

# **USO DE PERCEPCIONES PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO PEATONAL. CASO CARRERA SÉPTIMA, BOGOTÁ, COLOMBIA**

***RODRIGUEZ-VALENCIA, Álvaro (1); PARIS, David (2); VALLEJO-BORDA, Jose Agustin (3)***

***(1) Universidad de los Andes, alvrodri@uniandes.edu.co, (2) Universidad de los Andes, d.paris10@uniandes.edu.co, (3) Universidad de los Andes, ja.vallejo907@uniandes.edu.co,***

## **Resumen**

Para conocer el impacto generado en la calidad del servicio percibido por los peatones al intervenir corredores viales, se realizó una diferencia de medias sobre la percepción del nivel de servicio peatonal en 2 puntos de un corredor vial en Bogotá, Colombia, considerando variables de apreciación, físicas y ambientales. En uno de los puntos hubo un rediseño completo de la sección, eliminando los modos motorizados y posteriormente redistribuyendo espacios. La metodología utilizada en la investigación permitió identificar si hay una diferencia significativa entre las calificaciones de servicio entregadas por los peatones en los segmentos sin y con intervención.

*Palabras clave: Nivel de servicio peatonal, percepción, peatones*

## **Abstract**

To know the impact generated on quality of service perceived by pedestrians when there are roads interventions, a mean difference analysis on pedestrian level of service (P-LOS) in two different places from a Bogota, Colombia road was developed, considering physical, environmental, and appreciation criteria. One of the places was involved in a complete right-of-way redesign by the elimination of motor vehicles and later redistribution of spaces. The methodology used on the investigation allow to identify if there are significant differences between the service score given by pedestrian in the segments with and without intervention.

*Keywords: Pedestrian level-of-service, perception, pedestrian*

## 1. INTRODUCCION

La metodología del Nivel de Servicio (NdS) es una herramienta utilizada en la ingeniería de transporte para planificar y diseñar infraestructuras de transporte que ha evolucionado desde su creación en 1965. El NdS fue inicialmente desarrollado y aplicado para flujo de vehículos motorizados en tráfico ininterrumpido, basándose en la capacidad, geometría, velocidad a flujo libre, entre otras características de la infraestructura (Transportation Research Board, 2000). Posteriormente, estas metodologías fueron adaptadas para evaluar la calidad de servicio prestado por servicios e infraestructuras de transporte en general. En los años 1980, se iniciaron estudios de NdS peatonal considerando los mismos principios adoptados en el tráfico vehicular, i.e. capacidad y anchos (Polus, Schofer, & Ushpiz, 1983). Desde entonces, investigaciones han probado que el NdS peatonal depende de más variables que la velocidad, densidad y capacidad. Por ejemplo, (Landis, Vattikuti, Ottenberg, McLeod, & Guttenplan, 2001)

Los andenes como medio para movilizarse se convierten para los peatones en el principal elemento que afecta la forma en que se percibe el entorno (Lynch, 1960). Cuando las personas usan la caminata como medio de transporte, se enfrentan a una experiencia sensorial donde el entorno físico, incluyendo edificios, aire, plantas, personas etc., es considerado inconscientemente. Una rama de investigación urbana ha estudiado la experiencia de los peatones en diversos ambientes físicos, asociada con los estímulos sensoriales, percepciones e impresiones. De igual forma, se ha evidenciado que los ambientes peatonales deben representar las características propias de los peatones para generar sensaciones agradables (Ingold, 2004). Varios estudios de percepción aparecieron en los años 2000 y entregaron evidencia empírica que justifica la idea de que la experiencia de los peatones se ve afectada por las percepciones. Por ejemplo, se encontró que la señalización, arborización y mobiliario de descanso permiten una mejor caminata (Pikora, Giles-Corti, Bull, Jamrozik, & Donovan, 2003). De igual manera sucede con la arquitectura y fachadas de la zona (Jaskiewicz, 2000). Sin embargo, no es claro si el conocimiento y experiencia de los peatones (percepciones), que obtiene a través de sus sentidos y sensaciones, afecta la calidad del servicio percibido.

Actualmente no existen muchos métodos estandarizados para la evaluación de cambios o mejoras para peatones en una vía. Las metodologías del más reciente HCM, para evaluar NdS, muestran importantes avances para medir la calidad peatonal de los corredores, pero de igual manera se quedan cortos, ya que no se puede medir el NdS de distribuciones no convencionales, como un shared-space, peatonalizaciones y dietas viales (road-diets).

En este momento, Bogotá está en un proceso de redistribución de derechos de vía. En la Carrera 7 (K7), un eje icónico del centro de la ciudad, se prohibió el ingreso de vehículos motorizados de manera intermitente desde 2012. En 2015 un segmento de cuatro cuadras fue remodelado. La intervención incluyó la construcción de una superficie uniforme, eliminación de bordillos, mejor pavimento, paisajismo y nueva señalización. Debido a que no recogimos información antes de la construcción, no fue posible hacer un estudio de antes y después. Para ver el efecto que tuvo la intervención, recogimos información en un segmento cercano del mismo corredor (K7), que tiene las mismas características que tenía el sector intervenido antes y en el que los vehículos motorizados no tienen acceso.

El objetivo de la investigación es evaluar el efecto que tuvo una intervención física en la K7 con un enfoque perceptual y proveer evidencia empírica para enriquecer la literatura de evaluaciones ex post de peatonalizaciones (a pesar de hacer la evaluación en dos puntos diferentes). En más detalles, nuestra meta es explorar cómo las percepciones pueden explicar la calidad del servicio prestado por la infraestructura e identificar posibles metodologías de evaluación. Para lograrlo se aplicó un método cualitativo basado en encuestas de interceptación en campo. En total, se hicieron 244 encuestas en los dos puntos de la K7.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

El NdS se generó como una herramienta para evaluar la calidad del servicio que prestan las vías multicarril de flujo ininterrumpido (autopistas) en Estados Unidos hace más de 50 años. Junto con el desarrollo de las autopistas apareció el Highway Capacity Manual (HCM), el HCM es una guía para evaluar y diseñar infraestructura vial, tomando como base la evaluación de demanda y capacidad. En la segunda edición de 1965, se publicó por primera vez el concepto de NdS, al igual que se propuso una metodología para calcularlo. (Roess & Prassas, 2014)

La metodología propuesta en 1965 para el cálculo del NdS en autopistas y carreteras, depende de la velocidad y del flujo horario presente en la vía. En el caso de la velocidad, entran a jugar variables como pendiente, ancho del carril, ancho y presencia de la berma, composición vehicular, entre otros. La calificación fue planteada en una escala ordinal de A a F, siendo A flujo libre y F flujo forzado o detenido. La escala propuesta no es simétrica, ya que los estados A, B, C, D son vistos como buenos, E es a capacidad y F es servicio deficiente (National Research Council Transportation Research Board & Transportation Research Board, 2000).

Las metodologías para la evaluación del NdS fueron evolucionando con las siguientes ediciones y actualizaciones del HCM. Inicialmente aparecieron metodologías para evaluar diferentes tipos de vía. Posteriormente aparecieron metodologías para evaluar intersecciones y vías con flujo interrumpido. Tras esto, aparecieron metodologías diferentes para cada modo por separado. La primera fue la de peatones, donde se evalúa la velocidad del peatón, el ancho efectivo disponible para la caminata y el flujo, siendo similar al de vehículos motorizados (National Research Council Transportation Research Board & Transportation Research Board, 2000). Finalmente, en el HCM2010 apareció el NdS Multimodal, con metodologías para evaluar la situación de vehículos, transporte público e infraestructura para bicicletas y peatones (Barker, Biehler, Brown, Clark, & Ekern, 2008).

### **2.1. Nivel de Servicio Peatonal**

Los primeros modelos para determinar el NdS para infraestructura peatonal aparecieron a inicios de la década de los 80 y se basaron en los mismos principios de los modelos de NdS para tráfico motorizado de vehículos en vías de flujo ininterrumpido. Esto se dio así, debido a que la hipótesis indicaba que era posible evaluar el NdS peatonal por medio de variables físicas, como es el caso del NdS motorizado. Por esto, las medidas de flujo de peatones por unidad de ancho y peatones por unidad de área se volvieron indicadores comunes a la hora de medir la calidad de la infraestructura peatonal. Estos métodos ignoraron una cantidad importante de factores que pueden

afectar el NdS, ya que consideran a los peatones iguales que los carros, cuando entre ellos existen muchas diferencias, como la velocidad o la exposición de los peatones al ambiente que los rodea.

El concepto de NdS empezó a evolucionar con la investigación de Bruce Landis, publicada en 2001. Esta investigación es importante debido a que encontró factores importantes considerar a la hora de evaluar el NdS peatonal. Entre los factores se encuentra la separación lateral, el volumen de tráfico y la velocidad del tráfico. Dentro de la separación lateral se tienen en cuenta los anchos de sardinel, carril, bicicarril, buffer de separación y andén (Landis et al., 2001). Dentro de estos factores, la separación lateral es el único factor que afecta de manera positiva el NdS, mientras que la velocidad y el volumen vehicular lo afectan negativamente.

Tras conocerse estos resultados, se empezaron a realizar nuevas investigaciones que generaron nuevos factores que afectan el NdS peatonal. Uno de los estudios utilizó entrevistas y método Delphi para conocer nuevos factores del entorno que afectan a los peatones (Pikora et al., 2003). Pikora, tras una revisión de literatura, encontró términos clave que compiló en 4 grandes grupos. El primer grupo es el funcional, donde se tiene en cuenta la superficie, la calle, el tráfico y la facilidad de acceso. El segundo es el de seguridad, que tiene en cuenta la personal (delincuencia) y la vehicular (accidentalidad). El tercero es la estética, donde se tiene en cuenta la arborización, limpieza, vista, entre otros. El último es de destino, en el que se considera las instalaciones que se pueden encontrar en la zona peatonal (Pikora et al., 2003).

Adicionalmente, otro estudio evaluó nueve factores que afectan el NdS en infraestructura peatonal en doce lugares diferentes entregando una calificación de 1 a 5 en cada caso (Jaskiewicz, 2000). El primer factor es “enclosure”, que mide la definición y continuidad de los bordes que limitan la vía, evaluando la buena visibilidad para el peatón y la posible sensación de encierro a los conductores que causan disminución de velocidad. El segundo factor es la complejidad de la red peatonal. Esta complejidad indica que a medida que el peatón tiene más opciones de rutas para llegar entre dos puntos, será mejor la conectividad y la experiencia de caminata del peatón. El siguiente factor es de fachadas, donde Jaskiewicz afirma que el uso de diferentes materiales, estilos y decoraciones, le dan una mejor estética al corredor y mejoran la experiencia del peatón. Otro de los factores de la investigación fue el de la complejidad de espacios, donde la diversidad de servicios presentes en la infraestructura, hace que el corredor peatonal sea más atractivo para el peatón. Jaskiewicz también rescata la importancia de tener algunos techos para ofrecer protección contra la lluvia y la sombra, además del uso de árboles con el mismo fin. La transparencia en las fachadas es otro factor evaluado, indicando que una transición no tan marcada entre el espacio público y el privado es más atractiva para el peatón y la visibilidad le da mayor seguridad. (Jaskiewicz, 2000). A continuación se presenta un resumen de algunas variables que afectan el NdS peatonal (Tabla 1).

Tabla 1. Variables que afectan el NdS peatonal

Factor\Autor	(Landis et al., 2001)	(Elias, 2011)	NCHRP Report 616 (Barker et al., 2008)	(Jaskiewicz, 2000)	(Pikora et al., 2003)	(Kingsbury, Lowry, & Dixon, 2011)
<i>Flujo vehicular</i>	-	-	-			
<i>Separación lateral</i>	+	+	+	+		
<i>Ancho del bordillo</i>	+	+	+			

Factor\Autor	(Landis et al., 2001)	(Elias, 2011)	NCHRP Report 616 (Barker et al., 2008)	(Jaskiewicz, 2000)	(Pikora et al., 2003)	(Kingsbury, Lowry, & Dixon, 2011)
<i>Parqueo en vía</i>	+	+	+			
<i>Ancho de la acera</i>	+	+	+	+	+	
<i>Velocidad del tráfico</i>	-	-	-	-	-	
<i>Ancho de bicarril</i>	+	+				
<i>Estado del pavimento</i>				+	+	
<i>Arborización</i>				+	+	
<i>Señalización</i>					+	+
<i>Iluminación</i>				+	+	
<i>Sombra</i>	+			+	+	
<i>Comercio</i>					+	
<i>Equipamientos</i>					+	
<i>Limpieza</i>					+	
<i>“Enclosure”</i>				+	+	
<i>Conectividad de la red peatonal</i>				+		
<i>Arquitectura y fachadas</i>	+			+		
<i>Transparencia</i>				+		

## 2.2. Nivel de Servicio Peatonal en Bogotá

En la actualidad, el Manual para la Administración del Tránsito y el Transporte es el documento legal por el que se rige la planeación y evaluación de infraestructura de transporte para Bogotá. Este manual cuenta con un capítulo dedicado a la planificación y evaluación de infraestructura peatonal. La propuesta de contar con una metodología para evaluar el NdS es un aporte muy valioso, ya que evidencia la necesidad de tener infraestructura de calidad, al igual que evidencia la importancia que tienen los peatones dentro de la movilidad de la ciudad. Además, indica parámetros que aseguran un mínimo nivel de calidad y permite identificar infraestructuras a intervenir (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2005).

A pesar de esto, el manual tiene serios problemas. En primer lugar, este es una colección de normas extranjeras, principalmente de Estados Unidos y Alemania, que no representa la idiosincrasia, el contexto y las necesidades específicas de los bogotanos. Por lo tanto, no es posible confiar en los resultados obtenidos al momento de evaluar una infraestructura peatonal de la ciudad (Rodríguez-Valencia & Unda, 2015).

De igual forma, al momento de evaluar el NdS de la infraestructura peatonal por medio de este manual, se evidencia otro problema referente al uso de variables físicas de la infraestructura como tal, como lo es el ancho efectivo, las obstrucciones, interferencias, entre otros. Esta aproximación es similar a los orígenes del NdS peatonal, donde se intentaba tener un proceso parecido al de la evaluación de autopistas considerando solo aspectos de capacidad. Tal como se mencionó

anteriormente, esto es problemático debido a que el NdS peatonal depende de variables diferentes a las que le otorgan los análisis de capacidad (Rodríguez-Valencia & Unda, 2015).

Finalmente, el manual no considera un NdS multimodal, donde se tenga en cuenta la interacción entre los diferentes modos donde cambios en la infraestructura de unos, afectará a los otros. Tampoco se tiene un concepto moderno del derecho de vía, donde se busca dejar de considerar que las vías son principalmente para mover vehículos. Dentro de este concepto, se tiene que las vías deben considerarse como un espacio multi-modal y multi-funcional, donde todos los modos y diferentes actividades tengan cabida (Rodríguez-Valencia & Unda, 2015).

### **3. METODOLOGIA**

Con el fin de lograr el objetivo propuesto en la investigación, se realizaron encuestas de percepción a peatones seleccionados aleatoriamente en dos puntos diferentes del corredor de la K7 en el centro de Bogotá, Colombia. La encuesta pregunta acerca de las percepciones de diferentes dimensiones del uso de la infraestructura.

La K7 es la mayor vía del centro de Bogotá, llegando a la Plaza de Bolívar, la más importante de la ciudad y centro de la parte colonial (Figura 1). El corredor fue multimodal en todo el siglo XX con tres carriles para tráfico motorizado y aceras de tamaño medio (Figura 2). Más adelante, en los años 2000, la ciudad restringió el paso de vehículos ocasionalmente para actividades culturales, que luego se convirtió en restricción regular los viernes en la noche. En 2012, el alcalde decidió cerrarla de forma permanente, para proveer mejores condiciones a peatones y bici usuarios. En 2014, se remodelaron cuatro cuadras de la K7, haciendo una superficie uniforme, eliminando bordillos, incluyendo mobiliario de descanso, jardines de drenaje, paisajismo y nueva señalización, sin cambiar el ancho del derecho de vía.

Para comparar las percepciones en ambos espacios, se hicieron encuestas en el segmento intervenido (Figura 3) y en el no intervenido, a cuatro cuadras en el mismo corredor (Figura 2). En adelante, nos referiremos a los puntos como K7 con intervención y K7 sin intervención.

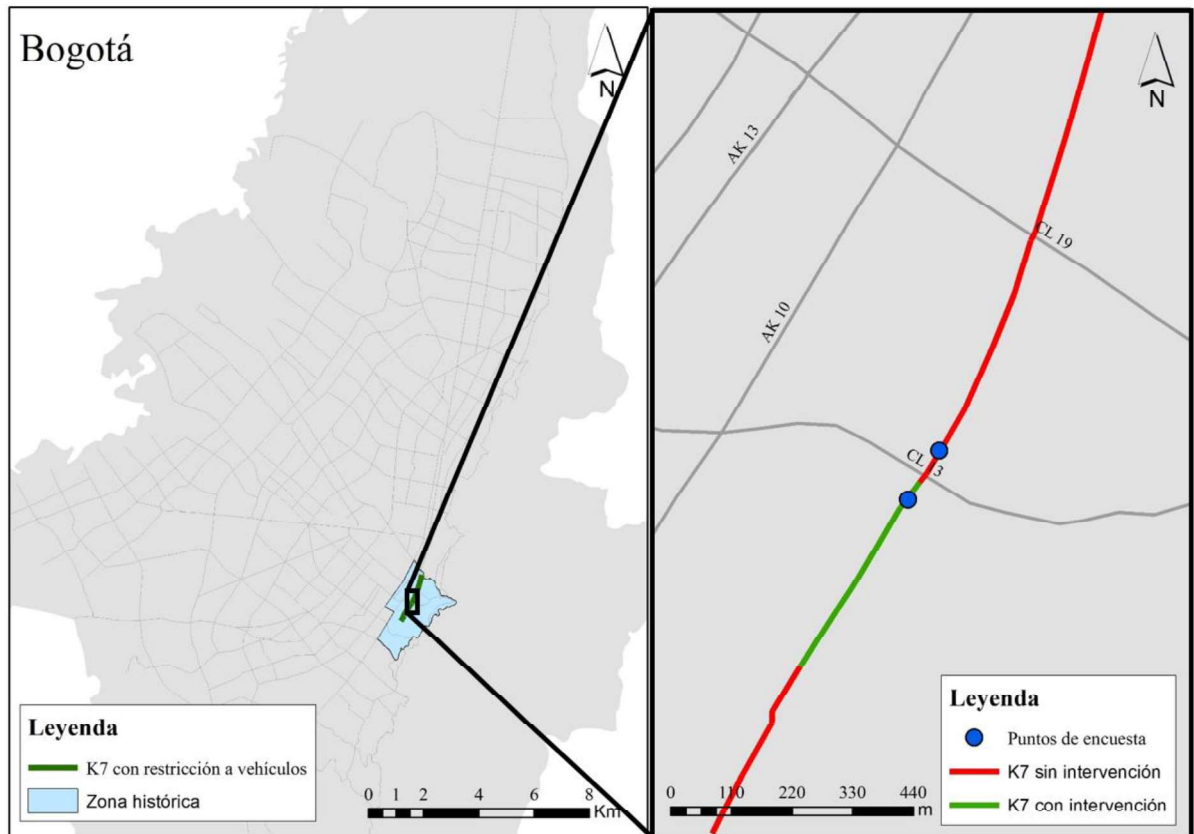


Figura 1. Ubicación de la intervención

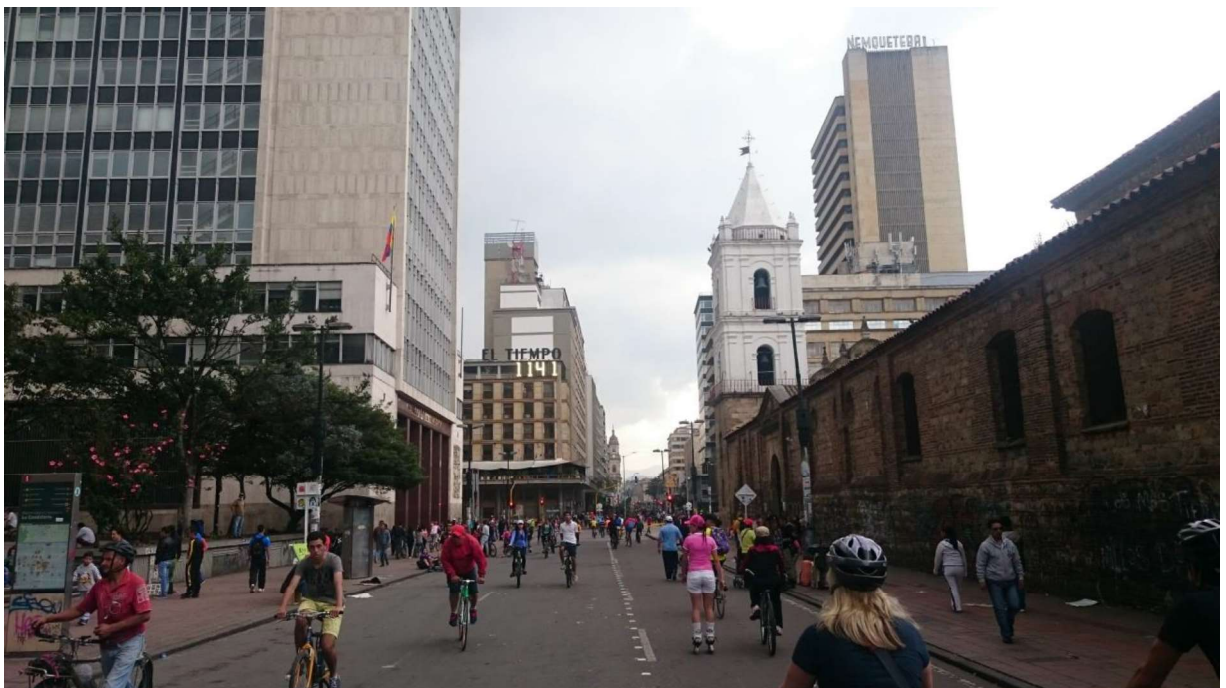


Figura 2. K7 sin intervención (tomada el 7 de noviembre por Rafael Unda)



*Figura 3. K7 con intervención (tomada el 7 de noviembre por Rafael Unda)*

La metodología se dividió en tres etapas. La primera etapa se centró en el diseño del cuestionario, el plan de administración de encuestas y la administración de las encuestas. La segunda etapa fue la creación, digitación, imputación y depuración de la base de datos, el procesamiento y ejecución de diferencia de medias y regresiones lineales. Finalmente, la tercera etapa fue el análisis de los resultados obtenidos en la segunda etapa y el desarrollo de las respectivas conclusiones.

### **3.1. Etapa 1: Planeación y Recolección de Información**

El cuestionario utilizado fue diseñado por investigadores del Grupo de Investigación Sostenibilidad Urbana Regional (SUR) del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes (Bogotá) que trabajan temas de NdS en el derecho de vía. Inicialmente, el cuestionario fue desarrollado para la evaluación de una dieta vial en la Carrera 11 en Bogotá. Para desarrollarlo, se hizo una exhaustiva revisión de literatura y se ha mejorado con retroalimentación de experiencias pasadas.

El cuestionario inicia con preguntas de observación dirigidas al encuestador, quien debe tomar datos del lugar, fecha, hora y clima del momento en que se realiza la encuesta; de forma similar el encuestador debe observar información del encuestado, tal como género, si camina sólo o en grupo y de caminar en grupo, cuántos son. Tras esto, se entra a hacer nueve preguntas de control poblacional, indagando por la opinión de los encuestados sobre el transporte en la ciudad, preferencias de caminata y uso de la bicicleta, entre otros, que no deben ser diferentes entre los puntos de encuesta. Posteriormente, se le pide al encuestado indicar la calificación de la calidad del servicio prestada por la infraestructura. Finalizado el bloque anterior, se le solicita al encuestado evaluar cinco elementos físicos del corredor. El siguiente bloque tiene 16 afirmaciones sobre

diferentes factores donde el encuestado debe decir si está de acuerdo o en desacuerdo. Posteriormente, se le pregunta al encuestado por su interacción con diferentes usuarios. Finalmente, se tiene un bloque de 16 preguntas con el fin de caracterizar al peatón. La Tabla 2 resume las variables.

Tabla 2. Variables

#	Variable	Pregunta
Variable dependiente: Nivel de Servicio		
1	<i>Nivel de Servicio</i>	Como peatón, califique de 1 (muy malo) a 5 (muy bueno) el servicio prestado
Elementos de la infraestructura		
2	<i>Pavimento</i>	Satisfacción usando el pavimento
3	<i>Ancho de acera</i>	Satisfacción con el ancho de acera
4	<i>Cruces</i>	Satisfacción usando los cruces
5	<i>Señalización</i>	Satisfacción usando la señalización
6	<i>Rampas y niveles</i>	Satisfacción usando las rampas y niveles
Variables referentes a la experiencia de caminata		
7	<i>Humo tráfico</i>	Cuando camino por la K7 el humo del tráfico me molesta
8	<i>Ruido tráfico</i>	Cuando camino por la K7 el ruido del tráfico me molesta
9	<i>Seguro accidentes</i>	Me siento seguro respecto a accidentes caminando por este tramo de la K7
10	<i>Peatones impiden caminar</i>	La cantidad de peatones me impide caminar libremente
11	<i>Artistas</i>	Me gusta que haya artistas y actividades culturales en la calle
12	<i>Seguro crimen</i>	En este ambiente me siento seguro respecto al crimen
13	<i>Gusta vendedores</i>	Me gusta que haya vendedores ambulantes en este tramo de la K7
14	<i>Gusta fachadas</i>	Me gustan las fachadas de los edificios en este tramo de la K7
15	<i>Limpieza</i>	Me gusta caminar por este tramo de la K7 porque es limpio
16	<i>Arborización</i>	Me gusta caminar por este tramo de la K7 por su arborización
17	<i>Vendedores impiden caminar</i>	La cantidad de vendedores ambulantes me impide caminar libremente
18	<i>Fácil cruzar</i>	En general es fácil cruzar la K7
19	<i>Molestia bicicletas</i>	Cuando camino por la K7 el tránsito de bicicletas me molesta
Variables referentes a otros usuarios		
20	<i>Molestia carros garajes</i>	Molestia por carros entrando a garajes
21	<i>Molestia carros parqueados</i>	Molestia por carros parqueados
22	<i>Molestia peatones</i>	Molestia generada por otros peatones
23	<i>Molestia vehículos carga</i>	Molestia generada por vehículos de carga

Las encuestas fueron hechas simultáneamente en ambos puntos por ocho encuestadores a finales de octubre e inicios de noviembre del año 2016, en 3 franjas horarias: 07:00 a 09:30, 12:00 a 14:00 y 16:00 a 18:00. Del total de 244 encuestas, se hicieron 108 en la K7 sin intervención y 136 en la

K7 con intervención. Para asegurar una muestra aleatoria, los encuestadores interceptaron a la tercera persona que pasara por el punto en cualquier sentido. También se evitó administrar la encuesta a personas que se acercaran al encuestador con la intención de responder el cuestionario.

### 3.2. Etapa 2: Procesamiento de Datos

Con las encuestas ya realizadas, se procedió a la digitación de datos y creación de las bases de datos. Al ser 244 observaciones, las bases de datos fueron creadas en Microsoft Excel. Para la imputación, se remplazaron los datos faltantes con el promedio de los datos del punto en la categoría faltante. En algunos casos se encontraron datos fuera del rango de 1 a 5, por lo que se eliminaron para ser imputados. Para el análisis se usaron únicamente las variables de percepción sin incluir las de control.

### 3.3. Etapa 3: Análisis de Datos

Para evaluar el impacto de la intervención, se quiso: (a) evaluar la diferencia entre las percepciones de los peatones en los dos puntos del mismo corredor de la K7 y (b) determinar qué variables afectan la calidad de servicio percibida por los peatones en el corredor. Para la primera parte, se realizó una prueba de hipótesis estadística conocida como “diferencia de medias”, que permite saber si los dos promedios (de cada punto) de una misma variable son significativamente diferentes entre sí. Es decir, esta metodología permite determinar si las medias de las percepciones de las variables de la K7 sin intervención y K7 con intervención son significativamente diferentes o no. Para la segunda parte se realizó una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) para cada punto, usando como variable dependiente el NdS percibido, dejando las demás como variables predictoras.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Prueba de hipótesis de medias

Tras la intervención, se presentó una mejora en el NdS del 16.4%. Esta mejora fue significativa de acuerdo al análisis estadístico realizado. En la K7 sin intervención el NdS fue calificado con 3.500 (N=108) mientras que en la K7 con intervención el NdS fue calificado con 4.074 (N=136). Las medias y las desviaciones para cada variable en cada uno de los dos puntos se pueden encontrar en la Tabla 3. Ninguna de las variables de control tuvo diferencias significativas

*Tabla 3. Diferencia de medias*

Variable	K7 sin intervención			K7 con intervención			Diferencia medias	p-value
	n	Media	Error Std.	n	Media	Error Std.		
1. Nivel de Servicio	108	3.500	1.000	136	4.074	0.747	0.574	0.0000 ***
2. Pavimento	108	3.593	1.077	135	4.356	0.685	0.763	0.0000 ***
3. Ancho acera	108	4.176	0.895	135	4.496	0.700	0.320	0.0020 **
4. Cruces	108	3.750	0.948	135	3.844	0.937	0.094	0.4000

Variable	K7 sin intervención			K7 con intervención			Diferencia medias	p-value
	n	Media	Error Std.	n	Media	Error Std.		
5. Señalización	108	3.343	1.201	135	3.363	1.110	0.020	0.8920
6. Rampas y Niveles	108	2.750	1.326	135	2.941	1.262	0.191	0.2550
7. Humo tráfico	108	2.991	1.732	135	2.237	1.477	-0.754	0.0003 ***
8. Ruido tráfico	108	2.722	1.617	135	2.185	1.399	-0.537	0.0060 **
9. Seguro accidentes	108	3.630	1.235	135	4.007	1.033	0.378	0.0100 *
10. Peatones impiden caminar	108	2.556	1.270	135	2.741	1.275	0.185	0.3000
11. Artistas	108	3.935	1.306	135	4.156	1.132	0.220	0.1660
12. Seguro crimen	108	2.917	1.388	135	3.385	1.172	0.469	0.0050 **
13. Gusta vendedores	108	2.657	1.441	135	2.667	1.299	0.009	0.9590
14. Gusta fachadas	108	3.019	1.207	135	3.356	1.116	0.337	0.0250 *
15. Limpieza	108	2.741	1.390	135	3.289	1.184	0.548	0.0010 **
16. Arborización	108	3.157	1.341	135	3.289	1.158	0.131	0.4200
17. Vendedores impiden caminar	108	2.824	1.490	135	2.881	1.344	0.057	0.7550
18. Fácil cruzar	108	4.231	1.038	135	4.541	0.770	0.309	0.0100 **
19. Molestia Bicicletas	108	2.426	1.467	135	2.689	1.533	0.263	0.1740
20. Molestia Carros garajes	108	2.009	1.357	136	2.309	1.453	0.300	0.0970
21. Molestia carros parqueados	108	2.713	1.675	136	2.757	1.617	0.044	0.8350
22. Molestia peatones	108	1.815	1.137	136	1.838	1.042	0.023	0.8680
23. Molestia Vehículos carga	108	2.676	1.701	136	2.566	1.459	-0.110	0.5940

NOTA: \*\*\*, \*\* and \* representan significancia al 0,1%, 1% and 5%, respectivamente.

Se encontró que cambios físicos en el entorno, como la peatonalización, cambio de color de piso, diseño paisajístico, y otros en la K7, tiene efectos en la percepción del entorno y en la calificación declarada de NdS de las personas.

Más concretamente, se encontró para el caso de la K7, que la intervención mejoró nueve de 22 variables de forma significativa. La mayor diferencia de percepción en valor absoluto (0.763) se encontró en la pregunta “Como peatón, califique de 1 (muy insatisfecho) a 5 (muy satisfecho), qué tan satisfecho se siente respecto al pavimento” lo que deja entrever que el cambio físico de todo el derecho de vía tuvo un impacto en la percepción de la calidad de los elementos de la infraestructura y del entorno en el que se ve envuelto el peatón. Pese a que los dos derechos de vía son muy similares en anchos y que en ambos casos el flujo de tráfico está restringido, se muestra una diferencia significativa en la percepción de satisfacción con el ancho de la acera y la molestia generada por el humo y ruido del tráfico, que mejoraron en la K7 con intervención. Más adelante se discutirán estos resultados contra intuitivos.

Adicionalmente, con la intervención se ve una mejoría significativa en la seguridad vial y personal, a pesar de que son puntos muy cercanos, dentro del mismo contexto social. La calificación en limpieza también mejoró, mostrando la forma en la que el orden y el diseño de la intervención ayudan a aumentar esta calificación. En la K7 sin intervención, la variable con mayor calificación

fue la de la facilidad para cruzar, con 4.231, mientras que la de menor calificación fue la molestia de peatones, calificada con 1.815. En la K7 con intervención se mantuvieron ambas variables como las de mayor y menor calificación (con 4.541 y 1.838). Esto es esperado, ya que un puntaje menor es mejor para el NdS al no haber vehículos motorizados que pongan en riesgo a los peatones.

Como se mencionó antes, el primer segmento del cuestionario incluía preguntas de control, principalmente sobre el transporte en Bogotá y las preferencias de caminata. La prueba de hipótesis se hizo también con estas variables y ninguna fue significativamente diferente. Esto era esperado, ya que ninguna de las preguntas tenía relación con el corredor.

#### 4.2. Regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS)

Los resultados de la regresión permiten ver que sí existen variables que pueden ayudar a describir el NdS en buena medida, explicando una parte importante de la varianza. En el caso de la K7 sin intervención, seis variables resultaron significativas. Dos de estas variables afectan de manera negativa el NdS. Estas son el humo del tráfico y la molestia generada por los peatones. Como variables significativas que afectan positivamente el NdS, se tienen la calidad de los cruces y de las rampas y niveles. De igual manera se observa significativa la molestia generada por los vehículos de carga, lo que es un resultado inesperado y contradictorio (ver Tabla 4). En la siguiente sección analizaremos cómo puede explicarse que las variables significativas sean asociadas al tráfico motorizado, cuando la vía sin intervención está restringida.

En el caso de la K7 con intervención solo tres variables explican la variable dependiente, pero se obtiene un coeficiente ajustado de determinación más alto. Se tienen como variables significativas y positivas el ancho de acera, la arborización y la sensación de seguridad al caminar por el corredor. Son variables que se esperaban que fueran positivas y que reflejan de manera adecuada los beneficios del corredor. Por el contrario, no hay variables que afecten negativamente el NdS. Este modelo además explica mayor proporción de la varianza que el de la K7 sin intervención (Tabla 4).

Tabla 4. Regresiones lineales

	K7 - sin intervención (Calle 16)				K7 – con intervención (Calle 12c)		
Variable	Coeficiente	Error estándar	Pr(> t )		Coeficiente	Error estándar	Pr(> t )
(Intercepto)	2.211915	0.753293	0.00427	**	0.90902	0.79092	0.2529
2. Pavimento	-0.103806	0.113435	0.36272		0.06426	0.09703	0.5091
3. Ancho acera	0.004822	0.130916	0.97071		0.22338	0.1014	0.0297 *
4. Cruces	0.270471	0.144566	0.06480	.	0.07595	0.07738	0.3285
5. Señalización	-0.070373	0.118746	0.55500		0.02539	0.05783	0.6615
6. Rampas y Niveles	0.166904	0.096746	0.08813	.	0.01443	0.05589	0.7968
7. Humo tráfico	-0.157752	0.083028	0.06082	.	-0.01732	0.05618	0.7584
8. Ruido tráfico	0.053980	0.083188	0.51816		0.02898	0.06141	0.6379
9. Seguro accidentes	0.132448	0.095637	0.16971		0.07239	0.07346	0.3266

10. Peatones impiden caminar	-0.107409	0.087030	0.22054		0.06285	0.05641	0.2676	
11. Artistas	-0.033620	0.091482	0.71416		-0.05341	0.06403	0.406	
12. Seguro crimen	0.070716	0.089254	0.43039		0.12714	0.05658	0.0266	*
13. Gusta vendedores	-0.084569	0.087774	0.33804		0.04970	0.05356	0.3555	
14. Gusta fachadas	0.024114	0.107778	0.82350		-0.07747	0.05893	0.1913	
15. Limpieza	-0.003336	0.089414	0.97033		0.09494	0.06075	0.1210	
16. Arborización	0.063764	0.102846	0.53692		0.12521	0.06008	0.0394	*
17. Vendedores impiden caminar	-0.073210	0.075369	0.33413		-0.03609	0.06049	0.5520	
18. Fácil cruzar	0.100204	0.114089	0.38226		0.05031	0.08712	0.5648	
19. Molestia bicicletas	-0.028798	0.072886	0.69375		0.04985	0.05093	0.3298	
20. Molestia carros garajes	0.163653	0.102438	0.11385		0.03010	0.05561	0.5894	
21. Molestia carros parqueados	-0.077970	0.089661	0.38696		0.06048	0.05475	0.2717	
22. Molestia peatones	-0.211122	0.105245	0.04804	*	-0.10326	0.06461	0.1128	
23. Molestia vehículos carga	0.196467	0.083896	0.02153	*	-0.05411	0.06216	0.3860	
	Error estándar residual: 0.9134 con 85 grados de libertad				Error estándar residual: 0.641 con 111 grados de libertad			
	R^2 múltiple: 0.3372, R^2 ajustado: 0.1657				R^2 múltiple: 0.3775, R^2 ajustado: 0.2541			
	F-estadístico: 1.966 con 22 y 85 grados de libertad, p-value: 0.0147				F-estadístico: 3.059 con 22 y 111 grados de libertad, p-value: 5.976e-05			
Códigos de significancia: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1								

La calidad de los cruces (variable 4), aparece significativa en la K7 sin intervención, debido a que no hay tráfico motorizado y no existe una dificultad para cruzar, pero por seguir existiendo la calzada vehicular, en ocasiones los peatones asocian sus movimientos con cruces. En cambio, en la K7 con intervención, ya no existe una calzada y el no tener esa calzada, hace que no se aprecie esta dificultad. En el caso del humo del tráfico, puede tener relación con el diseño de la infraestructura, ya que el usuario puede relacionar la calzada vehicular con estos problemas, a pesar de que no haya tráfico

En la K7 sin intervención, apareció como variable significativa la molestia generada por otros peatones (variable 22). Lo primero, el coeficiente negativo muestra que la libertad de caminar por la calzada para tráfico motorizado, hace que los peatones tengan suficiente espacio para moverse. Esto hace que la presencia de otros peatones no les moleste y eso ayuda a explicar que el NdS sea mejor. En la K7 con intervención no resultó significativa y no tiene relación con la calificación del NdS declarada por los encuestados.

Pasando a la K7 con intervención, aparece la variable de la seguridad frente al crimen (variable 11) como significativa. Entre los dos puntos, no existe una diferencia en la vigilancia policial o en cualquier otro factor que, a saber, haga fácticamente más segura la zona intervenida. La K7 con intervención le dio orden y transparencia al derecho de vía y se mejoró la estética, lo que llevó a una mejora significativa en la percepción de crimen y de limpieza de la nueva vía.

Finalmente, en el punto de la K7 con intervención aparece la arborización (variable 16) como variable significativa. Es posible que los encuestados relacionaran la pregunta con paisajismo, ya que en K7 con intervención no hay árboles, sino un diseño paisajístico con arbustos y plantas pequeñas (ver Figura 3), mientras que en la K7 sin intervención hay más árboles (ver Figura 2). Finalmente se ve que en la K7 sin intervención la variable 23, la molestia generada por los vehículos de carga es significativa, esto se puede dar por el tráfico de bicicletas de carga que es recurrente en el corredor.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Los puntos estudiados, con y sin intervención, tienen el mismo ancho para peatones, restricción para tráfico motorizado y los mismos servicios proveídos por la ciudad (seguridad, limpieza, jardinería, etc.). Era esperado encontrar diferencias significativas en las variables relacionadas con las condiciones físicas (e.g. pavimento) o de percepción de los elementos modificados (e.g. arborización). Sin embargo, las percepciones sobre algunos elementos que no se modificaron fueron significativamente diferentes. Por ejemplo, en la K7 con intervención, se encontraron mayores niveles de seguridad vial, o en la K7 sin intervención se percibe una mayor molestia por el humo del tráfico. Estas diferencias de percepción en elementos que no cambiaron, se explican por los efectos halo, multiplicador y “free bonus”. La idea tras estas mejoras se relaciona con la formación de una opinión completa, positiva o negativa, debido a que se identificaron algunos rasgos positivos o negativos.

Los resultados reflejan que el diseño y paisajismo de la K7 con intervención han afectado positivamente la percepción de elementos sin modificar, como la seguridad frente al crimen, limpieza y seguridad vial. La teoría de la “Ventana Rota” no solo relaciona el tener un ambiente agradable con la percepción de seguridad frente al crimen, sino que también hace diferencia en el comportamiento criminal. Los usuarios que caminan por la K7 con intervención perciben el derecho de vía completo como acera, mientras que en la K7 sin intervención está la tendencia a relacionar la acera con efectos del tráfico motorizado.

El hecho de que en un corte transversal del derecho de vía sin modificar todavía se tengan dos aceras, bordillos y una calzada vehicular en el centro, genera un efecto de halo negativo en los peatones. Encontramos que si se mantiene un diseño para vehículos motorizados, los usuarios siguen percibiendo riesgos y se concentran en elementos asociados con el tráfico, a pesar de ser una vía peatonal. Por lo tanto, los usuarios valoran la facilidad para cruzar como una variable significativa a la variable dependiente (NdS). En otras palabras, la presencia de una calzada entre aceras soporta la idea de que hay algo que se debe cruzar. Los resultados muestran una relación entre NdS peatonal y la calidad de cruces, rampas y humo del tráfico, a pesar de no haber vehículos motorizados.

Adicionalmente, se vio un resultado inesperado al aparecer la arborización como una variable que explica una mejora en el NdS peatonal. Esto es inesperado ya que la variable solo es significativa para el caso del K7 con intervención, pero los grandes árboles están en la K7 sin intervención. En la K7 con intervención, la arborización está compuesta principalmente por materas con plantas pequeñas, diseñadas para el corredor. Otro resultado inesperado y contra intuitivo fue que la

molestia generada por los vehículos de carga apareció como una variable significativa positiva, lo que indica que el NdS mejora cuando aumenta esta variable.

A pesar de que en ambos casos el derecho de vía está dedicado al peatón y no hay tráfico vehicular, las percepciones varían dependiendo del diseño. En la diferencia de medias (Tabla 3) la percepción del ancho mejoró significativamente, a pesar de que este no cambió con la intervención.

Con la intervención, la calidad de servicio a los peatones solo se ve afectada positivamente por elementos como el paisajismo, la limpieza y le da una mayor sensación de seguridad. Esto muestra cómo cambia la percepción de los elementos de la infraestructura, donde el tener un espacio diseñado para los peatones, en lugar de tener que usar un espacio hecho para tráfico motorizado, hace que se sienta mayor confort. Además, se tiene una mayor sensación de seguridad, ya que se siente en un entorno diseñado para el peatón, en el que él se olvida del impacto que genera el tráfico vehicular.

Queremos recalcar que esta investigación busca encontrar evidencia para evaluar el uso de percepciones en la determinación del NdS peatonal. Su potencial en aplicaciones prácticas no se ha mencionado, entendiendo los costos y la cantidad de trabajo que requiere hacer encuesta de interceptación. Otra limitación es que no se pudo hacer un estudio “before-after” en el mismo punto, lo que hubiera dado mayor validez a los resultados. Adicionalmente, no se tuvo en cuenta el efecto del encuestador. Las encuestas fueron realizadas por ocho encuestadores diferentes, lo que puede afectar los resultados, debido a los diferentes criterios personales de cada uno de los encuestadores. La evaluación fue realizada únicamente para peatones, sin tener en cuenta el impacto generado a otros modos que usen el corredor, si se incluyen todos, se podría entregar una evaluación final acerca del éxito de las intervenciones considerando todos los usuarios.

## **6. CONCLUSIONES**

Esta investigación explora el uso de percepciones a la hora de hacer evaluaciones ex post de peatonalizaciones. Los resultados, basados en las encuestas realizadas en ambos puntos, muestran que la intervención fue exitosa con una mejora de 0.574 puntos (16.4%). Adicionalmente, se observó que la intervención no tuvo un impacto negativo en ninguna variable y 10 de las 23 mejoraron. La evaluación ex post permite determinar el éxito de la intervención y que tipo de prácticas son beneficiosas para el proyecto. La evaluación solo provee evidencia para justificar proyectos similares al que se llevó a cabo en la K7, además de entregar información valiosa a la hora de diseñar nuevos proyectos.

En esta investigación se exploraron las relaciones entre las percepciones de peatones sobre el entorno físico y el NdS declarado por ellos. La principal conclusión es que percepciones sobre el entorno físico si permiten explicar en cierta medida la calificación de NdS entregada por los peatones. Lo anterior demuestra que, la percepción de la calidad del servicio no solo depende del diseño y el espacio que se le da al usuario, sino que también lo afecta el contexto y el entorno, ya que la seguridad depende de diferentes variables que no se relacionan con el diseño de la infraestructura. Sin embargo, nuestra información no es suficiente para afirmar si las percepciones son suficientes para determinar el NdS peatonal. En este sentido, los dos modelos construidos para analizar las variables significativas en cada uno de los dos puntos para describir el NdS peatonal

encontraron diferentes variables relevantes. Por lo tanto, este enfoque parece ser específico del sitio, hasta ahora. Sería necesario realizar más investigaciones sobre este tema para sacar conclusiones sólidas al respecto.

Este tipo de experimentos controlados son una fuente muy valiosa de conocimiento. En ciudades como Bogotá y Nueva York, que están redistribuyendo sus derechos-de-vía para prestar un servicio más balanceado a todos los modos de transporte, los estudios “before-after” son una gran oportunidad para evaluar sus efectos y aprender cómo hacer mejor las futuras intervenciones. Este enfoque de percepciones aparece como un método factible y aplicable para evaluar las intervenciones tales como dietas viales, shared-spaces o peatonalizaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Investigación de Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR) del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes y a los ingenieros Juan Camilo Pinzón y Rafael Unda, quienes por medio de su experticia diseñaron el cuestionario utilizado para la presente investigación, al igual que realizaron las 244 encuestas.

## REFERENCIAS

- Alcaldia Mayor de Bogota D.C. (2005). *Manual de Planeacion y Diseño para la Administracion del Transito y el Transporte*. Bogota, DC.
- Barker, J., Biehler, A., Brown, L., Clark, W., & Ekern, D. (2008). *NCHRP Report 616: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets (Tech. Rep.)*. Transportation Research Board. Retrieved from [https://scholar.google.co.jp/scholar?q=NCHRP+Report+616:+multimodal+level+of+service+analysis+for+urban+streets&btnG=&hl=en&as\\_sdt=0,5#0](https://scholar.google.co.jp/scholar?q=NCHRP+Report+616:+multimodal+level+of+service+analysis+for+urban+streets&btnG=&hl=en&as_sdt=0,5#0)
- Elias, A. (2011). Automobile-Oriented or Complete Street? Pedestrian and Bicycle Level of Service in the New Multimodal Paradigm. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2257, 80–86. <https://doi.org/10.3141/2257-09>
- Ingold, T. (2004). Culture on the Ground. The World Perceived Through the Feet. *Journal of Material Culture*, 9(3), 315–340. <https://doi.org/10.1177/1359183504046896>
- Jaskiewicz, F. (2000). Pedestrian Level of Service Based on Trip Quality. *Transportation Research Circular*, (501), 14 p. Retrieved from [http://www.urbanstreet.info/2nd\\_sym\\_proceedings/Volume1/Ec019\\_g1.pdf%5Cnhttp://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec019/ec019.pdf](http://www.urbanstreet.info/2nd_sym_proceedings/Volume1/Ec019_g1.pdf%5Cnhttp://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec019/ec019.pdf)
- Kingsbury, K., Lowry, M., & Dixon, M. (2011). What Makes a “Complete Street” Complete? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2245, 103–110. <https://doi.org/10.3141/2245-13>
- Landis, B. W., Vattikuti, V., Ottenberg, R. M., McLeod, D. S., & Guttenplan, M. (2001). Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1773(1773), 82–88. <https://doi.org/10.3141/1773-10>
- Lynch, K. (1960). The City Image and its Elements. *The People, Place, and Space Reader*.
- National Research Council Transportation Research Board, & Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual. In *Freeway Facilities, Adverse Weather Capacity*

- Reduction* (pp. 8–9). Washington D.C.
- Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K., & Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science & Medicine*, 56, 1693–1703.
- Polus, A., Schofer, J. L., & Ushpiz, A. (1983). Pedestrian flow and level of service. *Journal of Transportation Engineering*, 109(1), 46–56. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1983\)109:1\(46\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1983)109:1(46))
- Rodriguez-Valencia, A., & Unda, R. (2015). Nivel de Servicio de peatones y bicicletas en Bogotá. Bogotá D.C.
- Roess, R. . P., & Prassas, E. . S. (2014). *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05786-6>