



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA  
18 al 21 de septiembre de 2018**



# **DINÁMICAS URBANAS – MODELO DE PLANEACIÓN DE VIAJE DE BICIUSUARIOS EN UNA LOCALIDAD DE BOGOTÁ CON ENFOQUE DE RIESGO**

**Sonia Lucila Meneses Velosa, Gabriel González Puin, Leila Nayibe Ramírez**

**Universidad Libre  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

Las estrategias de movilidad urbana sostenible dan preferencia al uso de la bicicleta como medio de movilidad. En el caso de Bogotá, la disponibilidad de 410 kilómetros de ciclorutas exclusivas para bicicletas, el desarrollo de programas como Plan Bici y la operación de la gerencia de la bicicleta entre otras acciones, muestran el liderazgo de la ciudad en fortalecer este medio de transporte. Sin embargo, la información estadística de este modo de transporte se ha centrado en indicadores de uso y estado de los kilómetros de ciclorutas, tiempo de viaje y accidentalidad, a pesar de ser importantes para la ciudad y su administración, no aportan a la toma de decisiones del viaje específico del Biciusuario. Por ello, los planes y políticas públicas sobre movilidad en bicicleta deben incluir elementos específicos de población biciusuaría con respecto a su territorio. Según la encuesta de percepción ciudadana en Bogotá, el uso de la bicicleta como principal medio de transporte paso del 8% en 2016 al 9,1% al 2017, de acuerdo a encuestas realizadas en junio de cada año, esto como respuesta al menor tiempo de viaje en este medio de transporte en comparación a los medios de transporte público. Este proyecto identifica las variables, parámetros y relaciones entre estos que describen el proceso de planeación de viaje, como proceso para impactar índices de accidentalidad, exposición a riesgos del entorno en especial a riesgos sociales como el hurto, lo cual, sumado a las características de biciusuarios con enfoque de territorio describe este proceso de manera sistémica e integrada, sobre el cual se analizará su comportamiento para proponer acciones que apoyen la planeación del viaje y gestión de los riesgos a los que están expuestos. La información primaria de la muestra de la población de biciusuarios, permitió realizar análisis sobre aspectos comunes y geográficos en su proceso de movilidad. Por otro lado, este proyecto aporta a escalar el concepto de smart city que se enfoca

en la ciudad y su relación con el individuo, en este caso el biciusuario y su interés sobre la planeación de su viaje.

**Palabras clave:** movilidad; proceso; planeación

### **Abstract**

*Sustainable urban mobility strategies give preference to the use of bicycles as a means of mobility. In the case of Bogotá, the availability of 410 kilometers of bike-only routes, the development of programs such as Plan Bici and the operation of bicycle management, among other actions, show the city's leadership in strengthening this means of transport. However, the statistical information of this mode of transport has focused on indicators of use and status of kilometers of bike paths, travel time and accidents, despite being important for the city and its administration, do not contribute to the taking of decisions of the specific journey of the bi-user. For this reason, the plans and public policies on bicycle mobility must include specific elements of the biciusuaria population with respect to their territory. According to the citizen perception survey in Bogotá, the use of bicycles as the main means of transport increased from 8% in 2016 to 9.1% in 2017, according to surveys conducted in June of each year, this in response to the shortest time travel in this means of transport compared to public transport. This project identifies the variables, parameters and relationships between them that describe the trip planning process, as a process to impact accident rates, exposure to environmental risks, especially social risks such as theft, which, added to the characteristics of bicyclists with a territory approach describes this process in a systematic and integrated manner, on which their behavior will be analyzed to propose actions that support the planning of the trip and the management of the risks to which they are exposed. The primary information of the sample of the population of biciusuarios, allowed to realize analyzes on common and geographic aspects in its process of mobility. On the other hand, this project helps to scale the concept of smart city that focuses on the city and its relationship with the individual, in this case the bi-user and his interest in planning his trip.*

**Keywords:** mobility; process; planning

## **1. Marco Teórico y Conceptual**

Debido a que el tiempo promedio de viaje en la ciudad de Bogotá es de 52 minutos en promedio, los medios alternativos de transporte como la bicicleta es una alternativa de movilidad rápida. El World Watch Institute, señaló que un viaje de ida y vuelta en bicicleta con un recorrido de 6,5 kilómetros libera al aire respirable un peso 7 kg de contaminantes. Por lo tanto, el uso masivo de la bicicleta es ambientalmente beneficioso.

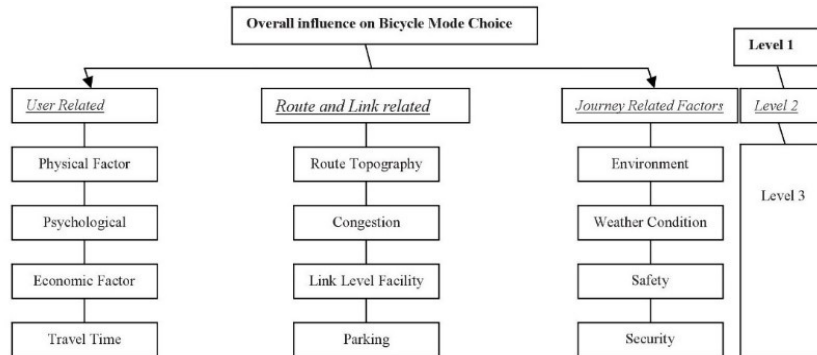
Esta opción de movilidad tiene diferentes barreras a saber: por ejemplo Michael Duncan en su estudio sobre Caminar, andar en bicicleta y paisajes urbanos, del área de la Bahía de San Francisco (Cervero, R., et al, 2003), concluye que hay evidencia sobre la importancia de los paisajes urbanos en la forma de los desplazamientos a pie y en bicicleta. Tomando como base

desplazamientos con pendientes en su recorrido. Según Jennifer Dill, (2013) en su estudio titulado Desplazamientos e instalaciones de bicicletas en las principales ciudades de EE.UU.: si se construyen, los viajeros las usarán. Mostró que las ciudades con niveles altos de infraestructura para bicicletas (bicicarriles exclusivos) obtienen niveles altos de desplazamientos en bicicleta. Este hallazgo se basó en el análisis de datos de 43 grandes ciudades de los Estados Unidos. Lo anterior es ratificado en estudio de Dill y Kim Voroz [3], en estudio de la región de Portlan, Oregón.

Desde el punto de vista de género, las diferencias de género con los factores que influyen en la decisión de usar una bicicleta, dando como resultado una relación de 2:1 en el uso de Bicicleta por hombres en comparación con mujeres (Dill, J, et al, 2007). Con respecto a la comprensión del comportamiento del ciclista y el potencial de uso, los autores Dill y Nathan Mcneil definen cuatro tipologías de ciclistas con respecto a su comodidad frente a este medio de transporte.

Con el fin de identificar los factores que influyen la movilidad de los ciclistas y en la planeación de su viaje, se tomo como referente teórico la investigación titulada "Investigating the Relative Influence of Various Factors in Bicycle Mode Choice" de Bandhan Bandu Majumbar y Sudesha Mitra, que propone una estructura Jerárquica de los factores que afectan a los ciclistas según la siguiente gráfica:

Gráfica No. 1 Estructura jerárquica de factores que influncian el modo de movilidad en Bicicleta



Fuente: Investigating the Relative Influence of Various Factors in Bicycle Mode Choice ,Bandhan Bandu Majumbar y Sudesha Mitra, India, 2013.

Por último, las investigaciones determinan que los ciclistas, definen los factores que influyen en la decisión de andar en bicicleta como medio principal de movilidad (Sener, I.N., et al, 2009).

## 2. Metodología Aplicada

El proyecto inicialmente recolectará y analizará información primaria para realzar un análisis descriptivo de la población biciusuaría y sus características en el proceso de movilidad. Por la naturaleza de los datos, y en función del análisis, en la primera parte de los resultados se muestra el análisis descriptivo (Sener, I.N., et al, 2009). inicial basado en gráficos conjuntos y tablas de contingencia, sobre las cuales se destacan algunas relaciones entre variables a través de las

pruebas de independencia Chi-cuadrado. Y en la segunda parte del análisis de datos se plantean varios análisis de correspondencias múltiples, a fin de definir relaciones entre las variables que caracterizan el comportamiento del biciusuario. En la segunda etapa del proyecto, se recolectó y analizó información secundaria, con el fin de identificar variables comunes con la información primaria. De este proceso se priorizan las variables más significativas en el proceso de movilidad desde la perspectiva del riesgo.

Por último, se integran las variables en un modelo de Planeación de viaje con enfoque de riesgo, donde se ponderan los riesgos sobre la ruta de viaje.

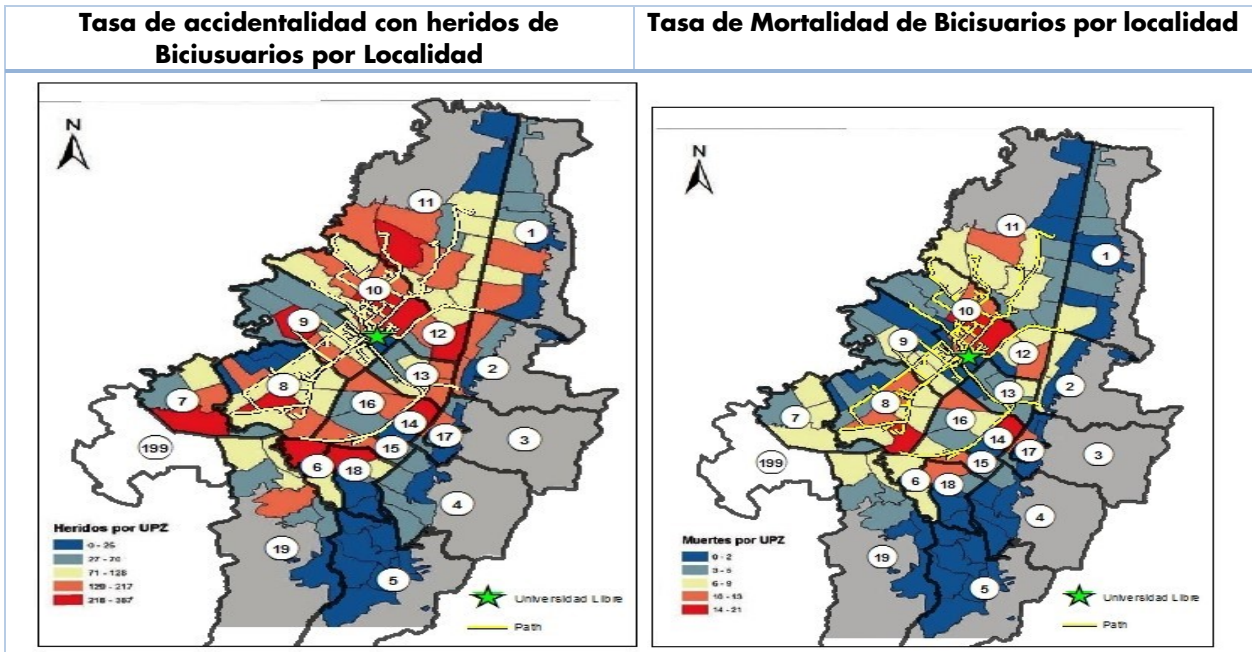
### **3. Resultados Obtenidos**

#### **3.1 Distribución de los riesgos sociales por localidad**

El 56,3% de los usuarios afirmaron haber sido víctimas de hurto, con 43 casos de usuarios provenientes de la localidad de Engativá. Con respecto a daños en su Bicicleta hecho por terceras personas se tiene que el 70,6% de usuarios no reportan daños, casi el 70% no reportan lesiones al biciusuario y sólo el 28,8% manifiestan la presencia de personas intimidantes en la vía, tales como: habitantes de calle, vendedores ambulantes. Las localidades más significativas por riesgos sociales de hurto, daños a terceros y propiedad, lesiones personales, y daños a personas son en primer lugar la localidad de Engativá, seguida de Suba, Fontibón y Kennedy. Este hecho ocurre tanto en la zona norte localidad de Suba (10), como en la zona sur Soacha (199), Kennedy (8), Fontibón (9), es decir que no existe una concentración definida de este fenómeno.

Estos riesgos se materializan en la tasa de accidentalidad y de mortalidad reportada por la secretaria de movilidad de Bogotá en las localidades de origen de los biciusuarios entrevistados. Para efectos de visibilizar la capa de accidentalidad por localidades y las localidades de origen de los encuestados, se digitalizó en un mapa de manera numérica los lugares de origen de los biciusuarios encuestados, identificando por zonas de color diferente la tasa de accidentalidad o mortalidad en la localidad.

**Gráfica No. 2: Referenciación de la accidentalidad y Mortalidad por Localidad**

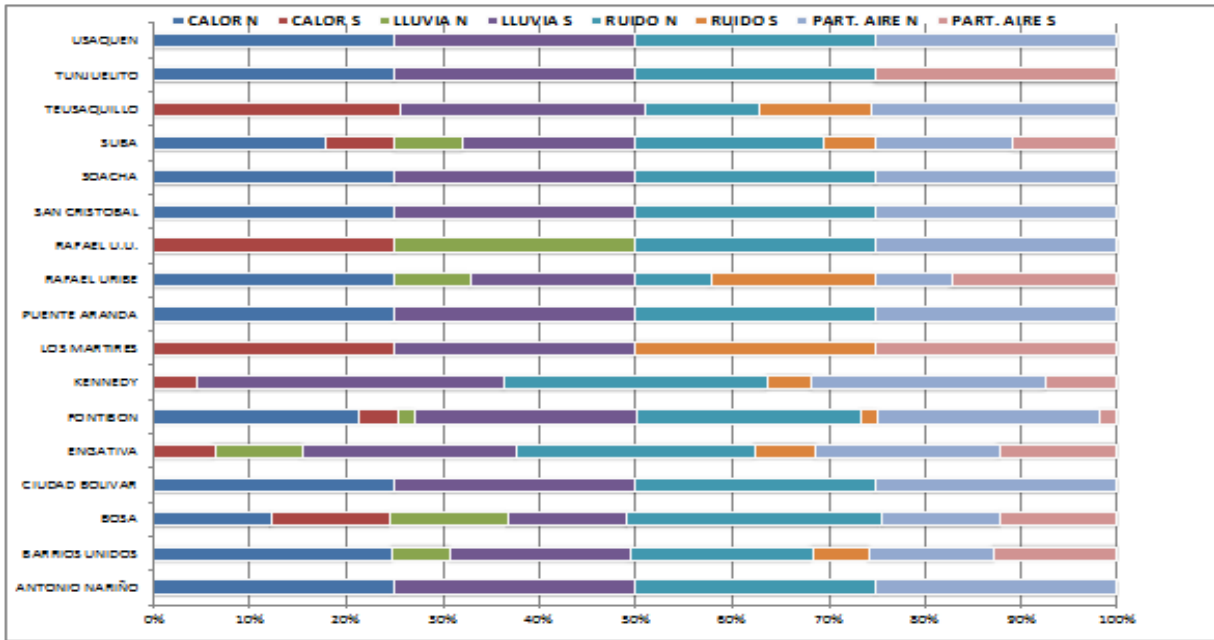


Fuente: Datos de secretario de movilidad, informe de accidentalidad 2016, mapas realizados por Geografo Gabriel Sanchez Puin 2017.

### **3.2 Efectos de los Riesgos del entorno de origen antropico en la movilidad por localidad**

Se analizan los efectos de los fenómenos naturales de lluvia, sol, y de origen humano como el ruido ambiental y la contaminación del material particulado respirable. Los biciusuarios reportan que a diario se exponen a riesgo de accidentes cuando hay la lluvia con un 81,3%. No se encontraron asociaciones estadísticas entre estos **riesgos y la localidad**. Por el contrario el impacto de calor, el ruido y el material particulado son en su mayoría no considerados como riesgos mayores, como lo muestra la gráfica No.3.

Gráfica No. 3. Percepción de riesgos del entorno por localidad de origen del viaje.



Fuente: Construcción propia, Semillro G-risk, Universidda Libre, 2017.

### 3.3 Percepción de riesgos tecnológicos

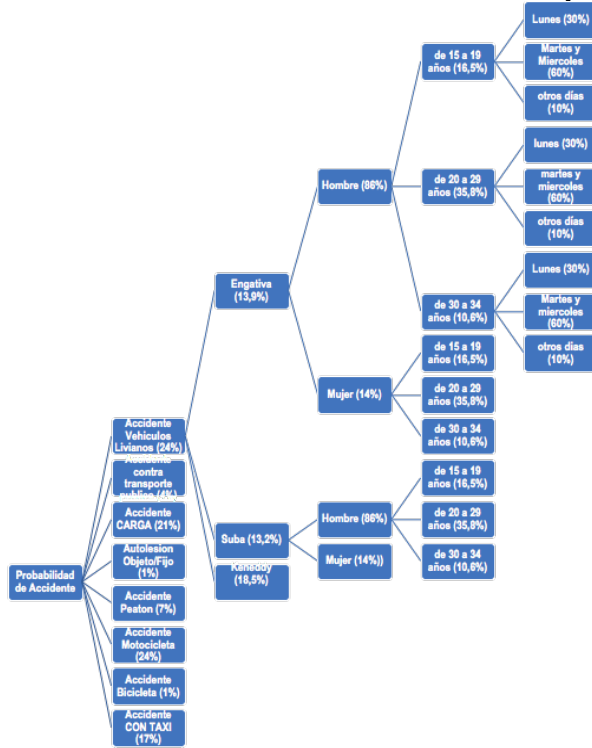
El 50% de los usuarios encuestados indican haber sufrido daños mecánicos, como: pinchazo, falla de frenos, cadena rota. El 59,4% de los usuarios consideran la infraestructura de las ciclorutas adecuadas. El 28,8% de los biciusuarios expresan la existencia de cruces de alto riesgo. Y un 35% afirman que hay mala señalización.

### 3.4 Sobre la planeacion del viaje y el nivel de riesgos

Con base en la identificación de estas variables, existen dos fenómenos que define el nivel de riesgos en el proceso de movilidad: probabilidad de accidentalidad en la ruta del viaje es una de ellas y la deficiencia son factores de riesgo como el entorno, la infraestructura de la cicloruta y las condiciones propias del biciusuario.

**Nivel de riesgo de accidentalidad:** Con base en datos históricos de la Secretaria de Movilidad, junto con el análisis de datos de la información primaria y secundaria se define que se asi se calcularia la probabilidad de accidentes, con base en la localidad de recorrido se resume en el siguiente ÁRBOL DE SUCESOS:

Gráfica No. 4: Árbol de Sucesos - Probabilidad de accidente en bicicleta por localidad.



Fuente: Construcción propia, 2018.

**Probabilidad de ocurrencia de un riesgo en el viaje:** Desde el punto de vista técnico la probabilidad de ocurrencia de un riesgo depende de dos factores: Nivel de exposición y el nivel de deficiencia. Este último, es el nivel carencia de control de los factores de riesgo, por ejemplo el hurto, la exposición a infraestructura en mal estado y condiciones del biciusuario, así:

$$NP = ND \times NE$$

Donde

NP: es el nivel de probabilidad.

NE: es el nivel de exposición definido en la Inscripción del Biciusuarios

ND: es el nivel de deficiencia (ND) que es la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo (variables asociadas al Biciusuario, Infraestructura y entorno) considerados y su relación causal directa con el posible accidente (árbol del Sucesos).

Los valores finales (después del cálculo con el árbol de sucesos, que requiere la consulta de los mapas de calor sobre el nivel de los factores de riesgo como: de hurto, material particulado, estado de las ciclorutas) de la deficiencia son:



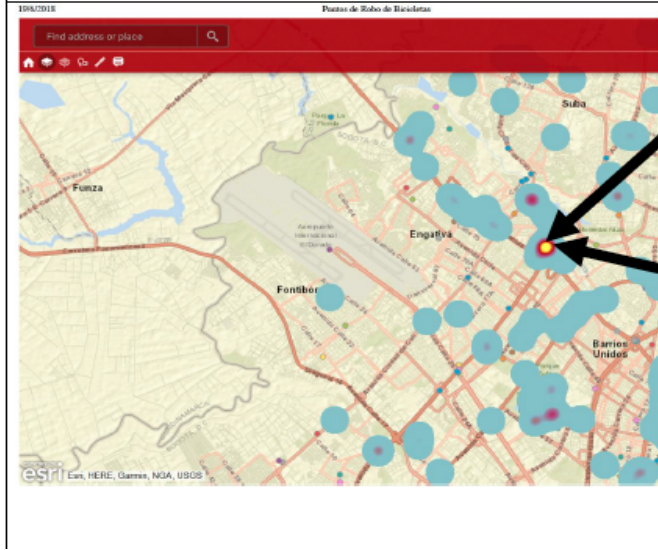
**Gráfica No. 6: Ejemplo uso de capas de mapas para probabilidad de Hurto.**

El calculo del valor de probabilidad se calcula de la siguiente forma

1. Ubicar sobre la ruta calculada, la capa del mapa de calor para definir el nivel de deficiencia.
2. Dependiendo del color del mapa de calor se define el nivel de deficiencia de conformidad a la siguiente tabla:

Color del Mapa	Nivel de Deficiencia
Rojo a vinotinto	MD 10
Naranja	D 6
Amarillo	M 2
Verde	A 0

**3. Se debe calcular el valor para cada mapa así:**



**Probabilidad del riesgo del Hurto:**

1. Ruta Planeado de viaje:
  - a) Tome carrera 50 y rotonda de la calle 63 al occidente
  - b) Siga por toda la calle 63 hasta avenida Rojas
  - c) Tome la avenida Rojas a la izquierda
  - d) A 300 metros entrada Universidad Libre
2. Calculo de probabilidad de hurto:

$$NP = ND \times NE$$

Nivel de exposición definido por el usuario:  
 EF (Frecuente) = 3  
 Nivel de deficiencia:  
 ND = (Mejorable: **amarillo en el mapa**) = 2

3. Probabilidad del Riesgo de Hurto:  $ND \times NE = 3 \times 2 = 6$ .

**4. INTERPRETACIÓN: M-6**

Situación deficiente con exposición esporádica. No se espera que se materialice el riesgo de hurto de bicicletas, aunque puede ser concebible. **Monitoree su ruta, viaje acompañado, evite rutas solitarias.**

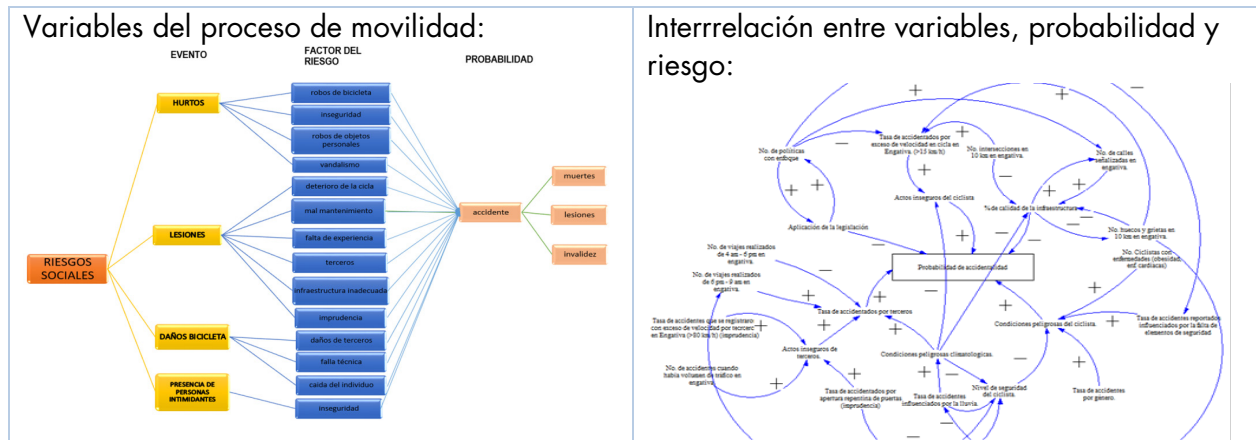
La dinámica de cambio de los riesgos en los diferentes aspectos del viaje se evalúan con base en la fórmula: Nivel de riesgo  $NR = NP \times NC$

Donde

NP: es el nivel de probabilidad obtenido

NC: es el nivel de consecuencias con base en las tablas de la ISO 31000 Gestión del riesgo.

Pero el nivel del riesgo varía dependiendo de la influencia de unas variable con otras así:





		HR - NP x HC			
		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-500	II 480-360	II 240 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	I 200 100	II 80-60	II 40 20

La interpretación es:

Nivel de intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.



Fuente: construcción por parte de autores, 2018

#### 4. Conclusiones

El nivel de riesgo del proceso de movilidad en bicicleta está influenciado por dos aspectos básicos: la probabilidad de accidente y la deficiencia en el control de los factores de riesgo.

Los principales factores de riesgo del proceso de movilidad son el riesgo de hurto, el riesgo de accidentes, y el riesgo de fallas o daños por uso de infraestructura en malas condiciones.

Es posible integrar los datos de capas de mapas de riesgos (como en el caso de hurto y estado de la infraestructura) para calcular el nivel del riesgo.

Dentro de los riesgos del entorno, el clima es significativo a la hora de realizar un viaje con lluvia.

En cuanto a la calidad del aire respirable, no se considera un riesgo por los biciusuarios.

Se puede ponderar el nivel de riesgo del proceso de planeación usando métodos como los presentados en la ISO 31000, como aporte a la planeación de Viaje.

#### 5. Referencias Bibliográficas

- Cervero, R., Duncan, M., 2003. Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area. *Am. J. Public Health* 93 (9), 1478–1483.
- Dill, J., Carr, T., 2003. Bicycle commuting and facilities in major U.S. cities, if you build them, commuters will use them. *Transport. Res. Rec.* 116–123.
- Dill, J., Voros, K., 2007. Factors affecting bicycling demand: initial survey findings from the Portland, Oregon, region. *Transport. Res. Rec.* 9–17.
- Emond, C.R., Tang, W., et al., 2009. Explaining gender difference in bicycling behavior. *Transport. Res. Rec.* 2125, 16–25.
- Dill, J., McNeil, N., 2013. Four types of cyclists? examination of typology for better understanding of bicycling behavior and potential. *Transport. Res. Rec.* 2387, 129–138.

- Winters, M., Davidson, G., et al., 2010. Motivators and deterrents of bicycling: comparing influences on decisions to ride. *Transportation* 1–16.
- Sener, I.N., Eluru, N., et al., 2009. Who are bicyclists? why and how much are they bicycling? *Transport. Res. Rec.* 2134, 63–72.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)