



Caracterización de la velocidad de caminata. Caso de estudio puente peatonal

Walking speed characterization. Case study pedestrian bridge

Jonatan Jair Villamarín Monroy ¹, Fredy Alberto Guío Burgos ², Domingo Ernesto Dueñas Ruiz ³

Fecha de Recepción: 02 de junio de 2021

Fecha de Aceptación: 20 de octubre de 2021

Cómo citar: Villamarín-Monroy, J.J. Guío-Burgos, F.A. y Dueñas-Ruiz, D.E. (2022). Caracterización de la velocidad de caminata. Caso de estudio puente peatonal. *Tecnura*, 26(71), 96-110. <https://doi.org/10.14483/22487638.16605>

Resumen

Contexto: La variable macroscópica más importante del flujo peatonal es la velocidad de caminata, ya que permite analizar el comportamiento y las condiciones en que está operando una infraestructura. En el presente estudio se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa entre velocidades medias temporales para tres tipos de infraestructuras y dos tipologías de usuarios.

Metodología: Se tomaron los tiempos que duraba un peatón en recorrer una distancia preestablecida en cada una de las tres infraestructuras contempladas: escaleras y plataforma de un puente peatonal, y una acera con pendiente del 0%, localizadas en la ciudad de Tunja, Colombia, clasificando a los usuarios según sexo y sentido de circulación.

Resultados: La velocidad media temporal en las escaleras, para las mujeres, es de 0,81 m/s en ascenso y de 0,72 m/s en descenso. En cuanto a los hombres, la velocidad media temporal fue de 0,81 m/s en los dos sentidos de circulación. En relación con la plataforma y la acera, se obtuvo que la velocidad media temporal de las mujeres es inferior a la de los hombres.

Conclusiones: En el sentido de circulación ascenso se determinó que no hay una diferencia estadísticamente significativa, caso contrario a lo establecido para el sentido de circulación en descenso. Confrontando la velocidad media temporal determinada para las dos secciones del puente peatonal, con la velocidad media temporal de la acera, se estableció que hay una diferencia estadísticamente significativa, razón por la cual, es necesario caracterizar los comportamientos por separado en cada sección al momento de diseñar o de intervenir una infraestructura peatonal.

Palabras clave: caminar, peatón, puente peatonal, velocidad.

¹Ingeniero en Transporte y Vías, especialista en Tránsito y Transporte, magíster en Ingeniería con énfasis en Tránsito. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.

Email: jonatan.villamarin@uptc.edu.co

²Ingeniero en Transporte y Vías, especialista en Infraestructura Vial, magíster en Ingeniería con énfasis en Tránsito. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Email: fredy.guio@uptc.edu.co

³Ingeniero en Transporte y Vías, magíster en Planeación del Transporte, doctor en Caminos, Canales y Puertos. Docente cátedra Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Email: domingo.duenas@uptc.edu.co

Abstract

Context: The most important macroscopic variable of pedestrian flow is walking speed, this analyzes the behavior and operating conditions of a facility. In the present study, we established whether there is a statistically significant difference between temporary mean speeds for three types of infrastructures and two types of users.

Methodology: We measure the time it takes a pedestrian to travel a pre-established distance in each of the 3 contemplated facilities: stairs, platform of a pedestrian bridge and a sidewalk on a level grade located in the city of Tunja, Colombia, we classify to users according to gender and direction of circulation.

Results: The mean temporal velocity on the stairs, for women, is 0.81 m/s upward and 0.72 m/s downward. As for men, the mean temporal velocity was 0.81 m/s in both directions of circulation. In relation to the platform and the sidewalk, we find that the temporal average speed of women is lower than that of men.

Conclusions: In the upward movement direction, we find that there is no statistically significant difference between men and women, otherwise, to what is established for the downward movement direction. Comparing the temporal average speed determined for the two sections of the pedestrian bridge, with the temporary average speed of the sidewalk, we find that there is a statistically significant difference, which is why it is necessary to characterize the behaviors separately in each section at the time of designing, or do work at a pedestrian facility.

Keywords: walking, pedestrian, footbridge, walking speed.

Tabla de Contenidos

	Pág
Introducción	98
Metodología	101
Resultados	103
Escaleras ascenso	103
Escaleras descenso	103
Escalera mujeres - ascenso vs. descenso	104
Escalera hombres - ascenso vs. descenso	104
Velocidad en la plataforma	104
Resultados velocidad de caminata en una acera	104
Prueba de diferencia de velocidad media	104
Conclusiones	107
Referencias	108

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento demográfico, aumenta la demanda de los sistemas de transporte para satisfacer la necesidad de movilidad de los habitantes, ya que, “a mayor población, mayor vivienda y mayor movilidad” (Serafín González, 2019, p. 36). El uso de los sistemas de transporte depende, en gran medida, del nivel de ingreso del grupo familiar; la tendencia es que personas con bajos ingresos hagan más uso de medios de transporte como el peatonal, el público y la bicicleta, mientras que las personas con ingresos más altos, “suelen desempeñarse como motoristas o pasajeros de automóviles” (Alcántara, 2010, citado por (Duarte *et al.*, 2018, p. 65). Todas las personas, en algún momento del día, se convierten en peatones, ya sea para ir a un parqueadero, a un biciparqueadero, a una parada de buses, acceder a espacios públicos o para realizar diferentes actividades.

Con el paso del tiempo, se han construido nuevas vialidades destinadas a mejorar la movilidad de los sistemas privados de transporte, disminuyendo, entre otros aspectos, la motivación, la percepción de seguridad y el nivel de servicio de las personas que realizan sus desplazamientos en modos de transporte amigables con el medio ambiente, como lo es el caminar. También, el aumento de vehículos motorizados ha generado, en varias ciudades de Latinoamérica, “grandes externalidades como: accidentalidad, mortalidad, morbilidad, congestión vial, pérdida de horas efectivas, ruido y emisiones atmosféricas de contaminantes que afectan las características del aire y, en consecuencia, la salud de las personas” (Quevedo García *et al.*, 2017, p. 141). En la actualidad, y como se señala en la publicación Movilidad urbana y espacio público, “el caminar y el espacio público se han convertido en las principales categorías de análisis para repensar los esquemas de movilidad y ofrecer a las aglomeraciones un nuevo aire de vitalidad” (Serrano Romero, 2018, p. 17), por lo cual, se hace indispensable seguir investigando sobre las características que intervienen en la movilidad peatonal, ya sea detallando su comportamiento individual o sus características operativas.

Una variable que permite conocer directamente las características de operación en una infraestructura peatonal en un momento dado es la velocidad peatonal o de caminata, la cual es la relación entre la distancia recorrida por un peatón y el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia, y esta, puede ser expresada en m/s, m/min y/o km/h. Guío Burgos (2009) indica que “la velocidad de caminata es la variable más importante en la modelación de los flujos peatonales” (p. 42), además, esta variable está condicionada por algunos factores externos como el clima, la topografía, el tipo de zona, las precipitaciones, el tipo de infraestructura peatonal, entre otros. Sanz Alduán (2016) señala que las condiciones del entorno físico y social, como la seguridad, comodidad y atractivo de la zona, determinan las velocidades al caminar, ya que son elementos que estimulan o impiden las velocidades deseadas por los individuos. Bañón Blázquez y Beviá García (2000) establecen que cada peatón circula siguiendo una pauta diferente, regulando a voluntad la velocidad a la que circula. Adicionalmente, Meister (2007) menciona que las velocidades de caminata también dependen de la actividad que las personas van a realizar. También, la velocidad es una de las tres variables macroscópicas jun-

to al volumen o tasa de flujo y a la densidad. Estas variables macroscópicas se relacionan entre sí, siendo la relación velocidad/densidad la más importante, ya que, a partir de esta, se pueden establecer algunas características como la “capacidad teórica, la velocidad a flujo libre y la densidad de congestión en una infraestructura peatonal o vehicular, las cuales, son la base para el dimensionamiento e intervención de infraestructuras” (Villamarín Monroy (2018), p. 88). Guío Burgos y Poveda (2012) mencionan que “cuando el volumen peatonal es bajo, el espacio disponible para cada peatón permite que se desarrollen velocidades altas a flujo libre, pero a medida que va aumentando el volumen de peatones, disminuye la velocidad de caminata” (p. 144).

Una de las infraestructuras más cuestionadas son los puentes peatonales, debido, principalmente, a la falta de accesibilidad para una parte de la población que presenta algunas restricciones en su movilidad; sin embargo, este tipo de infraestructuras son, en algunos escenarios, la única alternativa que sirve para conectar dos puntos de manera segura. Hidalgo-Solórzano *et al.*, (2010), en su investigación “Motivos de uso y no uso de puentes peatonales en la Ciudad de México: la perspectiva de los peatones”, señalan que los motivos por los cuales los usuarios hacen uso de los puentes peatonales son por seguridad y porque no hay otra forma de cruzar. Villamarín Monroy (2018) señala que algunas guías de diseño y planeación presentan como virtudes de los pasos peatonales a desnivel, reducir los problemas generados por la operación de los sistemas peatonales y vehiculares en una misma zona (Waka Kotahi NZ Transport Agency. 2009). Las infraestructuras peatonales a desnivel son construidas en situaciones urbanas donde el cruce peatonal a nivel puede causar accidentalidad o congestión (Banerjee *et al.*, 2018). El manual de señalización vial define a los puentes peatonales como una “estructura elevada sobre el nivel de la calzada que posibilita pasar de un lado al otro de la vía” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 678); sin embargo, este tipo de infraestructuras también sirven de acceso a sistemas masivos de transporte como el sistema BRT (bus rapid transit, “bus rápido de transporte público”) de la ciudad de Bogotá, Transmilenio.

Varias investigaciones se han centrado en este último aspecto, en analizar las características operativas en los accesos peatonales de los sistemas masivos de transporte, en especial, lo relacionado con la velocidad caminata. Una de las investigaciones más conocidas en el área peatonal fue realizada por John J. Fruin en 1971, quien, para estudiar la velocidad de caminata, tomó como referencia dos escaleras; una con inclinación de 32° y otra de 27°, situadas en una estación del tren de la ciudad de Nueva York, donde clasificó a los usuarios por edades, sexo y sentido de circulación (ascenso y descenso). Fruin obtuvo como resultado que la velocidad promedio, para la escalera de 32° de inclinación, es de 0,51 m/s en ascenso, mientras que, en descenso, la velocidad promedio es de 0,67 m/s. En relación con la velocidad promedio de ascenso y descenso en la escalera con inclinación de 27°, fue de 0,57 m/s y 0,77 m/s, respectivamente. En la tabla I se observan los datos registrados por Fruin en la escalera cuya inclinación era de 27°; mientras que en la tabla II se presentan los resultados de Fruin en la escalera cuya inclinación era de 32°.

En una estación del metro de Hyderabad (India), la velocidad promedio de caminata en escaleras, caso hombres, fue de 0,76 m/s, mientras que, para las mujeres, fue de 0,59 m/s. En promedio, y sin

Tabla I. Velocidades de caminata para la escalera de 27°

Escalera con inclinación de 27°						
Genero	Hombres			Mujeres		
Edad (años)	<29 años	30-50	50 <	<29 años	30 - 50	50 <
Ascenso	0,61	0,59	0,41	0,56	0,54	0,45
Descenso	0,93	0,81	0,60	0,67	0,65	0,56

Fuente: tomado de [Fruin, 1971](#).

Tabla II. Velocidades de caminata determinadas por Fruin para la escalera de 32°

Escalera con inclinación de 32°						
Genero	Hombres			Mujeres		
Edad (años)	<29 años	30 - 50	50 <	<29 años	30 - 50	50 <
Ascenso	0,56	0,51	0,43	0,54	0,48	0,39
Descenso	0,83	0,69	0,57	0,59	0,51	0,47

Fuente: tomado de [Fruin, 1971](#).

realizar ninguna clasificación, la velocidad media de caminata fue de 0,70 m/s ([Patra et al., 2017](#)). En esta misma investigación señalan que, confrontando la velocidad entre hombres y mujeres, los hombres caminan un 30 % más rápido con respecto a la trayectoria en ascenso y un 27 % más rápido con respecto a la trayectoria en descenso. En una estación del metro de Hong Kong determinaron que la velocidad de ascenso y descenso es de 0,8 m/s y de 0,93 m/s en ascenso y descenso, respectivamente, mientras que para una estación del metro de Londres, la velocidad de ascenso determinada fue de 0,58 m/s y en descenso de 0,67 m/s ([Banerjee et al., 2018](#)). Las velocidades a flujo libre en escaleras, en general, oscilan entre 0,45 m/s y 0,9 m/s para una trayectoria en ascenso, y entre 0,57 m/s y 1,08 m/s para una trayectoria en descenso ([Banerjee et al., 2018](#)).

En cuanto a las velocidades en secciones uniformes, como las aceras, la velocidad de caminata establecida por el *Highway Capacity Manual* es de 1,2 m/s ([Transportation Research Board, 2010](#)). Esta velocidad ha sido tomada en varias investigaciones como un referente en el diseño de infraestructuras peatonales.

El objetivo principal de esta investigación es calcular la velocidad media temporal de caminata en dos secciones de un puente peatonal, escalera y plataforma, para dos tipologías de usuario, los cuales están clasificados según su sexo y sentido de circulación. Adicionalmente, se concluirá cuáles

son las diferencias de las velocidades media temporales calculadas entre cada parte del puente peatonal que se seleccionó para realizar el estudio y determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa. Por último, se confrontarán las velocidades determinadas para cada parte del puente peatonal seleccionado con una muestra de velocidades determinadas en una acera peatonal que tiene una pendiente del 0 %, y conocer si hay una diferencia estadísticamente significativa

Al ser la velocidad una variable clave para estudiar el comportamiento y determinar algunos parámetros operacionales de una infraestructura, se espera que con esta investigación exista un referente teórico al momento de intervenir o construir una sección de un puente peatonal. Además, se espera que este estudio incentive a expertos en la materia para seguir profundizando y mejorando la operación en este tipo de infraestructura.

METODOLOGÍA

El puente peatonal seleccionado para el desarrollo de la presente investigación sirve de acceso a la sede de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), el cual es uno de los lugares principales que genera y atrae viajes en la ciudad ([Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación del Transporte, y Secretaría de Tránsito, 2012](#)). [Márquez \(2015\)](#) señala que dicho puente peatonal es el más usado en la ciudad de Tunja. En el estudio realizado en convenio entre la UPTC y la Alcaldía Mayor de la ciudad de Tunja se determinó que el 42 % de los viajes se realizan a pie; el 33,7 %, en TPCU (transporte público colectivo urbano), y el 12 %, en vehículo particular; además, que los principales motivos por los cuales las personas realizan sus desplazamientos es por regreso a casa (45,5 %), trabajo (20,8 %) y estudio (18,8 %). Debido al uso del suelo que hay en el área aferente al puente peatonal, las velocidades determinadas para el sentido de circulación ascenso obedecen a viajes cuyo propósito es de estudio o trabajo, mientras que las velocidades determinadas para el sentido de circulación en descenso obedecen a viajes con motivo regreso a casa, principalmente.

En cuanto a las características físicas del puente estudio, la distancia total de la escalera del costado oriental es de 16,57 m, siendo el ancho de la sección de 1,47 m (22 escalones). Con respecto a la plataforma, se consideró un ancho de 1,70 m y una distancia base para medir el tiempo de 10,83 m, la cual obedece a la mitad de la longitud total de la plataforma. En la figura 1, se presenta el puente peatonal estudio.

Para la toma de información se identificaron a los usuarios de acuerdo con las siguientes características: sexo (hombre o mujer) y el sentido de circulación (ascenso o descenso). Inicialmente, se establecieron unos puntos de referencia y la distancia que hay entre cada punto, se cronometró el tiempo que tardaba cada persona en recorrer la distancia, para luego promediar todos los tiempos y obtener una velocidad media temporal. Para un mejor estimativo de la velocidad de caminata, se realizó el seguimiento a la misma persona en las dos secciones del puente que fueron consideradas; cuando esta seleccionaba, terminaba su trayectoria, inmediatamente se seleccionaba a la siguiente



Figura 1. Puente peatonal estudio

Fuente: elaboración propia.

persona que haría uso de la infraestructura peatonal en la trayectoria que se estaba caracterizando. Este procedimiento se realizó inicialmente para las personas que seguían una trayectoria en ascenso y luego para las personas que descendían. El periodo de la toma de información se hizo entre las 10:35 horas y las 14:35 horas en un día hábil (jueves), de manera que se pudiese caracterizar un flujo bidireccional debido que se relaciona con el periodo pico del medio día en un día típico. Durante el periodo de estudio se contabilizaron 1588 personas, de las cuales, 595 corresponden a mujeres (37,5%) y 531 a hombres (33,4%) que seguían una trayectoria en ascenso. En relación con la trayectoria en descenso, se contabilizaron 265 mujeres (16,7%) y 197 hombres (12,4%). En la tabla III se puede observar el tamaño de la muestra referente a las velocidades calculadas según sexo y sentido de circulación.

Las velocidades determinadas en la plataforma del puente peatonal no se segregaron por sentido de circulación, obteniendo como tamaño muestral 432 y 402 registros de mujeres y hombres, respectivamente.

Tabla III. Tamaño muestral de velocidades en el puente peatonal

Hombre Ascenso	Hombre Descenso	Mujer Ascenso	Mujer Descenso	Total tamaño de la muestra
250	152	268	164	834

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se compararon las velocidades calculadas para cada parte del puente que fue seleccionado para el desarrollo de la investigación con una muestra de velocidades calculadas para una sección transversal peatonal continua (acera peatonal) con una pendiente del 0 %, y, así, establecer si hay una diferencia estadísticamente significativa. Para el cálculo de las velocidades en la acera peatonal, se tomaron los tiempos que una persona duraba en recorrer una distancia predeterminada. En esta infraestructura se contabilizaron 66 tiempos de viaje para el caso de las mujeres, y 57 para hombres.

RESULTADOS

A partir de las longitudes establecidas de la escalera y de la rampa se calcularon las velocidades según la tipología de usuario considerada para cada sección. Para una mejor interpretación de las velocidades de caminata determinadas, se plantearon dos hipótesis: una nula, donde se consideran que las velocidades medias son iguales, y una alterna, en la que las velocidades medias no son iguales.

Escaleras ascenso

En relación con esta parte del puente peatonal estudio-sentido de circulación ascenso, la velocidad media temporal de caminata de las mujeres determinada es de 0,806 m/s con una desviación estándar de 0,156 m/s. La velocidad media temporal calculada para los hombres es de 0,811 m/s, con una desviación estándar de 0,144 m/s. Para este caso, y con un nivel de confianza del 95 %, la hipótesis nula no puede rechazarse.

Escaleras descenso

Con respecto al sentido de circulación descenso, la velocidad media temporal de caminata de las mujeres calculada es de 0,721 m/s, con una desviación estándar de 0,151 m/s. Para los hombres, la velocidad media temporal determinada es de 0,806 m/s con una desviación estándar de 0,161 m/s. Para este escenario, la hipótesis nula se rechaza con un nivel de confianza del 95 %.

Escalera mujeres - ascenso vs. descenso

Si se confronta la velocidad media temporal de caminata de las mujeres que ascienden (0,806 m/s), con la velocidad media temporal de las mujeres que descienden (0,721 m/s), se determina que, para un nivel de confianza del 95 %, puede rechazarse la hipótesis nula.

Escalera hombres - ascenso vs. descenso

Al ser la velocidad media temporal de los hombres que ascienden 0,811 m/s, y de 0,806 m/s, la velocidad media temporal de los hombres que descienden, para un nivel de confianza del 95 %, no puede rechazarse la hipótesis nula.

Velocidad en la plataforma

Para la plataforma del puente estudio, se determinó que la velocidad media temporal de las mujeres es de 1,188 m/s, con una desviación estándar de 0,21 m/s, mientras que, para los hombres, la velocidad media temporal de caminata determinada es de 1,246 m/s con una desviación estándar de 0,21 m/s. Por lo anterior, y para un nivel de confianza del 95 %, se rechaza la hipótesis nula.

Resultados velocidad de caminata en una acera

La velocidad media temporal de caminata en la acera, para el caso de las mujeres, es de 1,267 m/s, con una desviación estándar de 0,226 m/s, mientras que, para los hombres, es de 1,392 m/s, con una desviación estándar de 0,195 m/s. En este caso, y para un nivel de confianza del 95 %, se rechaza la hipótesis nula.

Según [Guío Burgos \(2009\)](#), para caracterizar de mejor manera la variable velocidad, se determina la velocidad media espacial, la cual “se calcula dividiendo la distancia recorrida en el tiempo promedio que tardan las personas en recorrer esa distancia” (p. 36). Por lo anterior, y de acuerdo con los resultados que ya se describieron, se elaboró la tabla **IV** que detalla la velocidad media temporal y media espacial, según el sexo y la sección considerada. Adicionalmente, se presentan los percentiles 15 y 85, los cuales sirven de referencia al momento de intervenir y caracterizar una infraestructura peatonal.

Prueba de diferencia de velocidad media

Se utilizó la prueba de hipótesis mediante el cálculo del estadístico Z calculado de acuerdo con la ecuación (1):

$$Z_{calculado} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_0 + \epsilon}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_0^2}{n_0}\right) + \left(\frac{\sigma_1^2}{n_1}\right)}} \quad (1)$$

Tabla IV. Velocidades de caminata en un puente peatonal

Sección	Sexo	Trayectoria	Velocidad media temporal (m/s)	Desviación estándar
Escalera	Mujer	Ascenso	0,806	0,156
		Descenso	0,721	0,151
	Hombre	Ascenso	0,811	0,144
		Descenso	0,806	0,161
	Mujer		0,774	0,159
	Hombre		0,809	0,150
Plataforma	Mujer	E - O	1,250	0,213
		O - E	1,088	0,182
	Hombre	E - O	1,295	0,206
		O - E	1,165	0,183
	Mujer		1,188	0,217
	Hombre		1,246	0,207
Pendiente de acera 0 %	Mujer	1,267	0,226	
	Hombre	1,392	0,195	

Fuente: elaboración propia.

Donde:

\bar{x}_i : velocidad media espacial en la condición i (para $i = 1$ o 0).

ϵ : error aleatorio.

σ_i : desviación estándar de los datos en la condición i .

n_i : tamaño de la muestra en la condición i .

Las comparaciones se realizaron para un nivel de confianza del 95 %, lo que permite utilizar un valor de $Z_{teórico} = 1,96$, los resultados se muestran en la tabla V.

Se observa, en la tabla V, y a excepción de los escenarios de ascenso-descenso hombre y ascenso hombres-mujeres, que las velocidades medias de caminata presentan una diferencia significativa. Se prevé que ese comportamiento se debe a una variable presente en el comportamiento de las personas en sus desplazamientos; dicha variable es el motivo del viaje. En las figuras 2 y 3 se observa la velocidad media en periodos de 15 minutos a lo largo del periodo de toma de información para escaleras y plataforma.

También en las figuras 2 y 3, se observa que las velocidades varían de acuerdo con la hora, en especial en los horarios de salida de la jornada laboral o estudiantil de la mañana y al ingreso a las

Tabla V. Prueba de diferencia de velocidad de caminata

Entorno		Comparación	Z calculado	Decisión
Escalera	Mujer	Ascenso - Descenso	5,61	Diferencia significativa
	Hombre	Ascenso - Descenso	0,31	Iguales
	Ascenso	Mujer - Hombre	-0,38	Iguales
	Descenso	Mujer - Hombre	-4,83	Diferencia significativa
Plataforma	Mujer	Este a oeste - Oeste a este	8,41	Diferencia significativa
	Hombre	Este a oeste - Oeste a este	6,58	Diferencia significativa
	E - O	Mujer - Hombre	-2,44	Diferencia significativa
	O - E	Mujer - Hombre	-3,75	Diferencia significativa
		Mujer - Hombre	-3,95	Diferencia significativa
Acera	Hombre	Escalera - Plataforma	34,07	Diferencia significativa
	Mujer	Escalera - Plataforma	32,39	Diferencia significativa
	Hombre	Plataforma - Acera	-5,25	Diferencia significativa
	Mujer	Plataforma - Acera	-2,66	Diferencia significativa
		Mujer - Hombre	-3,29	Diferencia significativa

Fuente: elaboración propia.

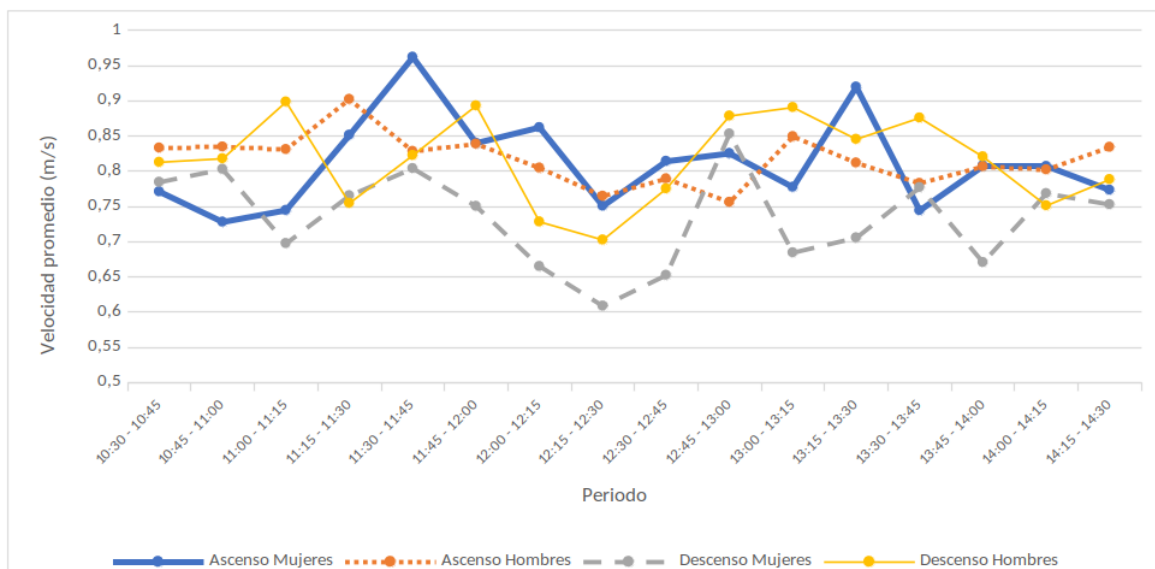


Figura 2. Velocidades medias de caminata en periodos de 15 minutos - Escalera

Fuente: elaboración propia.

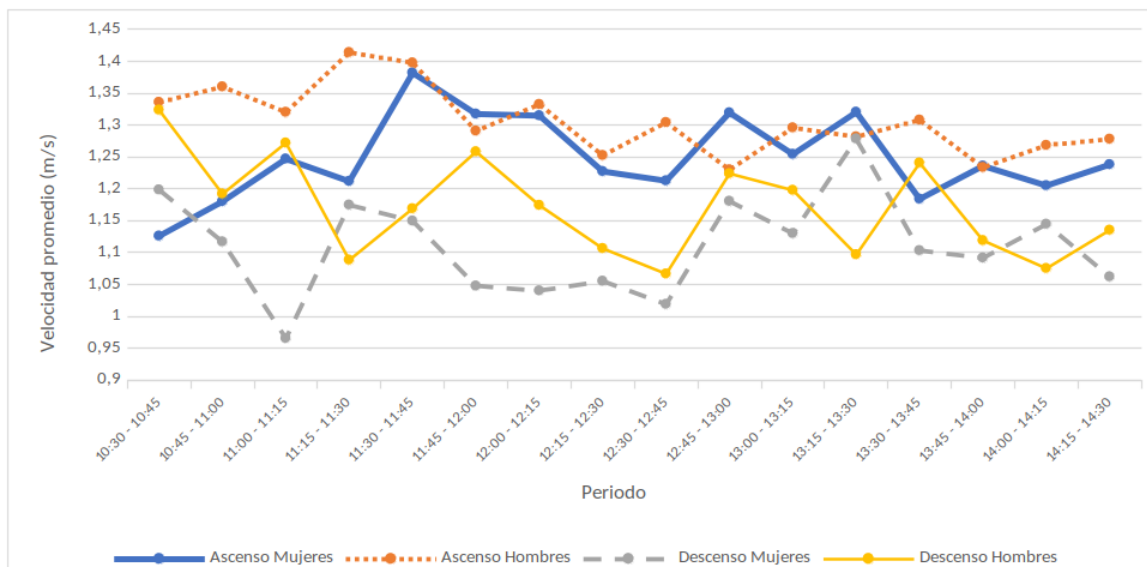


Figura 3. Velocidades medias de caminata en periodos de 15 minutos - Plataforma
Fuente: elaboración propia.

mismas actividades de la tarde. También, se observa que en el periodo comprendido entre las 12:30 horas y las 13:30 horas las velocidades medias disminuyen.

Para el caso estudio, y debido al uso del suelo de la zona aferente al puente peatonal, los principales motivos de viaje, para el caso del sentido de circulación ascenso (escaleras) y oeste-este (plataforma) son estudio y trabajo, mientras que el sentido de circulación descenso (escaleras) y este-oeste (plataforma) se debe a viajes con motivo regreso a casa.

CONCLUSIONES

La variable motivo de viaje se debe considerar al momento de caracterizar las velocidades medias de caminata, en especial cuando se desea conocer la capacidad y el nivel de servicio en que está funcionando una infraestructura peatonal.

Para el caso de las mujeres, la velocidad media temporal en la acera es un 36,39 % más alta en relación con la velocidad determinada en las escaleras-ascenso, un 43,10 % más alta con respecto a la velocidad de la escalera-sentido de circulación descenso, y un 6,2 % más alta que la velocidad media temporal establecida para la sección de la plataforma del puente peatonal.

La velocidad media temporal de los hombres, en la acera, es un 45,86 % más alta en relación con la velocidad determinada en las escaleras-sentido de circulación ascenso, un 46,25 % más alta con respecto a la velocidad de la escalera-sentido de circulación descenso, y un 11,52 % más alta que la velocidad media temporal establecida para la sección de la plataforma del puente peatonal.

En cuanto a la velocidad media temporal en ascenso, y teniendo en cuenta la distribución por sexo, se estableció que no hay una diferencia estadísticamente significativa, mientras que para el sentido de circulación en descenso hubo una diferencia estadísticamente significativa. En el escenario hombres y mujeres, y confrontando la velocidad media temporal en las escaleras sentido de circulación ascenso y descenso, con la velocidad media temporal en la plataforma por género, se encontró una diferencia estadísticamente significativa para los cuatro casos.

Confrontando la velocidad media temporal en la plataforma y en la acera, tanto de mujeres como de hombres, se determinó una diferencia estadísticamente significativa.

REFERENCIAS

- [Banerjee *et al.*, 2018] Banerjee, A., Maurya, A. K. y Lämmel, G. (2018). Pedestrian flow characteristics and level of service on dissimilar facilities: A critical review. *Collective Dynamics*, 3(A17), 1–52. <https://doi.org/10.17815/cd.2018.17> ↑Ver página 99, 100
- [Bañón Blázquez y Beviá García (2000)] Bañón Blázquez, L. y Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras 1. Elementos Proyecto*. <http://ingenieriacivilesia.blogspot.com.es/2012/02/manual-de-carreteras-1-y-2-de-luis.html> ↑Ver página 98
- [Duarte *et al.*, 2018] Duarte, E., Eduardo, L. y Oswaldo, L. C. (2018). Diagnóstico de los efectos generados por el tráfico de largo destino en la malla vial del municipio de Cachipay, Cundinamarca. *Tecnura*, 22(56), 62-75. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.13761> ↑Ver página 98
- [Fruin, 1971] Fruin, J. J. (1971). *Pedestrian planning and design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. ↑Ver página 100
- [Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación del Transporte, y Secretaría de Tránsito, 2012] Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación del Transporte. (2012). *Caracterización de la movilidad*. http://tunja-boyaca.gov.co/apc-aa-files/30306565363361376237353733316534/c_movilidad.pdf ↑Ver página 101
- [Guío Burgos (2009)] Guío Burgos, F. A. (2009). *Elementos del tránsito "El Peatón"*. (1a. ed). Búhos Editores. ↑Ver página 98, 104
- [Guío Burgos y Poveda (2012)] Guío Burgos, F. A. y Poveda, J. C. (2012). Variables microscópicas en la velocidad de caminata. *Ingeniería de Transporte*, 19(2012), 143-154. <http://ingenieriadetransporte.org/index.php/sochitran/article/view/169/128> ↑Ver página 99

- [Hidalgo-Solórzano *et al.*, (2010)] Hidalgo-Solórzano, E., Campuzano-Rincón, J., Rodríguez-Hernández, J. M., Chias-Becerril, L., Reséndiz-López, H., Sánchez-Restrepo, H., Baranda-Sepúlveda, B., Franco-Arias, C. e Híjar, M. (2010). Motivos de uso y no uso de puentes peatonales en la Ciudad de México: la perspectiva de los peatones. *Salud Pública de México*, 52(6), 502-510. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342010000600004> ↑Ver página 99
- [Márquez (2015)] Márquez, L. (2015). Análisis de la percepción de seguridad en puentes peatonales: una aproximación mediante modelación híbrida. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 93-110. <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a6> ↑Ver página 101
- [Meister (2007)] Meister, J. (2007). *Simulation of crowd dynamics with special focus on building evacuations* [Tesis de maestría]. University of Applied Sciences. ↑Ver página 98
- [Ministerio de Transporte, 2015] Ministerio de Transporte. (2015). Manual de señalización vial dispositivos uniformes para la regulación de tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 085201. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201> ↑Ver página 99
- [Patra *et al.*, 2017] Patra, M., Sala, E. y Ravishankar, K. V. R. (2017). Evaluation of pedestrian flow characteristics across different facilities inside a railway station. *Transportation Research Procedia*, 25, 4763-4770. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.488> ↑Ver página 100
- [Quevedo García *et al.*, 2017] Quevedo García, F., Asprilla Lara, Y. y González Pérez, M. G. (2017). Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21(53), 138-140. <https://doi.org/10.14483/22487638.10725> ↑Ver página 98
- [Sanz Alduán (2016)] Sanz Alduán, A. (2016). *Manual de movilidad peatonal. Caminar la ciudad*. Garceta Grupo Editorial. ↑Ver página 98
- [Serafín González, 2019] Serafín González, S. L. (2019). Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad. *Tecnura*, 23(62), 34-44. <https://doi.org/10.14483/22487638.15455> ↑Ver página 98
- [Serrano Romero, 2018] Serrano Romero, R. O. (2018). *Movilidad urbana y espacio público. Reflexiones, métodos y contextos*. Universidad Piloto de Colombia. <https://doi.org/10.2307/j.ctv25dh3p9> ↑Ver página 98
- [Transportation Research Board, 2010] Transportation Research Board. (2010). Interrupted flow. Chapter 23 Off-Street Pedestrian and Bicycle Facilities. En *Highway Capacity Manual* (Vol. 3, pp. 1-35). www.TRB.org ↑Ver página 100

[Villamarín Monroy (2018)] Villamarín Monroy, J. J. (2018). *Variables macroscópicas en puentes peatonales para modelos de capacidad* [Tesis de maestría]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. ↑[Ver página 99](#)

[Waka Kotahi NZ Transport Agency. 2009] Waka Kotahi NZ Transport Agency. (2009). *Pedestrian planning and design guide*. <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-563-7> ↑[Ver página 99](#)

