ordenamiento territorial (POT), se obtiene que ninguna de las zonas de estudio de los municipios cumplen; debido a que existe un gran déficit de la infraestructura peatonal, siendo para la zona de estudio de Girón de 453.955 m² y para la zona de estudio de Piedecuesta de 5692.481 m², un valor muy relevante, viendo así un mal nivel de servicio de infraestructura peatonal de los municipios, con respecto a lo planteado en los diferentes Planes de Ordenamiento Territorial para la infraestructura peatonal.

Se puede afirmar que las metodologías desarrolladas permiten un acercamiento a la realidad percibida por el peatón, con lo que se pueden hacer estimaciones próximas acerca de la capacidad y nivel de servicio de la infraestructura peatonal de las zonas de estudio en los municipios de Girón y Piedecuesta.

La infraestructura peatonal de las zonas de estudio, presentan elevadas deficiencias en cuanto a sus dimensiones constructivas se refiere en el espacio público peatonal, lo que conlleva al incumplimiento de la normativa vigente, la cual es el Plan de Ordenamiento Territorial de cada municipio, esto debido a que no se presenta las dimensiones mínimas exigidas en algunos sectores de las zonas estudiadas, al tener irregularidades que obstaculizan el paso y restan seguridad y comodidad al peatón, como lo llegan hacer desniveles, postes y el cambio de su ancho efectivo.

El nivel de servicio ofrecido por la infraestructura peatonal en los sectores analizados de cada zona de estudio, reflejan un buen comportamiento, dándose valores de NDS, que corresponden a velocidades de marcha para el municipio de Girón en 67% mayores 1.22 [m/s] y para el 33% restante velocidades que van orden de 0.75 a 1.22 [m/s]; para el municipio de Piedecuesta en un 67% velocidades mayores a 1.22 [m/s] y el otro 33% velocidades entre 0.75 y 1.23 [m/s].

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA DE PIEDECUESTA. Circular Número 003 del 14 de marzo de 2007, mediante el cual se reglamenta los usos de sectores homogéneos de eje y estacionamiento. Piedecuesta: Alcaldía de Piedecuesta, 2007

----- . Plan básico de ordenamiento territorial, Acuerdo N° 028 de 2003, por medio el cual se adopta el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Piedecuesta Santander, se definen los usos del suelo urbano, de expansión urbana, rural, suburbano y suelo de protección, se reglamenta el uso, ocupación y manejo del suelo y se hacen los planteamientos sobre programas, proyectos y planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del municipio dentro de la vigencia del P.B.O.T. Piedecuesta, Santander: Alcaldía de Piedecuesta, 2003.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). Guide for the Planning, Design and Operation of Pedestrian Facilities. Washington, DC. 2001

ARAQUE, Laura Carolina y DÍAZ, Mónica Alexandra. Estado del arte de metodologías existentes para la estimación de la capacidad y calidad operacional en infraestructuras peatonales. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, 2014.

BLANCO, Ingrid Paola y CABALLERO, Yessica Brighth. Determinación de la capacidad y Nivel de servicio de infraestructuras peatonales aplicando algunas metodologías existentes, un caso de estudio para la comuna trece de la ciudad de Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, 2014.

CERQUERA Escobar, Flor Ángela. Capacidad y niveles de servicios de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica de Colombia. 2007.

DEPARTAMENTO DE SANTANDER. MUNICIPIO DE SAN JUAN DE GIRÓN. CONCEJO MUNICIPAL. Acuerdo No.100 (30 noviembre de 2010). Por el cual de cual se adopta la Revisión Excepcional de Norma Plan De Ordenamiento territorial (POT) Del Municipio De San Juan Girón, se definen los usos del suelo urbano, de expansión urbana, rural, suburbano y suelo de protección, se establece la reglamentación sobre el uso, ocupación y manejo del suelo correspondientes y se plantea los programas, proyectos y planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del Municipio dentro de la vigencia del POT" Girón, Santander, Alcaldía de Girón, 2010.

DUEÑAS, Domingo Ernesto y GUIO, Fredy Ernesto. Método Colombiano para estimar la capacidad y calidad del servicio en infraestructuras peatonales – CCSP. 2011.

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

GUÍO Burgos, Fredy Alberto. 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].

PARASKEVI Christopoulou y MAGDALINI, Piitsiava. Latinopoulou. Development of a model for the estimation of pedestrian level of service in Greek Urban areas. Transport Research Arena. Europe 2012.

PEDESTRIAN FACILITIES GUIDEBOOK. Washington State Department of Transportation. 1997.