



Facultad de Ingeniería

## INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de Grado – Primer Semestre 2019

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

# [183005]Dinámica de pasajeros en el abordaje a los articulados del sistema BRT de Bogotá a través de obstáculos y aprendizaje por reglas

Juliana Galindo Bonelo<sup>a,c</sup>, Diego Méndez Gómez<sup>a,c</sup>, María Victoria Polanco Betancourt<sup>a,c</sup>,

Manuel Medina<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

### Abstract

The overcrowding in bus boarding propitiates delays in service waiting times due to the increased boarding times. Boarding times at Transmilenio stations increase as a consequence of the demographic growth that Bogota faces day by day. The average boarding time on platform one of station Portal Suba is 79s. Transmilenio's users have a negative perception of the system even though it is a world reference in mobility. This paper presents a passengers' dynamic that focuses on reducing boarding times in Transmilenios's buses through obstacles and learning by rules. The dynamic sought to influence order in boarding platforms, access to people with disabilities, space usage, and user's perception. The dynamic was validated through (a) a mixed research phase where behavior variables of Transmilenio's users were identified through a concurrent nested design dominant model (in Spanish DIAC) that followed a message design for learning by rules application, (b) an agent-based simulation in order to select the type of obstacle with the greatest effect onboarding times, (c) a full factorial experimental design to determine the effect of learning by rules, the selected type of obstacle and their interaction in bus boarding times at Portal Suba's platform one and (d) one last phase that measured the impact of the experimental model on users perception. It was evidenced that the passengers' dynamics based on the delivery of a descriptive message along with the obstacle "Line formation" reduced boarding times by 24.58 %.

### Resumen

El hacinamiento en el abordaje a buses propicia la demora en los tiempos de espera al bus debido a que los tiempos de abordaje aumentan. El tiempo de abordaje en las estaciones de Transmilenio aumenta como consecuencia del crecimiento demográfico que enfrenta día a día Bogotá. El tiempo de abordaje promedio en la plataforma uno del Portal Suba es de 79 s. Los usuarios de Transmilenio manifiestan una percepción negativa del sistema a pesar de ser este un referente mundial en movilidad. El presente trabajo propone una dinámica de pasajeros que reduzca el tiempo de abordaje en los articulados de Transmilenio, por medio de obstáculos y aprendizaje por reglas. La dinámica buscó influir en el orden en las plataformas de abordaje, el acceso a personas con discapacidad, el aprovechamiento del espacio y en la percepción de los usuarios. La dinámica se validó a través de (a) una fase de investigación mixta, en la cual se identificaron las variables de comportamiento de los usuarios en el abordaje de articulados a través de un diseño anidado concurrente de modelo dominante (DIAC) con el fin de establecer el mensaje apropiado para la aplicación del aprendizaje por reglas, (b) una simulación basada en agentes para seleccionar el obstáculo con el mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje de los articulados, (c) un modelo experimental factorial general completo para determinar el efecto del

aprendizaje por reglas, el uso del obstáculo seleccionado y su interacción, en el tiempo de abordaje de los articulados de la plataforma uno del Portal Suba y (d) una última fase que midió el impacto del modelo experimental en la percepción de los usuarios. Se evidenció que la dinámica de pasajeros basada en la entrega de un mensaje de forma descriptiva junto con el obstáculo fila redujo el tiempo de abordaje en un 24.58 %.

*Palabras claves: tiempo de abordaje, hacinamiento, articulados, dinámica de pasajeros, modelo de simulación, diseño factorial general, aprendizaje por reglas.*

## 1. Justificación y planteamiento del problema

El sistema BRT (por sus siglas en inglés Bus Rapid Transit) de Bogotá es Transmilenio. Transmilenio representa un medio facilitador en la vida diaria de las personas. Transmilenio empezó actividades en el año 2000 como respuesta al crecimiento demográfico de los años noventa (DANE, 2005; Transmilenio, 2018). La población en Bogotá ha aumentado desde los años 90's al 2000 en un 35 % (DANE, 2005), requiriéndose un transporte masivo que satisfaga dicha demanda. La demanda de pasajeros en el BRT para 2017 fue de 701.5 millones de viajes al año, con una tasa promedio de crecimiento anual del 11.13 % (Transmilenio, 2017). De acuerdo con el pronóstico realizado se estimó una demanda de 709.3 millones de viajes para el 2018 y 741 millones de viajes para el 2019, con un error absoluto medio de 27.82,  $R^2=0.94$  y un tracking signal de  $-0.08$  (Ver figura I). Transmilenio es incapaz de satisfacer la demanda de los usuarios debido a la discontinuidad en la ejecución del plan de desarrollo diseñado (Transmilenio, 2017). Se identificó que a medida que pasa el tiempo el problema será mayor debido al exceso de pasajeros y se hizo evidente la importancia de poner en funcionamiento una propuesta a corto plazo para el manejo y control de los pasajeros.

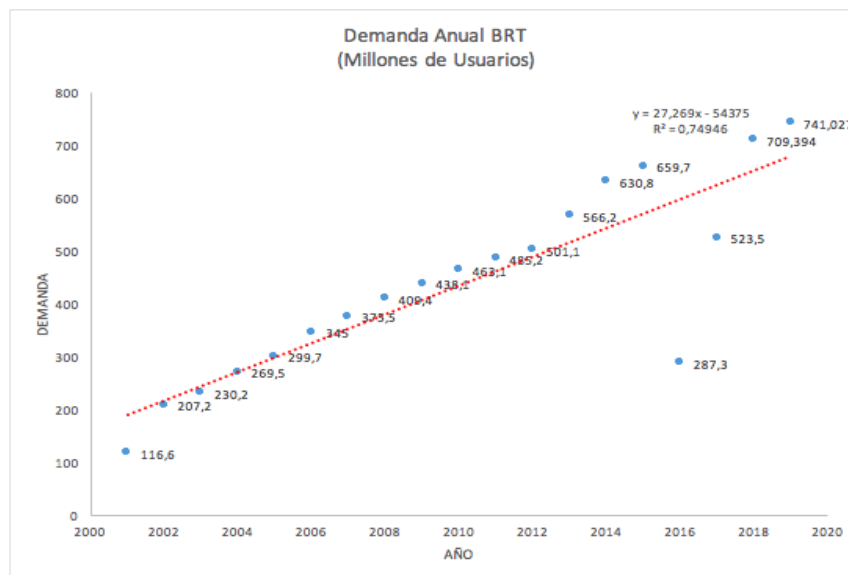


Figura I. Demanda anual BRT (millones de usuarios). Autoría propia.

El exceso de pasajeros causa que Transmilenio enfrente problemas de calidad de servicio y de percepción de marca a pesar de ser un sistema BRT de referencia mundial. Transmilenio, ha contribuido con la reducción de la contaminación, accidentabilidad y tiempos de traslado de los usuarios (25 k/h). Sin embargo, de acuerdo con Rincón et al. (2016) los usuarios desean un sistema más rápido (88 %), más cómodo (51 %), reducción de la delincuencia (37 %), orden (27 %), beneficios ambientales (25 %) y mejora de la ética urbana (23 %). Este estudio coincide con los resultados de la Cámara de Comercio de Bogotá (2016) donde el 66 % de las personas afirman que el principal problema es el exceso de pasajeros. En materia de seguridad el 65 % manifiesta que ha empeorado y el 95 % de las personas han sido víctimas de robos. Percepciones causadas principalmente por una densidad alta de personas en estaciones, plataformas y articulados, es definido como hacinamiento (Tirachini et al., 2013).

En los usuarios, el hacinamiento produce ansiedad (Cheng, 2010) tensión, rabia, desespero (Lundberg, 1976; Mohd Mahudin et al., 2011), intolerancia, atrasos, demora en el flujo de los buses, deterioro de la cultura ciudadana e incumplimiento a las normas (Tirachini et al., 2013). La demanda de pasajeros es variable y tiene picos entre las 6:30-8:30 AM y 4:30-7:30 PM. El concepto de hora pico se usa para expresar la variación de la demanda en estos horarios (TRB, 2003). Esta variación se atribuye a que los usuarios planean sus viajes para llegar a su destino sobre el tiempo. En estos horarios se presenta hacinamiento en las plataformas de abordaje y los articulados son abordados a su máxima capacidad. El diseño de las estaciones no fue proyectado para poder manejar la cantidad de demanda presente en hora pico.

Reducir el hacinamiento requiere inversión en infraestructura. Invertir en infraestructura requiere alto presupuesto, largo plazo y cumplimiento por parte de los implicados en el proyecto. Según CONPES (2000), para el año 2016 se debía tener 388 kilómetros de vías exclusivas. En el 2018 existieron solo 112.9 kilómetros construidos, lo que represento un atraso de 12 años. Evidencia de la discontinuidad de la ejecución del plan de desarrollo diseñado (Transmilenio, 2018). Basándose en lo anterior, es pertinente preguntarse: ¿es una inversión en infraestructura la única forma de mejorar la calidad del servicio? La respuesta está en el tiempo de abordaje. El tiempo de abordaje influye en el tiempo promedio de servicio por pasajero, en los tiempos totales de viaje, la velocidad y capacidad del sistema y en la percepción de los usuarios (TRB, 2003).

Tiempo de abordaje se define como el tiempo que pasa un bus en una plataforma o parada atendiendo los movimientos de pasajeros, incluyendo el tiempo de apertura y cierre de puertas (TRB,2003). El hacinamiento en el abordaje a buses propicia la demora en los tiempos de espera al bus debido a que los tiempos de abordaje aumentan (Tirachini et al., 2013). De acuerdo con Wardman y Whelan (2011), la máxima cantidad de personas por metro cuadrado en un sistema de transporte público debe de ser cinco. Para el caso de Transmilenio, el promedio de número de pasajeros por metro cuadrado fue de ocho para el 2018, provocando un hacinamiento del 37,5 % y un tiempo de abordaje promedio de 79 segundos. Según Fernández et al. (2015) el tiempo de abordaje se incrementa linealmente con la densidad de pasajeros (pax/m<sup>2</sup>). Según Butler et al. (2013), con un tiempo de abordaje superior a 60 segundos, la capacidad del sistema está por debajo del 50%.

El tiempo de abordaje influye en la capacidad de pasajeros, capacidad de vehículos, velocidad de tránsito, tiempo total de viaje, tiempos de servicio y por ende en la percepción de los usuarios acerca de la calidad del servicio. Todos estos factores se encuentran relacionados. Un menor tiempo de abordaje representa un tiempo de servicio menor por pasajero, a su vez esto significaría un mayor flujo de vehículos en las plataformas y la posibilidad de transportar más pasajeros. El impacto en los tiempos totales de viaje y en la intervención en el abordaje a los articulados ocasionaría mejoras en el orden, en el acceso a personas discapacitadas y en el aprovechamiento del espacio disponible en las plataformas. Del mismo modo, disminuirían los movimientos peligrosos al abordar y la fricción entre pasajeros. Se evidenció la necesidad de crear una estrategia que permita disminuir el tiempo de abordaje y mejorar la calidad del servicio de Transmilenio. El tiempo de abordaje y la calidad del servicio se ven afectados por el incumplimiento de las normas. El artículo 146 del código nacional de policía y convivencia, señala el marco normativo del usuario del sistema Transmilenio. La evasión de estas normas genera desorden en las estaciones lo cual no permite acceder a un servicio de alta calidad. Existe inconformidad por parte de los usuarios que cumplen con la normatividad debido a los usuarios que no hacen uso adecuado del sistema, por lo que el 31 % de los usuarios indican que han incumplido alguna norma por inconformidad con el sistema de transporte (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

El problema anterior, se presenta en los paraderos de troncales principales de Transmilenio. El sistema Transmilenio cuenta con 9 portales, 138 estaciones, 7.157 paraderos zonales. Los tiempos promedios de viaje en Transmilenio han presentado un incremento del 12.62 % en los últimos tres años (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016), generando manifestaciones de los usuarios (Transmilenio, 2017). La administración de Transmilenio en el 2016 certificó que se presentaron 146 manifestaciones ciudadanas. Según Bocarejo (2015), la oferta de calidad del Transmilenio es muy limitada debido a que el sistema está funcionando por encima de su capacidad. Para 2018,

Transmilenio transporta hasta 43.000 pasajeros por hora por sentido (Hidalgo et al., 2013), sobrepasando el límite de capacidad en 8.000 pasajeros por hora por sentido, especialmente en la hora pico mañana y tarde.

El Portal Suba es uno de los portales con mayores índices de hacinamiento en hora pico con 78.825 entradas al día (Transmilenio, 2016). El 56.5 % de los usuarios hacen uso de articulados presentes en la plataforma uno del Portal Suba. En el 2018, Transmilenio presentó un tiempo de abordaje promedio de 79 segundos en los articulados del Portal Suba, lo que se traduce en una capacidad limitada (50 %). Con base a los datos mencionados, el proyecto se abordó en la plataforma uno del Portal Suba. En suma, se puede decir que Transmilenio carece de planeación y estrategias que permitan el funcionamiento adecuado del sistema. Aunque han existido iniciativas para fortalecer el sistema a lo largo de los últimos años, es necesario generar y plantear alternativas que permitan mejorar la calidad del servicio, y de esta manera tener un impacto positivo en la percepción de los usuarios del sistema. Minimizar el tiempo de abordaje impacta de manera positiva estos aspectos.

Al generar una dinámica con un impacto positivo en el tiempo de abordaje dentro del Portal Suba, se debe poder ajustar a los diferentes escenarios de los portales de Transmilenio y de esta manera generar un impacto para el futuro de mayor alcance en el sistema BRT de Bogotá. Por tanto, el presente trabajo de grado buscó responder a la pregunta: ¿Es posible diseñar una dinámica para disminuir el tiempo de abordaje en los articulados de la plataforma uno del Portal Suba que genere un impacto positivo en la percepción de los usuarios?

## 2. Antecedentes

El hacinamiento es la queja más común en las encuestas rápidas de pasajeros de BRT en ciudades de América Latina. En el caso del Metrobús de la Ciudad de México el 87 % de las personas consideran el hacinamiento como el principal problema y el 42 % considera el tiempo de espera para los autobuses excesivos (Murata et al., 2017). En el caso de Transmilenio de Bogotá, las encuestas de pasajeros llevadas a cabo por la Cámara de Comercio de Bogotá muestran “demasiados pasajeros” como la principal queja sobre el sistema BRT (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016). Los viajeros pueden reaccionar al hacinamiento mediante la adaptación de los hábitos de transporte (Pels *et al.*, 2005). La literatura ha demostrado que los pasajeros perciben el hacinamiento como equivalente a tiempo extra en su viaje y en algunos casos están dispuestos a cambiar su comportamiento para evitar el hacinamiento. El hacinamiento en el transporte público de las principales ciudades se ha convertido en un problema mundial (Gakenheimer, 1998). Tres perspectivas claves han sido abordadas para disminuir el hacinamiento, (a) tiempo de abordaje, (b) elementos espaciales y (c) comportamiento social.

El modelo de *tiempo de abordaje* fue elaborado por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) (TRB, 2003) y el Manual de Capacidad de Tránsito y Nivel de Servicio (TRB, 2003), ( $t_d = t_{oc} + t_a P_a + t_b P_b$ ), donde  $t_d$  es el tiempo desde que las ruedas se detienen hasta que comienzan a moverse nuevamente,  $t_{oc}$  el tiempo de abrir y cerrar puertas y  $t_b$  y  $t_a$  el tiempo promedio que toma cada pasajero en abordar y desembarcar el bus, respectivamente, y las variables  $P_b$  y  $P_a$ , la cantidad de pasajeros abordando y desembarcando. Wiggendaad (2001) estudió otros factores como la distribución de pasajeros en la plataforma, el tipo de estación, anchura de las puertas, características del vehículo y período del día. Según Jaiswal et al., (2010) el tiempo de subida por pasajero puede depender del nivel de hacinamiento en el área de espera de una parada de buses. Tirachini et al., (2013) identificó que la existencia de dos pasos en la puerta de entrada hace que el proceso de embarque sea más lento, porque los pasajeros mayores tardan más en subir y bajar que los pasajeros más jóvenes. Schelenz et al., (2014) propusieron una simulación basada en agentes para evaluar el tiempo de abordaje y las preferencias de los pasajeros para diferentes diseños de distribución de autobuses, los resultados indican que el número de puertas puede afectar el tiempo de abordaje del pasajero.

Con respecto a los *elementos espaciales* u obstáculos, se ha estudiado el uso de obstáculos como dispositivos de canalización. Helbing et al., (2005) encontraron que una columna opuesta a la puerta de salida de un corredor puede estabilizar el flujo y hacerlo más fluido hasta en un 50 %. Frank y Dorso (2011) encontraron que un obstáculo (por

ejemplo, pilar o panel plano) colocado a  $L$  de una puerta de salida de ancho  $L$  en un pasillo puede alcanzar la velocidad de evacuación más alta. Marroquín et al., (2012) identificaron que en un reloj de arena un obstáculo aumentaba el flujo en 16 %. También descubrieron que el flujo alcanza su valor máximo cuando se cambia la distancia al obstáculo en lugar de su diámetro. Shiwatoki (2013), encontró que se puede lograr una disminución en el tiempo de evacuación en más del 160 % con un ajuste arquitectónico en la entrada, formando una figura en cono. Yanagisawa et al., (2018) identificaron que cuando aumenta el número de líneas peatonales que se forman en un sistema de evacuación o de abordaje, el flujo de pasajeros (pasajeros/m\*s), a través de la puerta, disminuye. Zhibin et al., (2018) comprobaron que una estrategia de control de flujo restringe el número de pasajeros listos para abordar y estabiliza el flujo en la puerta de entrada. Feliciani et al., (2018) afirmaron que los obstáculos con base en la señalización ayudan a mejorar la eficiencia de la evacuación.

Para evitar el hacinamiento y reducir el tiempo de abordaje, las investigaciones realizadas han demostrado que el suministro de información de hacinamiento puede influir en el *comportamiento social* de los pasajeros. En Corea, estudios cualitativos mostraron que el hacinamiento informado influye en las decisiones de los pasajeros sobre si debe o no esperar un servicio más tarde (Kim et al., 2013). En Bogotá, las encuestas muestran la carencia de cultura ciudadana que se tiene en la ciudad. La existencia de tableros electrónicos con información en tiempo real de la llegada de los articulados, influye en la decisión de algunos usuarios frente a la espera del servicio. En otros, el tiempo no incide en su decisión, pues les es indiferente entrar en medio de empujones y gritos a entrar de manera pasiva cumpliendo las normas de seguridad en el abordaje de los articulados (Transmilenio, 2017). En Bogotá, el manual del usuario de Transmilenio indica que hay que ubicarse siempre detrás de la línea amarilla, tanto en las estaciones y portales, como en el interior del bus y mantener la fila detrás de ella para evitar accidentes por motivos de hacinamiento (Transmilenio, 2017), normas que en hora pico no son cumplidas.

En el 2016, Transmilenio identificó comportamientos que influyen en el tiempo de abordaje. Se observó que las personas se ubican en las puertas para esperar el bus de destino (Transmilenio, 2016). Algunos deciden subir y otros no. Estos últimos, quedan en la puerta obstaculizando el ingreso y salida de pasajeros, lo que contribuye a demoras en el abordaje y como consecuencia represamiento de buses y retraso en las frecuencias de paso de los articulados. Bajo esto, en mayo del 2016 se efectuó un convenio entre Transmilenio S. A. y el Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud- IDIPRON. El convenio obliga a que durante el periodo determinado como "hora pico", se ubique el personal en las puertas de acceso a los vehículos articulados y de manera permanente ejerzan control sobre la entrada y salida de los usuarios, restringiendo o permitiendo su ingreso de acuerdo con la capacidad del vehículo. Frente al cumplimiento de este convenio, se observó ausencia total de personal del IDIPRON. En algunas estaciones se encontraban guías del IDIPRON, entregando volantes y dando información a los usuarios, pero en ninguna, se encontraban ubicados en las puertas de acceso a los vehículos articulados ejerciendo control, como lo ordenó el convenio (Personería de Bogotá, 2017).

En el 2018, se firmó un nuevo convenio con el IDIPRON, buscando solucionar esta problemática e impactar positivamente en el tiempo de abordaje, encargándose de guiar a los usuarios en el sistema con el fin de optimizar el servicio de transporte. El problema radica en la falta de cultura de los ciudadanos y en el bajo nivel de compromiso de los guías del IDIPRON. Los ciudadanos cumplen en un 75 % las normas con los mediadores interviniendo y un 10 % cuando no intervienen (Transmilenio, 2018). Los guías se continuaron presentando de manera intermitente. El problema se mantuvo vigente.

Hacer que la cultura ciudadana retorne a Transmilenio es uno de los problemas más grandes que enfrenta la dirección. El aprendizaje por reglas es la buena opción. Las reglas que se observan en el ambiente urbano no siempre se expresan de manera precisa. Se han propuesto diferentes formas de categorizar las reglas que aprenden las personas. Una manera es diferenciarlas a partir de cómo se manifiestan y se aprenden: descriptivas o prescriptivas (Biel & Thogersen, 2007). Las reglas descriptivas describen lo que rige el comportamiento de la mayoría de las personas en una situación dada e indicar la forma más adaptativa de actuar. La conducta de ceder las sillas especiales a personas

con discapacidad se puede fortalecer activando la regla descriptiva, haciendo ver que la mayoría de las personas sienten la silla a personas con estas condiciones. Las reglas prescriptivas muestran lo que debe hacerse, se refiere a aquellas reglas o creencias adecuadas o inadecuadas dentro de la cultura que promueve la acción. La conducta de pagar el servicio se puede fortalecer activando o haciendo saliente la regla prescriptiva. La campaña “Todos pagamos el pato” implementada por la Alcaldía Mayor de Bogotá (2016), muestra un pato amarillo que simboliza al colado que roba a todos los bogotanos, afecta la calidad del servicio, propicia un ambiente de desorden e inseguridad, pone en peligro a los demás usuarios y genera mayor ocupación en los buses, y las consecuencias de sus acciones por el incumplimiento de las normas. La regla prescriptiva cumple entonces el papel de recordar o mostrar la conducta apropiada para el lugar (Jacobson, Mortensen y Cialdini 2011).

Campañas de generación de aprendizaje por reglas como las mencionadas y la implementación de obstáculos que reduzcan el hacinamiento, son parte de la propuesta presentada en este proyecto con el fin de reducir el hacinamiento y de este modo el tiempo de abordaje a la entrada de los articulados.

### 3. Objetivos

*Diseñar una dinámica de pasajeros a través de obstáculos y aprendizaje por reglas que reduzca el tiempo de abordaje en los articulados de la plataforma uno del Portal Suba de la empresa Transmilenio S. A.*

- Identificar las variables de comportamiento de los usuarios que influyen en el abordaje a los articulados en el Portal Suba por medio de un diseño anidado concurrente de modelo dominante.
- Evaluar el efecto de los obstáculos en el tiempo de abordaje de los articulados a través de una simulación basada en agentes.
- Determinar los efectos de la interacción del aprendizaje por reglas y el uso de obstáculos en el abordaje de los articulados por medio de un diseño factorial general completo de varias réplicas.
- Medir la percepción de los usuarios sobre la dinámica de pasajeros a partir del aprendizaje por reglas y el obstáculo aplicado desde el punto de vista de la Teoría de la Persuasión de Cialdini.

### 4. Metodología

Esta investigación propone una dinámica de pasajeros a través de obstáculos y aprendizaje por reglas que reduzca el tiempo de abordaje en los articulados de la plataforma uno del portal Suba de la empresa Transmilenio S. A. La dinámica se desarrolló en cuatro fases: Investigación mixta, simulación, modelo experimental y medición del impacto. (a) En la fase de investigación mixta se identificaron las variables de comportamiento de los usuarios en el abordaje de articulados a través de un diseño anidado concurrente de modelo dominante (DIAC) con el fin de establecer el mensaje apropiado para la aplicación del aprendizaje por reglas. (b) En la segunda fase se realizó una simulación basada en agentes para seleccionar el obstáculo con el mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje. (c) En la fase de modelo experimental se realizaron dos experimentos factoriales para determinar el impacto de la interacción del aprendizaje por reglas y el uso del obstáculo seleccionado en el abordaje de los articulados (d) En la última fase de comprobación se midió el impacto de la solución encontrada en la percepción de los usuarios sobre la dinámica aplicada.

El proceso de *investigación mixta* (a), es una combinación de los enfoques cualitativo y cuantitativo para tener una perspectiva más amplia del fenómeno que se estudia (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). La investigación mixta involucra al diseño anidado concurrente de modelo dominante (DIAC), el cual, recolecta la información cualitativa y cuantitativa, siendo uno de los métodos el que guía la investigación (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008). El DIAC, con enfoque cualitativo guiando la investigación, permitió encontrar las variables de comportamiento de los usuarios que podrían influir en el abordaje a los articulados en el Portal seleccionado. Esta fase se desarrolló en tres pasos: (1) observación participante, (2) investigación cualitativa e (3) investigación cuantitativa. Determinar las variables permitió construir el mensaje apropiado para la aplicación del aprendizaje por reglas a la hora de abordar un articulado.

La *observación participante*, es una herramienta de recogida, análisis e interpretación de información en la que el investigador desempeña un rol importante en las interacciones con el grupo que es objeto de estudio (Piñeiro, 2015). Los roles del investigador se clasifican en función de su participación en el campo (Mertens, 2014). La primera persona optó por un rol de observador participante, un observador que no es un miembro del grupo pero que se encuentra interesado en participar como un medio para ejecutar una mejor observación y generar un entendimiento más completo de las actividades grupales. La segunda optó por el rol de participante observador, siendo un miembro del grupo que observa a los otros, y que se interesa más en observar que en participar debido a que su participación es un supuesto. Por último, la tercera persona optó por el rol de totalmente participante, siendo un miembro más de la comunidad que estudia (Ver anexo 1).

La *investigación cualitativa*, se enfoca en comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Conociendo los objetivos de la investigación, se plantearon las preguntas de investigación para llevar a cabo entrevistas a profundidad (Ver anexo 2). Para establecer la claridad, coherencia, relevancia y suficiencia de las preguntas, se realizó un juicio de expertos evaluando cada aspecto mediante una escala de 1 a 4 donde: 1 equivale a "no cumple con el criterio", 2 a "bajo nivel", 3 a "moderado nivel" y 4 a "alto nivel" (Ver anexo 3). El juicio de expertos contactó a cuatro (4) profesionales con trayectoria en el tema y que dieron información, juicios y valoraciones (Skjongs y Wentworth, 2000). Una vez el juicio de expertos completado, se calculó el coeficiente del Alfa de Cronbach, a través del software estadístico SPSS Statistics versión 25. Según Streiner (2003), el Alfa de Cronbach, es el promedio de las correlaciones entre los ítems que forman parte de un instrumento. El valor mínimo esperado para este coeficiente es de .7; por debajo de este valor, se considera la confiabilidad baja (Streiner, 2003). Se consolidaron las preguntas, eliminando las preguntas con un bajo índice de confiabilidad (Ver anexo 4).

El instrumento cualitativo se aplicó, a través de entrevistas, a 10 usuarios aleatorios de la plataforma uno del Portal Suba. Los resultados de la entrevista se evaluaron a través de Textalyser, para identificar la densidad y la frecuencia de las palabras de los entrevistados (Ver anexo 5). Con los resultados, se identificaron las variables que influyen en el abordaje a los articulados.

Con las variables que influyen en el abordaje a los articulados, se inició la investigación cuantitativa. La *investigación cuantitativa* usa la recolección de datos para contrastar hipótesis, con base en la medición numérica y en análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Para esquematizar de forma ordenada esta investigación, se elaboró un cuadro de mando conformado por las hipótesis a contrastar, variables y atributos de cada pregunta cualitativa y cuantitativa, teniendo en cuenta la naturaleza de estas para establecer la prueba inferencial (Ver anexo 6). Se definió y seleccionó un tamaño de la muestra. El método ratios sucesivos permitió identificar el número de personas que componen la población a estudiar y el tamaño del universo. En este método se segmentó de manera estratégica al 100 % de la población colombiana, el mercado total (Ver anexo 7). El tamaño del universo lo componen 2441 individuos. La muestra seleccionada contiene una heterogeneidad del 50 % y un nivel de confianza del 95 % ( $N=333$ ).

El instrumento resultante fue aplicado a 385 usuarios, reclutados en la plataforma uno en hora pico del Portal Suba (Ver anexo 8). Del total de encuestados (51 %) fueron del género femenino y (49 %) del género masculino. El rango de edad de los encuestados se distribuyó entre 18 y 25 años (37 %), entre 26 y 33 años (25 %), entre 34 y 41 años (19 %) y de 42 o más años (19 %). Con estos resultados, a través de SPSS Statistics, se aplicó un análisis estadístico de asociación de variables. El análisis, permitió identificar la asociación existente entre las variables que influyen en el abordaje a los articulados. Finalmente, la prueba log-lineal permitió identificar una asociación entre el género, la edad, la percepción de la cultura ciudadana en Transmilenio y el comportamiento al abordar.

Por último, con los estudios cuantitativos e identificando las variables de comportamiento de los usuarios que influyen en el abordaje de los articulados, se elaboró el mensaje apropiado para aplicación del aprendizaje por reglas. El mensaje se elaboró de manera: (a) Descriptiva y (b) Prescriptiva.

En la fase de *simulación por agentes* (b), fueron elegidos cuatro modelos provenientes de la investigación científica que comprueban una disminución en el tiempo de abordaje. Estos modelos fueron: (a) organización en fila, (b) control de flujo, (c) columna opuesta a la puerta de salida y (d) entrada en cono. Se decidió realizar una simulación basada en agentes para evaluar estas dinámicas.

La simulación basada en agentes (ABM por sus siglas en inglés) es una técnica efectiva de modelado de sistemas. Los sistemas son representados con una colección de entidades autónomas de toma de decisiones llamadas agentes (Bonabeau, 2002). Un agente es una pieza de software que contiene información, atributos y comportamiento, que representa una entidad de un mundo computacional artificial (Macal, 2010). Cada agente evalúa individualmente su situación y toma decisiones con base en un conjunto de reglas que, idealmente, representan la flexibilidad del mundo real. Los agentes, su comportamiento, los comportamientos que lo afectan, su relación con otros agentes y su entorno, son los constructos fundamentales para este tipo de modelamiento (Macal, 2016). Estas características hacen que una simulación ABM sea aplicable a un modelo de dinámica de abordaje a buses, donde los principales agentes serán los pasajeros y se estudiará su interacción.

El modelo ABM de dinámica de pasajeros en la plataforma uno en el servicio H15 de la empresa Transmilenio S.A. fue modelado en Netlogo. Netlogo es un software de simulación programable multi-agente de código abierto escrito por Uri Wilkensy. Netlogo fue escogido por su lenguaje de programación simple pero potente, interfaz gráfica incorporada y documentación completa (Railsback et al., 2006). Los componentes principales del entorno de programación de Netlogo son: agentes estacionarios, agentes móviles, variables y procedimientos, los cuales fueron programados con las siguientes características:

### **1) Agentes estacionarios (Ver figura II):**

- Representan un área de  $1 m^2$
- El color gris representa áreas restringidas para el uso peatonal.
- El color negro representa la zona de abordaje.
- En conjunto, representan el diseño arquitectónico de la plataforma de abordaje del articulado H15 del portal suba de Transmilenio.

### **2) Agentes móviles:**

- Articulados: Buses de 18 m de largo. Cuentan con puertas de ingreso, 48 sillas de  $0.4 m * 0.4 m$  según especificación de Transmilenio S. A. y espacio para ubicar pasajeros de pie.
- Pasajeros: Personas abordando en la plataforma. Se representan mediante una forma rectangular. Sus medidas corresponden al promedio de las medidas antropométricas de la población laboral colombiana de 20 a 59 años (Ver tabla 1).



Tabla No. 1.

*Medidas antropométricas de la población laboral colombiana*

	Edad (años)				Promedio
	20-29	30-39	40-49	50-59	
<b>Género femenino</b>					
Anchura del tórax	17,6	18,4	19,3	20,1	18,8
Anchura biltoidea	41,4	42,2	42,8	42,3	42,1
<b>Género masculino</b>					
Anchura del tórax	19,5	20,5	21,2	21,5	20,6
Anchura biltoidea	45,7	46,6	46,4	45,8	46,1

Adaptado de: “Dimensiones antropométricas de población latinoamericana” por R. Chaurand, L. Leon y E. Muñoz, 2007, p. p. 187, 195. Copyright 2007 de la Universidad de Guadalajara

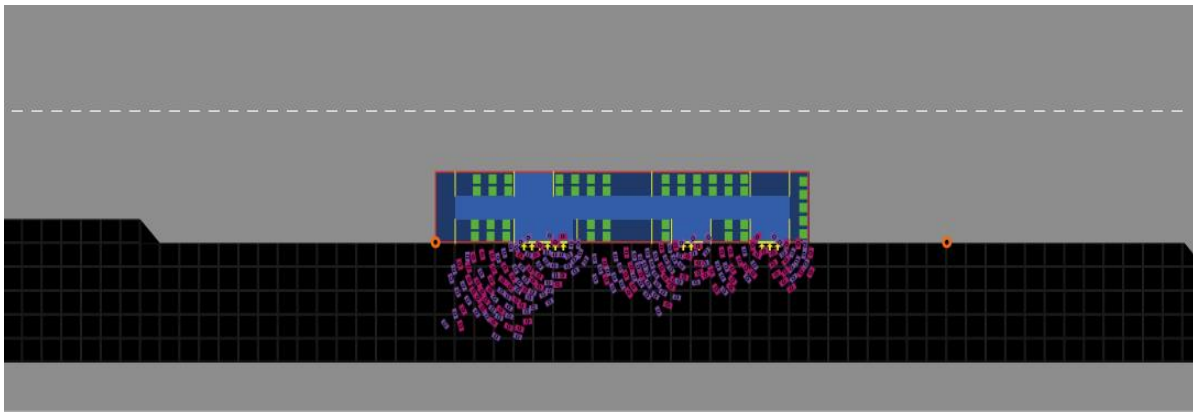


Figura II. Representación de agentes móviles y estacionarios en el modelo Dinámica de pasajeros en la plataforma de abordaje H15 del portal Suba de Transmilenio.

El movimiento en los pasajeros funciona con base en el modelo de fuerza social y respeta sus principios (Helbing y Molnar, 1995). El modelo de fuerza social explica que los individuos se mueven guiados por el deseo de llegar a un determinado destino lo más cómodos y directo posible. Para esto, se asume que los pasajeros desean tomar el servicio de bus lo más rápido posible, por lo tanto, sus posibles destinos serán: las entradas al bus, una silla dentro del bus o un puesto de pie, en respectivo orden de prioridad para los pasajeros. El modelo de fuerza social también dicta que el movimiento de individuos es influenciado por los demás individuos. Por esto, el presente modelo asegura que cada pasajero base su movimiento en una decisión binaria justificada en la información que les proporciona una visión finita en cono hacia adelante, además, cuando el movimiento de un pasajero esté restringido por la presencia de otro, el primero decide entre la posibilidad de adelantarlo por su izquierda o derecha considerando el lado en el que

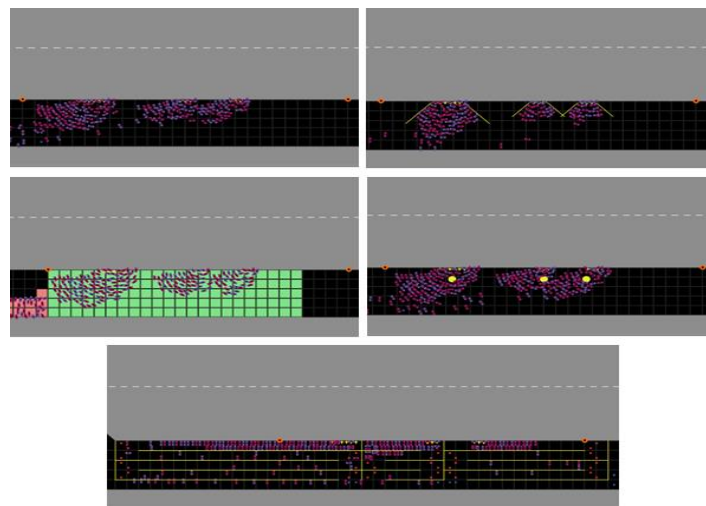
observe menor índice de hacinamiento. Por último, el modelo de fuerza social se refiere a una fuerza de atracción o repulsión de los individuos a ciertos estímulos. Por simplicidad del modelo no fueron consideradas las fuerzas de atracción y repulsión. Se modela una restricción, que remplaza a la fuerza de repulsión, donde la velocidad de los pasajeros depende del número de personas por  $m^2$  que haya a su alrededor. Esto, según la ecuación formulada por Buchmuller, S. y Weidmann, U., 2006, donde  $v$  representa la velocidad actual del pasajero,  $v_0$  la velocidad libre del pasajero y  $d$  el número de pasajeros por  $m^2$ .

$$v(d) = v_0 \left[ 1 - e^{-1.913 \left[ \frac{1}{d} - \frac{1}{d_{jam}} \right]} \right]$$

*Ecuación (I): Relación ente la velocidad y la densidad de peatones (Buchmuller, S., & Weidmann, U., 2006)*

Los parámetros de la simulación se basaron en la literatura, la observación participante y un estudio de tiempos en la plataforma (Ver [anexo 9](#)). Se asumió: un promedio de 300 pasajeros en la plataforma de abordaje del articulado H15 en hora pico, este proviene de una tasa promedio de 60 pasajeros/min y una tasa promedio de 4.35 buses/min, un promedio de 160 pasajeros que logran ingresar a un servicio de bus articulado (Transmilenio, 2018), 10 % de pasajeros que caminan a una velocidad de 0.4 m/s, 75 % de pasajeros que caminan a una velocidad promedio de 1.34 m/s, 15% de pasajeros que caminan a una velocidad de 1.7 m/s (Buchmuller & Weidmann, 2006), 59 % de pasajeros que requieren un espacio extra para su equipaje y 49,6 % de pasajeros de género femenino (Dane, 2018). Estos parámetros son ajustables en la interfaz del usuario junto con la capacidad de seleccionar la dinámica de abordaje, simular de acuerdo con una tasa de llegada de buses, activar una variabilidad para la demora de buses y ver a los pasajeros por género o por velocidad.

Según el modelo a simular, se realizaron variaciones en la configuración de los agentes. La figura III muestra la configuración de los agentes según la dinámica de abordaje. Para el análisis de los resultados se realizaron pruebas estadísticas en SPSS para 39 muestras por modelo para lograr una potencia de 0.8 de magnitud moderada ( $\omega^2 = .06, f = .25$ ) (Kirk, 2012). Se analizaron: estadísticos descriptivos, pruebas de normalidad Kilmogorov-Smirnov, modelo ANOVA de un factor, pruebas post hoc de diferencia de medias y Regresión Bayesiana. El factor principal a estudiar fue el tipo de obstáculo y su efecto en el tiempo de abordaje.



*Figura III.* Arriba izquierda: Situación actual. Los pasajeros se distribuyen formando semicírculos alrededor de donde estarían ubicadas las puertas del bus. Arriba derecha: Entrada en cono. Los obstáculos se ubican formando un ángulo de 45° con el borde de la plataforma acorde a la literatura. Medio izquierda: Control de flujo. La zona verde se restringe a una capacidad de 180 pasajeros, los demás deben esperar en la zona roja. Medio derecha: Obstáculo columna. La literatura trabaja con puertas de tamaño L. El modelo se enfoca únicamente en columna de diámetro  $\frac{\sqrt{3}L}{2}$  a una distancia L de la puerta. Abajo: Fila. Fila de dos personas para cada entrada a los articulados delimitada por obstáculos.

El *modelo experimental* (c) es un cambio en las condiciones de operación del sistema, que se realizó con el objetivo de medir el efecto de la interacción del obstáculo y el aprendizaje por reglas en el tiempo de abordaje (Gutiérrez y De la Vara, 2008). Esta fase se desarrolló en tres pasos: (1) entender el problema u objeto de estudio, (2) determinar el número de repeticiones para cada tratamiento, (3) planear y organizar el trabajo experimental y (4) realizar el experimento.

*Entender el problema u objeto de estudio*, permitió diseñar el modelo experimental identificando qué se va a estudiar y la importancia de este. La variable que se estudió es el tiempo de abordaje, la variable respuesta del experimento. A través de esta variable se conoció el efecto de cada prueba experimental (Montgomery, 2004). Las variables que se investigaron en este estudio para observar cómo afectan o influyen en la variable respuesta, adquirieron el rol de factores estudiados. Los factores estudiados de esta investigación fueron: 1) obstáculo y 2) norma. Se buscó determinar la significancia y el efecto de cada factor. Los diferentes valores que se asignaron a cada factor estudiado se llaman niveles. Con obstáculo y sin obstáculo, son los niveles del factor obstáculo. Con norma descriptiva, con norma prescriptiva y sin norma, son los niveles del factor norma. Una combinación de niveles se llama tratamiento o grupo factorial. Se tuvieron 8 grupos factoriales en este experimento: con obstáculo - con norma descriptiva, con obstáculo - sin norma descriptiva, sin obstáculo - con norma descriptiva, sin obstáculo - sin norma descriptiva, con obstáculo - con norma prescriptiva, con obstáculo - sin norma prescriptiva, sin obstáculo - con norma prescriptiva y sin obstáculo - sin norma prescriptiva. De este modo, se realizaron dos diseños factoriales 2 x 2, que permitieron estudiar el efecto individual y de interacción de varios factores sobre la variable respuesta (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

*Determinar el número de repeticiones para cada tratamiento*, permitió identificar el número necesario de articulados para lograr una muestra representativa que permitiera detectar el efecto de la interacción de los tratamientos. Los valores del tamaño de muestra, para cada tratamiento, están seleccionados de la tabla de Kirk (1995). El diseño utilizó una potencia de .7 y una magnitud moderada que indicó que se necesitaban 25 articulados por tratamiento (Cohen, 1988; Ledesma, Macbeth y de Kohan, 2009; Morales, 2012).

*Planear y organizar el trabajo experimental*, la etapa más importante. Con base en el diseño seleccionado, fue necesario planear detalladamente el trabajo experimental. Teniendo en cuenta el número de repeticiones para cada tratamiento, para un total de 150 corridas experimentales, se hizo necesario 6 días de estudio, uno por cada grupo factorial. Las muestras se tomaron de 6:30 a.m. - 8:30 a.m., en la plataforma uno, en el servicio H15 del Portal Suba de Transmilenio S. A. El día uno se estudió el tratamiento sin obstáculo - sin norma. El día dos, con obstáculo y con norma prescriptiva. El día tres, con obstáculo y con norma descriptiva. El día cuatro, con obstáculo y sin norma. El día cinco, sin obstáculo y con norma prescriptiva. El día seis, sin obstáculo y con norma prescriptiva. (Ver anexo 10).

Durante el trabajo experimental se vio la necesidad del apoyo de 10 mediadores. Cada uno de los mediadores vistió un chaleco rojo, que indicaba que hacían parte del trabajo en estudio. Los mediadores 1,2 y 3, se encargaron de indicar el inicio de cada una de las filas; 4,5 y 6 de la toma de encuestas de percepción; el mediador 7, de la toma de muestras y los tres restantes, de la entrega del mensaje. El mensaje se entregó en forma de separador de libro, siendo este un elemento útil en la vida diaria de los individuos. Los separadores fueron entregados a los individuos que hacen uso del servicio H15 en hora pico.

*Realizar el experimento*, es el resultado de la puesta en marcha del trabajo experimental. Los articulados estudiados fueron todos aquellos que prestaron servicio en este rango de tiempo. El análisis se realizó en cada uno de los grupos experimentales basándose en la variable respuesta. Se comprobó la normalidad de la variable respuesta mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p>.05$ ). El tiempo de abordaje en el tratamiento con obstáculo - con norma descriptiva fue de  $M=59.48$  s ( $SD=11.79$ ), con obstáculo - sin norma descriptiva de  $M=65.88$  s ( $SD=11.83$ ), sin obstáculo - con norma descriptiva de  $M=63.36$  s ( $SD=10.08$ ), sin obstáculo - sin norma descriptiva de  $M=79.12$  s ( $SD=12.29$ ), con obstáculo - con norma prescriptiva de  $M=62.68$  s ( $SD=10.21$ ), con obstáculo - sin norma prescriptiva

de  $M=65.88$  s ( $SD=11.83$ ), sin obstáculo - con norma prescriptiva de  $M=64.12$  s ( $SD=16.81$ ) y sin obstáculo - sin norma prescriptiva de  $M=79.12$  s ( $SD=12.29$ ). Por medio del Modelo Lineal General Univariante (GLM por sus siglas en inglés), teniendo en cuenta un  $p<.05$ , se contrastaron las hipótesis sobre los efectos de otras variables en la variable dependiente o respuesta. El GLM Univariante proporcionó un análisis de varianza para la variable respuesta mediante cada uno de los factores estudiados y la interacción entre ellos (IBM Knowledge Center, 2011).

Para *comprobar* (d) el diseño propuesto, se midió el impacto de la solución encontrada en la percepción de los usuarios. Con base en la Teoría de la Persuasión de Cialdini, se midió la percepción de los usuarios sobre la dinámica de pasajeros a partir del aprendizaje por reglas y el obstáculo fila aplicado. La teoría de la persuasión relata los seis principios de la persuasión como los factores que hacen más proclive a un ser humano a decir sí a otro y aceptar algo (Cialdini et al., 2006). Teniendo en cuenta las preguntas de la investigación cuantitativa que se emplearon antes de la dinámica, se realizó nuevamente la encuesta con una pregunta adicional donde el individuo indicaba si consideraba que la cultura ciudadana mejoraba al hacer la fila en la plataforma de abordaje de Transmilenio. Teniendo en cuenta la capacidad del articulado, de 160 individuos, y con una heterogeneidad del 50 %, un margen de error del 5 % y un nivel de confianza del 95 %, se estableció una muestra mínima de 114 individuos por tratamiento.

El instrumento resultante fue aplicado a 721 individuos, divididos en los seis días de estudio (Ver anexo 11). Del total de encuestados el 49 % fueron del género femenino y el 51 % del masculino. El rango de edad de los encuestados se distribuyó, entre 18 y 25 años (35 %), entre 26 y 33 años (30 %), entre 34 y 41 años (25 %) y de 42 o más años (10 %). Con estos resultados y teniendo en cuenta el grupo experimental, descriptiva o prescriptiva, se aplicó un análisis estadístico de asociación de variables. El análisis se realizó con base en el grupo factorial seleccionado en la fase de modelo de experimental y las variables dependientes a estudiar: percepción de la cultura ciudadana, comportamiento al abordar, sentimiento de uso de Transmilenio, experiencia en Transmilenio, norma más importante, impacto del personal encargado del orden y la percepción de la cultura ciudadana haciendo la fila.

Buscando comparar la percepción de los usuarios antes y después de la dinámica, se generó una muestra aleatoria de la muestra total de la encuesta de percepción antes de la dinámica. El total de casos generados en esta muestra dependió del número de individuos al que fue aplicado el instrumento en el grupo factorial seleccionado. Se aplicó nuevamente un análisis estadístico de asociación de variables entre el grupo de análisis: antes y después, y las variables dependientes que se estaban estudiando. El estadístico de Chi-Cuadrado, permitió identificar las asociaciones resultantes para observar la percepción de los usuarios con la dinámica aplicada. Estos resultados se analizaron y justificaron con base en los principios de persuasión de Cialdini.

Adicionalmente, para corroborar estos resultados, se realizó una prueba adicional del grupo factorial seleccionado. Esta prueba se realizó el mismo día y hora que la prueba inicial. Se mantuvo la muestra inicial por grupo factorial. Con los tiempos obtenidos, se comprueba la normalidad de la variable respuesta mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov ( $p>.05$ ). Por medio de una prueba  $t$  para muestras independientes, con un 95 % de confianza, se calculó si existe diferencia significativa entre las dos muestras, durante el experimento y durante la comprobación. Sumando a esto, se incluyeron en el estudio dos preguntas donde el individuo indica si recuerda el mensaje y si lo compartió con alguien más. Con las respuestas obtenidas, se realizó un análisis estadístico descriptivo. Esta prueba, permitió garantizar la veracidad de los resultados obtenidos en este estudio.

## **5. Componente de Diseño en ingeniería**

### **5.1 Declaración de Diseño**

Se diseñó una dinámica de pasajeros que, a través de obstáculos y aprendizaje por reglas, disminuyera significativamente el tiempo de abordaje en los articulados de la plataforma uno del Portal Suba de la empresa Transmilenio S.A.

## 5.2 Proceso de Diseño

La dinámica de pasajeros fue creada basada en la necesidad de crear una estrategia que permitiera disminuir el tiempo de abordaje y mejorar la percepción de los usuarios de la plataforma uno del Portal Suba de la empresa Transmilenio S. A. A través de un diseño anidado concurrente de modelo dominante, se identificaron las variables que influyen en el abordaje de los articulados: género, edad, razón de uso de Transmilenio, percepción de la cultura ciudadana, comportamiento de las personas, medio de transporte más usado, experiencia en Transmilenio, sentimiento de uso de Transmilenio, comportamiento al abordar, tiempo de espera para abordar el articulado, conocimiento de las normas, norma más importante, conocimiento del personal encargado del orden, frecuencia del personal encargado del orden, impacto del personal encargado del orden y solución al servicio. El análisis correlacional de variables ayudó al diseño del mensaje apropiado para la aplicación del aprendizaje por reglas: (a) Mensaje de forma descriptiva: “Respetar la fila. Todos los que contribuyen al buen servicio lo hacen.” (Figura IV). (b) Mensaje de forma prescriptiva: “Haga la fila, así contribuye a la rapidez en el servicio” (Figura V).

Paralelamente, por medio de una simulación por agentes, se seleccionó el obstáculo con mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje. Los obstáculos que se evaluaron fueron: (a) organización en fila, (b) control de flujo, (c) columna opuesta a la puerta de salida y (d) entrada en cono. La simulación se realizó teniendo en cuenta: (a) medidas antropométricas de la población laboral colombiana, (b) diseño arquitectónico de la plataforma, (c) número de personas promedio que hacen uso del servicio H15 en hora pico, (d) diseño y capacidad de un articulado, (e) principios de movimiento de peatones (fuerza social, velocidad, densidad de pasajeros y espacio requerido), (f) evaluación binaria de movimiento con una visión en cono y (g) distribución de pasajeros en la plataforma. La organización en fila de a dos personas en forma de zigzag fue el elegido al ser diferente significativamente frente a los otros tipos de obstáculo después del análisis estadístico y de evaluación multicriterio.

La organización en fila, con base en las medidas de la plataforma, se diseñó por medio de AutoCAD, un software de diseño asistido por computadora. El esquema constó de tres partes, definidas por las puertas de abordaje: (1) dividida en dos zonas: (a) zona de fila en forma de zigzag al costado izquierdo de la plataforma, y (b) zona de fila de acceso prioritario; (2) zona de fila en forma de L; y (3) zona de fila en forma de zigzag al costado derecho de la plataforma (Figura 5). Las zonas de fila se delimitaron con líneas amarillas, flechas amarillas que indicaron el recorrido de la fila y líneas rojas demarcando el inicio de la fila. La zona de acceso de prioritario estuvo demarcada con color azul (Ver anexo 12).

Para evaluar el efecto de los factores obstáculo y norma, con base en el grupo experimental: (a) descriptiva y (b) prescriptiva, se realizaron dos diseños factoriales 2 x 2 para estudiar el efecto individual y de interacción de varios factores sobre la variable respuesta. La metodología se basó en hacer entrega a los usuarios del articulado H15 del Portal Suba, un separador de libros con un mensaje escrito de forma descriptiva y prescriptiva, según el grupo factorial evaluado, que indujera a cumplir la norma: hace la fila de espera del bus en forma ordenada y respeta el turno de llegada (Transmilenio, 2018). El obstáculo consistió en un vinilo adhesivo antideslizante de alto tráfico, en la superficie de la plataforma, que delimitaba el recorrido de las filas (Figura VI). El experimento se realizó durante 6 días con  $N=25$ , de 6:30 a.m. - 8:30 a.m. Se tomaron 721 encuestas de percepción, para evaluar la percepción de los usuarios después de la dinámica. Se llevó a cabo una dinámica diferente para cada día de la semana con el fin de determinar el grupo factorial con mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje y en la percepción de la cultura en Transmilenio (Figura VII). El análisis univariante de varianza, el análisis estadístico de asociación de variables y su respectiva comprobación experimental comprobaron que el grupo factorial con obstáculo – con norma descriptiva permitió mejorar el orden en la plataforma de abordaje, la percepción del sistema y el tiempo de abordaje.

Respetar la fila. Todos los que contribuyen al buen servicio lo hacen.



Proyecto de grado  
Pontificia Universidad  
Javeriana, avalado por  
TRANSMILENIO S.A.

Haga la fila, así contribuye a la rapidez en el servicio.



Proyecto de grado  
Pontificia Universidad  
Javeriana, avalado por  
TRANSMILENIO S.A.

Figura IV: Mensaje de forma descriptiva. Parte frontal y posterior.  
Fuente: Construcción de los autores.

Figura V: Mensaje de forma prescriptiva. Parte frontal y posterior.  
Fuente: Construcción de los autores.



Figura VI: Obstáculo.  
Fuente: Construcción de los autores.

Figura VII: Dinámica de pasajeros a través de obstáculos y aprendizaje por reglas.  
Fuente: Construcción de los autores.

### 5.3 Requerimientos de desempeño

Debido a que el proyecto consistió en el diseño de una dinámica de pasajeros a través de obstáculos y aprendizaje por reglas que redujera el tiempo de abordaje en los articulados, se deben cumplir los siguientes requerimientos: la dinámica se debe realizar en una estación tipo portal de Transmilenio, debe cumplir con las condiciones arquitectónicas de la plataforma y debe ser accesible para todo tipo de usuario. Se debe garantizar el uso de un vinilo adhesivo antideslizante de alto tráfico para la delimitación de la fila, para cumplir con las condiciones de accesibilidad de los usuarios y evitar accidentes dentro del sistema. El mensaje debe entregarse a través de un objeto que los usuarios encuentren útil para garantizar la atención de la norma descrita. Los mediadores o personal encargado del orden deben ser amables y pacientes con los usuarios a la entrega del mensaje. La dinámica no debe tener restricciones de horario, sin embargo, su impacto es mayor en hora pico.

### 5.4 Pruebas de rendimiento

Para garantizar que la dinámica de pasajeros cumpliera con los requerimientos de desempeño, se implementó en la misma estación todos los días sin cambiar las condiciones experimentales. Se diseñó con base en las condiciones arquitectónicas de la plataforma. Para delimitar el recorrido de las filas se implementó un vinilo adhesivo antideslizante de alto tráfico a través de líneas de ancho 10 cm y largo variable según su ubicación dentro de la dinámica; flechas de 40 cm \* 40 cm, que indicaron el recorrido de la fila, y una zona de 120 cm \* 120 cm que delimitó la zona preferencial. El mensaje se entregó por medio de un separador de libros, un objeto útil en la vida de las personas. El separador media 20 cm de largo y 6 cm de ancho, era de color blanco para evitar distracciones de las personas y contenía el mensaje en fuente Arvo tamaño 24. Los mediadores de apoyo en la dinámica tuvieron una actitud amable y paciente con los usuarios. El modelo experimental se midió en hora pico de 6:30 a.m. - 8:30 a.m., pero puede ser aplicada en cualquier

horario. La dinámica no tuvo ninguna afectación negativa en la rutina regular de los usuarios del servicio H15 del Portal Suba.

### 5.5 Restricciones

Se consideraron las siguientes restricciones de diseño en proyecto de grado que limitan la creación e implementación de la propuesta:

- El experimento se realizaría inicialmente con la evaluación de sólo 6 días, sin embargo, se evaluó un día adicional con la dinámica seleccionada para garantizar la veracidad de los resultados obtenidos.
- La disposición de las personas. Algunas personas no tuvieron la mejor disposición en cuanto al respeto de la fila, sin embargo, la mayoría si lo hizo por lo cual la dinámica se llevó a cabo como se esperaba.
- Limitación en los permisos por parte de Transmilenio S. A. La empresa Transmilenio S. A. no tuvo ningún problema ni restricción alguna para permitir la realización del experimento. Se contó con el apoyo y el aval por parte de la empresa.
- Dificultad en el acceso a software de simulación de multitudes. Netlogo es un software gratis y de código abierto. No se tuvo ningún tipo de dificultad en el acceso y uso del software de simulación.
- El modelo de simulación puede tener un desarrollo complejo según el tipo de simulación seleccionada. El modelo de parches que utiliza NetLogo puede no llegar a ser ideal para representar diseños arquitectónicos reales. Además, los agentes en NetLogo ocupan el lugar de un punto en el espacio, esto hace que en un modelo como el de abordaje a buses, sea difícil para los agentes identificar el espacio que ocupa la forma de otros.

### 5.6 Cumplimiento del estándar

Para dar cumplimiento al diseño de la dinámica de pasajeros se tuvo en cuenta la norma NTC 5351, la cual establece los requisitos generales de accesibilidad que deben cumplir los diferentes tipos de paraderos para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros (ICONTEC, 2005). La norma establece crear una zona prioritaria y hacer uso de colores en la señalización que contrasten con el resto del conjunto del sitio de espera, lo cual se tuvo en cuenta en el diseño y aplicación de la dinámica (Figura VIII).



Figura VIII: Acceso prioritario. Autoría propia.

## 6. Resultados

### 6.1 Resultados investigación mixta

**6.1.1 Observación participante:** La diversidad de roles permitió tener una perspectiva amplia del fenómeno en estudio. Se logró evidenciar un comportamiento inadecuado de las personas al momento de abordar el bus por el hacinamiento en la entrada de los articulados, la falta de cultura ciudadana y la ausencia de autoridad por parte del personal encargado del orden en el Transmilenio. Se habla de comportamiento inadecuado cuando el usuario no cumple con las normas de Transmilenio. Se observó que los usuarios irrespetan la fila y el turno de llegada, empujan para entrar al articulado, gritan y pelean entre ellos, y no dan acceso prioritario a las personas que deben tenerlo (mujeres embarazadas, adultos mayores, pasajeros con niños de brazos, niños menores de siete años y pasajeros con discapacidad o movilidad reducida).

**6.1.2 Investigación cualitativa:** La investigación empírica permitió determinar 11 preguntas para llevar a cabo esta investigación. De acuerdo con el juicio de cuatro expertos respecto a las preguntas de la investigación cualitativa, se obtuvo un alfa de Cronbach de .88, demostrando la fiabilidad del instrumento para la investigación (Ver anexo 13). Posteriormente se realizaron las entrevistas a profundidad a 10 usuarios a conveniencia de la plataforma uno del Portal Suba en hora pico. Los resultados, evaluados a través de la herramienta Textalyser, permitieron identificar los ejes de investigación y variables que influyen en el abordaje a los articulados: género, edad, razón de uso de Transmilenio, percepción de la cultura ciudadana, comportamiento de las personas, medio de transporte más usado, experiencia en Transmilenio, sentimiento de uso de Transmilenio, comportamiento al abordar, tiempo de espera para abordar el articulado, conocimiento de las normas, norma más importante, conocimiento del personal encargado del orden, frecuencia del personal encargado del orden, impacto del personal encargado del orden y solución al servicio (Ver anexo 14).

**6.1.3 Investigación cuantitativa:** Una vez determinadas las variables que posiblemente influyen en el abordaje de los articulados, se plantearon 11 hipótesis de evaluación con sus respectivas variables y atributos, y se establecieron las preguntas de la investigación cuantitativa. Posteriormente se definió un tamaño de muestra de  $N=333$  con un error del 5 %, una heterogeneidad del 50 % y un nivel de confianza del 95 %. La encuesta fue aplicada a los sujetos. Se logró un total de 385 individuos.

Con los resultados obtenidos, teniendo en cuenta las hipótesis de cada par de variables: a)  $H_0$ : Hipótesis de homogeneidad: No hay asociación entre las variables b)  $H_a$ : Hipótesis de diferencia: Si hay correlación entre las variables, se realizó un análisis estadístico de asociación de variables (Ver anexo 15). El análisis se realizó con un nivel de confianza del 95 %, con un tamaño del universo = 385 y se tuvo en cuenta  $p < .05$  para rechazar la hipótesis nula. Los resultados obtenidos mostraron una asociación entre el comportamiento al abordar y el sentimiento de hacer uso de Transmilenio,  $\chi^2(16, N=385) = 37.76, p = .01$  (Ver tabla 2).

Tabla No. 2.  
*Análisis encuesta de percepción (Pre-dinámica)*

Hipótesis	Variables	Resultado	Conclusión
1. Las personas que creen que hay poca cultura ciudadana consideran que las personas empujan como animales.	1. Percepción de la cultura. 2. Comportamiento de las personas.	$\chi^2(12, N=385) = 30.749, p = .0$	Existe una asociación entre los atributos muy poca cultura ciudadana y empujan como animales. Se observó que el 81.3% de las personas que creen que hay poca cultura ciudadana, empujan como animales.



2. Las personas que usan Transmilenio como medio transporte, lo usan porque es más rápido.	1. Medio de transporte. 2. Razón de uso Transmilenio.	$\chi^2(9, N=385) = 12.14, p=.2$	No existe una asociación entre la variable medio de transporte y razón de uso de Transmilenio.
3. Las personas que creen que hay muy poca cultura ciudadana en Transmilenio, han experimentado tumultos.	1. Percepción de la cultura. 2. Experiencia en Transmilenio.	$\chi^2(20, N=385) = 42.62, p=.0$	Existe una asociación entre los atributos muy poca cultura ciudadana y tumultos en la entrada de los articulados. Se observó que el 69.03% de las personas que creen que hay muy poca cultura ciudadana en Transmilenio, han experimentado tumultos a la entrada de los articulados.
4. Las personas que les genera estrés hacer uso de Transmilenio en hora pico, consideran que este es causado por los tumultos.	1. Sentimiento de uso. 2. Experiencia en Transmilenio.	$\chi^2(20, N=385) = 43.15, p=.0$	Existe una asociación entre los atributos estrés y tumultos en la entrada de los articulados. Se observó que el 70.8% de los individuos que han sentido estrés al hacer uso de Transmilenio, experimentan tumultos a la entrada de los articulados.
5. Las personas que empujan al abordar el articulado, consideran que las demás personas empujan como animales.	1. Comportamiento al abordar. 2. Comportamiento de las personas.	$\chi^2(12, N=385) = 22.17, p=.04$	Existe una asociación entre los atributos empuja y empujan como animales. Se observó que el 83.3% de los individuos que empujan al abordar un articulado, consideran que las demás personas empujan como animales.
6. Las personas que empujan al abordar el articulado sienten estrés.	1. Comportamiento al abordar. 2. Sentimiento de uso.	$\chi^2(16, N=385) = 37.76, p=.01$	Existe una asociación entre los atributos empuja y estrés. Se observó que el 81,7% de los individuos que empujan al abordar el articulado, sienten estrés al hacer uso de Transmilenio.
7. Las personas que esperan más de 12 minutos un articulado sienten estrés.	1. Tiempo de Espera. 2. Sentimiento de uso.	$\chi^2(16, N=385) = 27.39, p=.04$	Existe una asociación entre los atributos estrés y más de 12 minutos. Se observó que el 68.5% de los individuos que esperan más de 12 minutos un articulado, sienten estrés.

8. Las personas que se demoran entre 7-9 minutos esperando un articulado tienen poco conocimiento de las normas de Transmilenio.	1. Conocimiento de las normas. 2. Tiempo de espera.	$\chi^2(16, N=385) = 44.76, p = .0$	Existe una asociación entre los atributos 7-9 minutos y pocas. Se observó que el 47,1% de los individuos que se demoran entre 7-9 minutos esperando un articulado, tienen poco conocimiento de las normas de Transmilenio.
9. Las personas que ven casi siempre al personal encargado del orden en Transmilenio consideran que su labor no ha tenido ningún impacto.	1. Frecuencia del personal encargado del orden. 2. Impacto del personal encargado del orden.	$\chi^2(16, N=385) = 162.85, p = .0$	Existe una asociación entre los atributos casi siempre y ningún. Se observó que el 33,9% de los individuos que ven casi siempre al personal encargado del orden en Transmilenio, consideran que su labor no ha tenido ningún impacto.
10. Las personas del género femenino, consideran que enviar mayor número de buses mejoraría el servicio de Transmilenio.	1. Género. 2. Solución al servicio.	$\chi^2(3, N=385) = 9.75, p = .02$	Existe una asociación entre los atributos femenino y enviar mayor número de buses. Se observó que el 68,0% de los individuos del género femenino, consideran que enviar mayor número de buses mejoraría el servicio de Transmilenio.
11. Las personas que experimentan tumultos a la entrada de los articulados, consideran que la norma más importante en Transmilenio es hacer la fila de espera en forma ordenada y respetando el turno de llegada.	1. Experiencia en Transmilenio. 2. Norma más importante.	$\chi^2(15, N=385) = 41.28, p = .0$	Existe una asociación entre los atributos tumultos en la entrada de los articulados y hace la fila de espera del bus en forma ordenada y respeta el turno de llegada. Se observó que el 40,6% de los individuos que experimentan tumultos a la entrada de los articulados, consideran que la norma más importante en Transmilenio es hacer la fila de espera en forma ordenada y respetando el turno de llegada.

Identificando las asociaciones entre los pares de variables se realizó la prueba Log-lineal; método utilizado para analizar los tipos de relación que se pueden establecer entre los factores de una tabla de contingencia (Christensen, 2006). Los resultados obtenidos muestran una asociación especialmente en los individuos de género masculino, entre los 26-33 años, que perciben poca cultura ciudadana en el servicio de Transmilenio y no hacen la fila al momento de esperar y abordar el articulado ( $\chi^2(12, N=385) = 28.53, p = .01$ ).

**6.1.4 Mensaje para la aplicación del aprendizaje por reglas:** Una vez identificadas las asociaciones entre las variables, se determinaron los mensajes para el estudio del aprendizaje por reglas (Ver anexo 16):

Mensaje de manera prescriptiva: Haga la fila, así contribuye a la rapidez en el servicio.

Mensaje de manera descriptiva: Respete la fila. Todos los que contribuyen al buen servicio, lo hacen.

**6.2 Resultados simulación por agentes:** La interacción de los agentes dictada por las condiciones y parámetros del modelo “Dinámica de pasajeros en la plataforma de abordaje H15 del portal Suba de Transmilenio” (Ver anexo 9) se analiza a continuación:

### 6.2.1 Análisis estadístico

**6.2.1.1 Estadísticos descriptivos:** La menor media y desviación se concentró en el tipo de obstáculo Fila con  $M=65.33$  s ( $SD=2.99$ ) seguido por el tipo de obstáculo Control de flujo con  $M=69.80$  s ( $SD=7.94$ ) (Ver tabla 3).

Tabla No. 3.

*Estadísticos descriptivos del modelo de simulación “Dinámica de pasajeros en la plataforma de abordaje H15 del portal Suba de Transmilenio.”*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
<b>Situación actual</b>	39	61.50	109.00	78.98	10.65
<b>Fila</b>	39	61.00	73.50	65.33	2.99
<b>Control de flujo</b>	39	49.50	95.00	69.80	7.94
<b>Obstáculo columna</b>	39	54.50	97.50	77.48	9.48
<b>Entrada en cono</b>	39	67.00	112.50	85.30	9.08

Fuente: Construcción de los autores.

**6.2.1.2 Pruebas de normalidad Kolmogórov-Smirnov:** Las pruebas no paramétricas dieron como resultado que la variable tiempo de abordaje se distribuye normal con  $p > 0.5$  en cada uno de los tipos de obstáculos.

**6.2.1.3 Modelo ANOVA de un factor:** El análisis univariado de varianza mostró que existe un efecto del tipo de obstáculo en el tiempo de abordaje ( $F(4,194) = 33.74, p = .00$ ). Esto significa que hay diferencia significativa entre los tiempos medios de los tipos de obstáculos.

**6.2.1.4 Pruebas post hoc de diferencia de medias:** La prueba HSD Tukey mostró que la media de los grupos Fila y Control de flujo difiere significativamente de la media de los grupos: Situación actual, Obstáculo columna y Entrada en cono con  $p < .05$ . El grupo Obstáculo columna no mostró diferencia significativa con el grupo Situación actual y el grupo Entrada en cono difiere significativamente de todos los otros grupos ambos con  $p > .05$ .

**6.2.1.5 Regresión Bayesiana:** La siguiente ecuación representa el modelo estadístico según la regresión para el modelo estadístico basado en el modelo de simulación “Dinámica de pasajeros en la plataforma de abordaje H15 del portal Suba de Transmilenio.”

$$TiempoAbordaje_{ij} = 85.30 - 6.32(Situación\ actual) - 19.97(Fila) - 15.50(Control\ de\ flujo) - 7.82(Obstaculo\ columna)$$

**6.2.2 Análisis de Decisiones Multicriterio:** El modelo estadístico reveló como únicas dos posibilidades de elección: los tipos de obstáculo Fila y Control de flujo. Para la selección del modelo, que sería llevado a la fase experimental (c), se realizó un análisis multicriterio donde también incluyera factores inexistentes en el modelo de

simulación (Ver tabla 4). Viabilidad para Transmilenio S.A., sostenibilidad del modelo y costo, fueron los factores adicionales que se tuvieron en cuenta dentro de este análisis. Fue seleccionado el tipo de obstáculo Fila.

Tabla No. 4.  
Evaluación multicriterio para los tipos de obstáculo Fila y Control de flujo.

Factor	Ponderación del factor	Evaluación		Total (Evaluación * Ponderación)	
		Fila	Control de flujo	Fila	Control de flujo
Efecto en el tiempo de abordaje según el modelo estadístico	9	9	8	81	72
Viabilidad para Transmilenio S. A	8	7	5	56	40
Sostenibilidad del modelo	8	7	6	56	48
Costo	7	6	7	42	49
				<b>235</b>	<b>199</b>

Fuente: Construcción de los autores

### 6.3 Resultados modelo experimental

Una vez seleccionado el obstáculo con mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje, obstáculo fila, se procedió a la puesta en marcha del modelo experimental. El día uno de experimento se evidenció que la acomodación de la fila dos, por el comportamiento de los usuarios, era preferible en forma de L. Se mantuvieron las mismas condiciones experimentales para todos los días de experimento. Con los resultados, la prueba Kolmogórov-Smirnov mostró que la variable respuesta se distribuía normal con  $p > .05$ . Para su análisis se dividió la muestra por grupo experimental. El análisis univariado de varianza del grupo experimental prescriptiva mostró que existe diferencia significativa entre los tiempos medios de abordaje entre el obstáculo, la norma y la interacción de los dos ( $F(1,100) = 5.13, p = .02$ ). El análisis univariado de varianza del grupo experimental descriptiva mostró que existe diferencia significativa entre los tiempos medios de abordaje entre el obstáculo, la norma y la interacción de los dos ( $F(1,100) = 4.11, p = .04$ ). La menor de las medias se encuentra en el grupo factorial con obstáculo - con norma descriptiva con  $M=59.48s$  ( $SD=11.79$ ), lo que indicó que este grupo factorial tiene el mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje (Ver anexo 17).

Estos resultados coincidieron con Deutsch et al., (1955), quienes sustentan que aquello que realiza la mayoría es percibido como un comportamiento consensuado y fiable que indica a la persona cuál es la conducta adecuada en

esas circunstancias, y que respondería a la necesidad de actuar de la manera más efectiva y exitosa posible. De acuerdo a lo anterior, Cialdini et al., (1990) ha demostrado que lo que las personas perciben que los otros hacen, tiene una mayor influencia en el comportamiento de las personas, que las sanciones. Por ello, la norma descriptiva, al indicar lo que hace usualmente las personas, conlleva a una mayor influencia en el cumplimiento de las reglas.

#### 6.4 Resultados comprobación del diseño

Una vez seleccionada la dinámica con mayor efecto en la disminución del tiempo de abordaje, se midió el impacto de la solución encontrada en la percepción de los usuarios. Con las encuestas de percepción aplicadas, se realizó con base en el grupo experimental seleccionado, descriptiva en este caso, y las variables dependientes, un análisis estadístico de asociación de variables (Ver anexo 18). Se encontró significancia estadística entre el grupo factorial y la percepción de la cultura ciudadana haciendo fila, el grupo factorial y el comportamiento al abordar un articulado, el grupo factorial y la percepción de la cultura, el grupo factorial y el sentimiento al hacer uso de Transmilenio, entre el grupo factorial y la experiencia de uso de Transmilenio, entre el grupo factorial y la norma más importante, y entre el grupo factorial y el impacto del personal encargado del orden (Ver tabla 5).

Tabla No. 5.  
*Análisis encuestas de percepción (Post-dinámica)*

	Grupo Factorial	Conclusión
Percepción de la cultura ciudadana haciendo fila	$\chi^2(12, N=483) = 113.93, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial con obstáculo - con norma descriptiva, el 47.9% de personas consideraron que la cultura ciudadana al hacer la fila mejora demasiado.
Comportamiento al abordar	$\chi^2(12, N=483) = 81.28, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial con obstáculo - sin norma descriptiva, la mayoría de las personas (74.6%) consideraron que hacían la fila al abordar un articulado.
Percepción de la cultura ciudadana	$\chi^2(12, N=483) = 76.16, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial sin obstáculo - sin norma descriptiva, el 59.7% de las personas consideraron que hay muy poca cultura ciudadana.
Sentimiento de uso.	$\chi^2(15, N=483) = 63.11, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial con obstáculo - con norma descriptiva, el 69.4% de las personas sintieron estrés al hacer uso de Transmilenio en hora pico.
Experiencia en Transmilenio	$\chi^2(15, N=483) = 158.29, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial con obstáculo - con norma descriptiva, el 61.2% de las personas consideraron que el atributo que más se relaciona con su experiencia en Transmilenio es el orden en la entrada de los articulados.
Norma más importante	$\chi^2(9, N=483) = 57.0, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial con obstáculo - sin norma descriptiva, el 49.2% de las personas consideraron que la norma más importante en Transmilenio es hacer la fila de espera del bus en forma ordenada y respetando el turno de llegada.
Impacto del personal encargado del orden	$\chi^2(12, N=483) = 150.2, p=.0$	El día en que se midió el grupo factorial sin obstáculo - con norma descriptiva, el 62.8% de las personas consideraron que el personal encargado del orden de Transmilenio tuvo bastante impacto.

Buscando comparar la percepción de los usuarios antes y después de la dinámica, se seleccionó una muestra aleatoria  $N=121$  de la muestra total de la encuesta de percepción antes de la dinámica a través de SPSS y se realizó nuevamente un análisis estadístico de asociación de variables con base en el grupo de análisis: (a) antes y (b) después; y las variables dependientes. Se comprobó una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de análisis y la

percepción de la cultura ciudadana  $\chi^2(4, N=242) = 43.93, p=0$ , identificando que antes de la dinámica el 51.2 % de los individuos percibieron muy poca cultura ciudadana y después de la dinámica el 15.7% tuvo esta percepción. y el 50.41% la percibió regular. El impacto del personal encargado del orden de Transmilenio también presentó una diferencia estadísticamente significativa  $\chi^2(4, N=242) = 107.8, p=0$ , observando que antes de la dinámica el 39.6 % consideraba que el impacto del personal encargado del orden era poco y después de la dinámica el 19.83 % consideró lo mismo y el 59.5 % lo consideró bastante (Ver anexo 19). Estos resultados muestran el impacto de la dinámica de pasajeros en la percepción de los usuarios.

Los resultados experimentales comprobaron lo que Cialdini habla en la Teoría de la Persuasión. Según Cialdini (2006), el principio de *la reciprocidad* es el mecanismo más básico y fuerte de la mayor parte de las interacciones humanas; se basa en compensar las situaciones que nos ocurren hasta alcanzar un objetivo. Cuando se brinda a los usuarios un sistema ordenado, seguro y respetuoso; y se muestra interés en la mejora de este, da como resultado orden, seguridad y respeto por parte de los usuarios e interés a contribuir en la mejora del sistema. El principio de *autoridad*, al plantear que las personas que tienen una posición de liderazgo o notoriedad gozan de mayor credibilidad, demuestra que el apoyo de mediadores es reflejo de autoridad dentro del sistema, razón de que los usuarios consideren que el impacto del personal encargado del orden después de la dinámica fuera bastante. La *aprobación social* plantea que los individuos tienden a sumarse a lo que el entorno social que los rodea aprueba o rechaza. El mensaje empleado logra persuadir a las personas indicándoles que todos los que contribuyen al buen servicio hacen la fila y logrando que los demás tiendan a creer lo mismo. El principio de la *escasez* afirma que la percepción de escasez siempre genera demanda debido a que los individuos tienen que saber qué se está perdiendo si no actúa rápidamente. Este principio se aplicó en la dinámica en forma de motivación y beneficio para el sistema. Al ser Transmilenio el sistema de transporte público con mayor demanda, si se contribuye al buen servicio mejorará el orden del sistema, el tiempo de abordaje disminuirá, los usuarios podrán llegar más rápido al lugar de destino y obtendrán más tiempo para sus tareas diarias. Otros principios como el compromiso y coherencia, y unidad también son comprobados.

El principio de *compromiso y coherencia* comprueba como un individuo estará más dispuesto a aceptar una propuesta si esta se alinea con los compromisos y afirmaciones que ella misma ha declarado ante la persona que se la ofrece. Los individuos al declarar en la investigación cualitativa y cuantitativa que la norma más importante es hacer la fila tuvieron tendencia a ser persuadidos por la norma. La *unidad*, lleva al principio de la *empatía* a un nivel, afirma que cuanto más se percibe a los individuos como parte de un “nosotros” aumenta la probabilidad de que sean persuadidos. Se hace ver a cada individuo de la plataforma de abordaje como parte del grupo de usuarios del servicio H15, haciendo entrega a cada uno del mensaje y afirmando que si hacen la fila contribuirán al buen servicio.

Adicional, para corroborar estos resultados, el análisis estadístico descriptivo permitió analizar las dos preguntas que se incluyeron en el estudio de comprobación. (Ver anexo 20). El 41.1% de los individuos encuestados al azar afirmó haber recordado el mensaje; sin embargo, la gran mayoría (91,9%) no compartió el mensaje con alguien más. Sumando a lo anterior, la prueba Kolmogórov-Smirnov mostró que la variable respuesta en la prueba de comprobación que se realizó de la dinámica se distribuye normal con  $p > .05$ . Se realizó una prueba *t* para muestras independientes con los valores de la variable respuesta del grupo factorial seleccionado y de la comprobación, para contrastar la hipótesis de igualdad de medias. Con  $t(48) = -1.92, p = .06$ , se comprobó que no existe diferencia significativa entre las medias de los dos grupos de análisis y se garantiza la veracidad de los resultados obtenidos en este estudio (Ver anexo 21). Estos resultados mostraron un impacto positivo en la percepción de los usuarios frente al sistema y una disminución del 24,58% del tiempo de abordaje a los articulados.

## **7. Conclusiones y recomendaciones**

La entrevista cualitativa fue un instrumento fiable para el estudio con un alfa de Cronbach de .88. Se logró un primer acercamiento a la percepción de los usuarios frente al sistema BRT de Bogotá, y de esta manera, se logró identificar las variables de comportamiento de los usuarios que influyen en el abordaje a los articulados. Existe evidencia

significativa para afirmar que el género masculino de entre 26-33 años considera que hay poca cultura ciudadana en Transmilenio y afirman que no hacen la fila al momento de abordar el articulado. De igual manera se encontró evidencia suficiente para afirmar que las personas se comportan de la misma manera en que lo hacen las personas de su entorno. Estos hallazgos coinciden con Cialdini et al., (2006) quienes afirman que la prueba social es la tendencia a ver una acción como más apropiada cuando otros la están haciendo.

El tiempo de abordaje influye en la percepción de los usuarios (TRB, 2003). Esto se vio reflejado en la dinámica de pasajeros dónde el efecto en la disminución del tiempo de abordaje fue mayor. Se encontró evidencia significativa para afirmar que los usuarios con la dinámica de pasajeros seleccionada: con obstáculo y con norma descriptiva, consideraron que la cultura ciudadana haciendo la fila mejora demasiado. Este resultado coincide con Biel & Thøgersen (2007), quienes afirman que el uso de obstáculos como dispositivos de canalización aumenta el flujo de personas y que el aprendizaje por reglas es la mejor opción para persuadir a los individuos en la adopción de un comportamiento. Los resultados arrojan que antes de la dinámica, las personas percibían muy poca cultura ciudadana mientras que después de la dinámica los usuarios calificaron la cultura ciudadana como regular, y, además, satisfacen los deseos de los usuarios los cuales se ven evidenciados en la investigación realizada por Rincón et al., (2016) quienes afirman que los usuarios desean un sistema más ordenado y una mejora de la ética urbana. Las personas experimentaron orden en la entrada de los articulados (61,2%) y afirmaron que la norma más importante para cumplir es la de hacer la fila de espera del bus en forma ordenada y respetar el turno de llegada (52,4%). La dinámica logró una disminución del 24.58 % en el tiempo de abordaje a los articulados. Lo anterior, dio respuesta al objetivo planteado en la investigación.

Con un tiempo de abordaje promedio de  $M=59.48s$  ( $SD=11.79$ ) de la dinámica de pasajeros seleccionada, la literatura sustenta que la capacidad del sistema está ligeramente por encima del 50%. Transmilenio debe concentrar esfuerzos en organizar el sistema con los recursos que posee actualmente. En el caso de Portal Suba, existen nueve zonas de abordaje que funcionan sin la intervención de la empresa, y específicamente en la plataforma de abordaje del articulado H15, hay un espacio sin intervención de aproximadamente  $40m^2$  desaprovechado. Esta situación se repite alrededor del sistema. La dinámica de abordaje fila probó ser crítica en la percepción de los usuarios y hace parte del conjunto de soluciones a corto plazo en el que debe invertir Transmilenio.

El modelo experimental afianzó los resultados de la simulación basada en agentes. La dinámica de abordaje en fila en la simulación reportó un tiempo promedio de  $M=61.33s$  ( $SD=2.99$ ) con una diferencia de +1.85s con respecto a la dinámica de pasajeros realizada. La simulación también preveía una disminución en la variación de los tiempos de abordaje aplicando la dinámica fila, pero al llevarlo al modelo experimental e incluir el factor humano en la ecuación, se observaron comportamientos en los pasajeros que no fueron modelados. Ejemplos de esto: las personas que toman a la fuerza un puesto adelante en la fila, la relación entre la agresividad de los pasajeros y la demora de los buses y los usuarios que llegan al comienzo de fila que deciden no tomar el siguiente servicio.

El impacto en la intervención en el abordaje a los articulados ocasionó mejoras en el orden, en el acceso a personas discapacitadas y en el aprovechamiento del espacio disponible en las plataformas (Ver anexo 22). Se recomienda que, al emplear el obstáculo, se tenga en cuenta las características de la plataforma para lograr un diseño adecuado del esquema de fila a realizar, la optimización del espacio y la comprensión del esquema por parte de los usuarios.

Se recomienda continuar realizando futuras investigaciones en el tema de obstáculos, aprendizaje por reglas y comportamiento de los usuarios en espacios públicos. Estas investigaciones se basaron en un experimento realizado durante 6 días y teniendo en cuenta las variables que influían en la percepción de los usuarios frente al servicio de Transmilenio, ya que con estas variables se obtuvieron resultados positivos. Sin embargo, se recomienda seguir indagando sobre nuevas dinámicas relacionadas con la disminución del tiempo de abordaje de articulados y mejoramiento de la percepción de los usuarios frente al servicio.

## 8. Glosario

**Abordaje:** Acto de subir a bordo de un vehículo en el Sistema, antes de que este inicie su movimiento (Transmilenio, 2016).

**Aprendizaje por reglas:** Dinámica de aprendizaje que permite el uso de reglas para llevar a cabo procesos de formación ciudadana basada en generar conciencia sobre la importancia de cumplir la norma. Si todos los ciudadanos aceptan, todos se benefician (Burbano y Páramo, 2008).

**BRT:** —Por sus siglas en inglés— Bus Rapid Transit. Sistema de buses de tránsito rápido que circulan por carriles exclusivos de corredores troncales (Transmilenio, 2016).

**Bus Articulado:** Vehículo troncal que cuenta con dos vagones y con una articulación en el medio. Los vehículos operan en los corredores exclusivos del sistema Transmilenio (Transmilenio, 2016).

**Bus Transmilenio:** Vehículo con una tipología específica que cumple con las características y condiciones previstas en los distintos contratos de concesión, que opera en los corredores exclusivos del Sistema Transmilenio y en las Zonas de alimentación establecidas en los mismos (Transmilenio, 2016).

**Capacidad de Vehículo:** Número máximo de pasajeros que puede transportar el vehículo (Transmilenio, 2016).

**CONPES:** —Por sus siglas— Consejo Nacional de Política Económica y Social. Es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país (DNP, 2016).

**Demanda:** Cantidad de pasajeros que requieren ser movilizados en un determinado rango de tiempo y espacio (Transmilenio, 2016).

**Estación:** Es el lugar autorizado para el ascenso y el descenso de pasajeros (Transmilenio, 2016).

**Frecuencia de paso o de servicio:** Es la tasa de paso de vehículos en una unidad de tiempo determinado. (Transmilenio, 2017).

**Hacinamiento:** Densidad alta de personas en vehículos, estaciones, paraderos y accesos (Tirachini et al., 2013).

**Indicador:** Herramienta que permite conocer el estado y/o evolución de una organización, objeto, situación. Relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permiten observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto a objetivos y metas previstas e influencias esperadas (Transmilenio, 2016).

**Normatividad:** Marco regulatorio nacional que existe en el ordenamiento jurídico y que regula los distintos comportamientos y acciones de toda persona natural o jurídica en dicho territorio (Transmilenio, 2016).

**Observación Participante:** Nota escrita presentada por los Concesionarios que explica o aclara un dato o información, la cual debe ir soportada por evidencias que demuestren la veracidad de lo observado y que pueden servir para argumentar la no ocurrencia de los hechos, infracción o hallazgo identificado. Estas deben presentarse de forma individual como respuesta al Informe Preliminar (Transmilenio, 2016).



**Oferta:** Capacidad de transporte que puede ofrecerse por tramo, se especifica en cantidad de usuarios que pueden ser movilizados por tramo y por unidad de tiempo (Transmilenio, 2016).

**Operación del Sistema Transmilenio:** Actividad desarrollada por los buses del Sistema Transmilenio, tendiente a la prestación del servicio de transporte masivo de pasajeros entre puntos de parada ubicados sobre los corredores exclusivos del Sistema Transmilenio y cada una de las zonas de alimentación desde y hacia el Portal y/o Estación intermedia respectiva (Transmilenio, 2016).

**Orientador o Mediador:** funcionario encargado de guiar a los usuarios en el sistema con el fin de optimizar el servicio de transporte (Transmilenio, 2016).

**Plataforma:** Es el lugar autorizado para el ascenso y el descenso de pasajeros (Transmilenio, 2016).

**Pasajero:** Persona distinta del conductor que se transporta en un vehículo público (Transmilenio, 2016).

**Plan de desarrollo:** Descripción de las metas, objetivos, estrategias y actividades sobresalientes que comprometen al Estado y en particular a cada una de las entidades territoriales que lo integran, con efectos para cada período de gobierno y los recursos que se destinarán para su cumplimiento. Es la principal expresión formal de la planeación (Transmilenio, 2016).

**Reglas:** Mecanismos de procesos de aprendizajes, que forman comportamiento y establecen parámetros para las prácticas de los ciudadanos en la dinámica del espacio público urbano (Burbano y Páramo, 2008).

**Tiempo de abordaje:** Tiempo de abordaje se define como el tiempo que pasa un bus en una plataforma o parada atendiendo los movimientos de pasajeros, incluyendo el tiempo de apertura y cierre de puertas (TRB,2003)

**TRANSMILENIO S.A. (TMSA):** Empresa de Transporte del Tercer Milenio, sociedad por acciones del Orden Distrital con personería jurídica, participación exclusiva de entidades públicas, autonomía administrativa, financiera, presupuestal y patrimonio propio. Es el Ente Gestor del sistema de transporte público masivo intermodal de pasajeros de la ciudad Bogotá D.C (Transmilenio, 2016).

**TRANSMILENIO®:** La marca TRANSMILENIO es una marca debidamente registrada y vigente ante la Superintendencia de Industria y Comercio desde el año 1999, fecha desde la cual ha venido siendo utilizada ininterrumpidamente para proteger servicios relacionados con el transporte y catalogada como marca notoria (Transmilenio, 2016).

**Troncal:** Vía principal integrante del Sistema Transmilenio, dotada de infraestructura urbana especial y específica para la circulación de los autobuses troncales del Sistema, para el acceso, embarque y desembarque de pasajeros, y para el recaudo del valor de los pasajes por el uso del Sistema Transmilenio, definida como troncal para efectos de la operación por TRANSMILENIO S.A (Transmilenio, 2016).

**Usuario:** Ciudadano o ciudadana a quien le presta la Entidad un servicio de transporte y la comunicación de información en la vía en caso de ser necesario (Transmilenio, 2016).

**Vía Exclusiva:** Vía principal, dotada de infraestructura urbana especial y específica para la circulación de los buses del Sistema, definida para efectos de la operación por TRANSMILENIO S.A. (Transmilenio, 2016).

**Viaje:** Es un (1) recorrido de ida o de vuelta de un vehículo en un determinado sentido (media vuelta) (Transmilenio, 2016).

## 9. Tabla de Anexos o Apéndices

Tabla No. 6.

*Tabla de anexos*

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo	Enlace corto
1	Observación participante	Propio	PDF	<a href="https://afly.co/6hg2">https://afly.co/6hg2</a>
2	Investigación empírica – Investigación cualitativa	Propio	Excel	<a href="https://afly.co/6hk2">https://afly.co/6hk2</a>
3	Juicio de expertos	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/mzreq">http://xurl.es/mzreq</a>
4	Preguntas entrevista cualitativa	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/1i2mb">http://xurl.es/1i2mb</a>
5	Análisis textual – Investigación cualitativa	Propio	Excel	<a href="http://xurl.es/ey6d6">http://xurl.es/ey6d6</a>
6	Cuadro de mando	Propio	Excel	<a href="http://xurl.es/b0igm">http://xurl.es/b0igm</a>
7	Cálculo tamaño de muestra	Propio	Excel	<a href="http://xurl.es/abnm2">http://xurl.es/abnm2</a>
8	Investigación cuantitativa – Encuestas (Pre-dinámica)	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/wcux7">http://xurl.es/wcux7</a>
9	Simulación por agentes	Propio	HTM Excel	<a href="http://xurl.es/3ubuv">http://xurl.es/3ubuv</a>
10	Diseño factorial general completo – Matriz	Propio	NLOGO Excel	<a href="http://xurl.es/u4b5g">http://xurl.es/u4b5g</a>
11	Investigación cuantitativa – Encuestas (Post-Dinámica)	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/8fzzt">http://xurl.es/8fzzt</a>
12	Plano plataforma de abordaje H15	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/oi3if">http://xurl.es/oi3if</a>
13	Alfa de Cronbach	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/tvdrf">http://xurl.es/tvdrf</a>
14	Descripción de las variables de comportamiento de los usuarios	Propio	Excel	<a href="http://xurl.es/nqxy">http://xurl.es/nqxy</a>
15	Análisis encuesta de percepción (Pre-dinámica)	Propio	Excel PDF HTM	<a href="http://xurl.es/wyxa2">http://xurl.es/wyxa2</a>
16	Selección del mensaje para la aplicación del aprendizaje por reglas	Propio	Excel	<a href="http://xurl.es/epi14">http://xurl.es/epi14</a>

17	Análisis de resultados dinámica de pasajeros	Propio	HTM PDF	<a href="http://xurl.es/81wrd">http://xurl.es/81wrd</a>
18	Análisis encuesta de percepción (Post-dinámica)	Propio	Excel PDF HTM	<a href="http://xurl.es/iz4an">http://xurl.es/iz4an</a>
19	Análisis encuesta de percepción (Pre-dinámica y Post-dinámica)	Propio	PDF HTM	<a href="http://xurl.es/tsdk6">http://xurl.es/tsdk6</a>
20	Análisis encuestas comprobación experimental	Propio	PDF HTM	<a href="http://xurl.es/qytza">http://xurl.es/qytza</a>
21	Análisis Experimento – Comprobación	Propio	PDF HTM	<a href="http://xurl.es/ngog4">http://xurl.es/ngog4</a>
22	Segmentos de video y fotos	Propio	JPG MP4	<a href="http://xurl.es/kx7cw">http://xurl.es/kx7cw</a>
23	Mensajes – Separadores de libro	Propio	PDF	<a href="http://xurl.es/kwatr">http://xurl.es/kwatr</a>

## 10. Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2016). Informe de gestión 2016. Recuperado de <http://bit.ly/2RuisAG>
- Alonso-Marroquín, F., Azeezullah, S. I., Galindo-Torres, S. A., & Olsen-Kettle, L. M. (2012). Bottlenecks in granular flow: When does an obstacle increase the flow rate in an hourglass?. Recuperado de <http://bit.ly/2OIPdvs>
- Biel, A., & Thøgersen, J. (2007). Activation of social norms in social dilemmas: A review of the evidence and reflections on the implications for environmental behaviour. Recuperado de <https://bit.ly/2KMOd7U>
- Bocarejo, J. P. (2009). La movilidad bogotana en el largo plazo y las políticas que garanticen su sostenibilidad. Recuperado de <https://bit.ly/2XaZocv>
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. Recuperado de <https://bit.ly/2Jk4bTU>
- Buchmuller, S., & Weidmann, U. (2006). Parameters of pedestrians, pedestrian traffic and walking facilities. Recuperado de <https://bit.ly/2XxxRGd>
- Butler, D., Steudle, K., & Skinner, R. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition. Recuperado de <https://bit.ly/2ZVYItg>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2016, diciembre). Encuesta de Percepción sobre las condiciones, calidad y servicio a los usuarios de Transmilenio, SITP y TPC. Recuperado de <http://bit.ly/2BZrQag>
- Chaurand, R. Avila, Leon, L. Prado, & Muñoz, E. Gonzalez. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Recuperado de <https://bit.ly/2RxPMYb>
- Cheng, Y. H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. Recuperado de <https://bit.ly/2KNdZJj>
- Christensen, R. (2006). Log-linear models and logistic regression. Springer Science & Business Media. Recuperado de <https://bit.ly/2NjfhOn>

- Cialdini, R. B., Demaine, L. J., Sagarin, B. J., Barrett, D. W., Rhoads, K., & Winter, P. L. (2006). Managing social norms for persuasive impact. Recuperado de <http://bit.ly/2QwJNRC>
- Cialdini, R. B., Reno, R. R., & Kallgren, C. A. (1990). A focus theory of normative conduct: recycling the concept of norms to reduce littering in public places. Recuperado de <https://bit.ly/2XESznI>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2.da ed.). Recuperado de <https://bit.ly/2YiC0eq>
- DANE. (2005). El Censo 2005 dejar ver una nueva realidad demográfica. Recuperado de <https://bit.ly/1u0fH7T>
- DANE. (2018). DANE | Información para todos. Recuperado de <https://bit.ly/2Ynu4IT>
- Departamento Nacional de Planeación. DNP. (1998). Sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros de Santafé de Bogotá. DNP. Recuperado de <https://bit.ly/1wV1WZJ>
- Deutsch, M., & Gerard, H. B. (1955). A study of normative and informational social influences upon individual judgment. Recuperado de <https://bit.ly/2JevKhv>
- Feliciani, C., Murakami, H., & Nishinari, K. (2018). A universal function for capacity of bidirectional pedestrian streams: Filling the gaps in the literature. Recuperado de <https://bit.ly/2NmtcDv>
- Fernandez, R., Valencia, A., & Seriani, S. (2015). On passenger saturation flow in public transport doors. Recuperado de <http://bit.ly/2Rws6Ty>
- Frank, G. A., & Dorso, C. O. (2011). Room evacuation in the presence of an obstacle. Recuperado de <http://bit.ly/2zVhNBB>
- Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *Recuperado de* <https://bit.ly/2XFPoMK>
- Gutierrez, H., & De la vara, R., (2008, noviembre). Análisis y Diseño de Experimentos. Recuperado de <https://bit.ly/2HQCD9V>
- Helbing, D., Buzna, L., Johansson, A., & Werner, T. (2005). Self-Organized Pedestrian Crowd Dynamics: Experiments, Simulations, and Design Solutions. Recuperado de <http://bit.ly/2zVC2PT>
- Helbing, D., & Molnár, P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. Recuperado de <https://bit.ly/2Lu6TJ9>
- Hernandez, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Recuperado de <https://bit.ly/2FGV8eV>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2008). El matrimonio cuantitativo cualitativo: el paradigma mixto. Recuperado de <https://bit.ly/2ZVwPBv>
- Hidalgo, D., Lleras, G., & Hernández, E. (2013). Methodology for calculating passenger capacity in bus rapid transit systems: Application to the TransMilenio system in Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bit.ly/2OFGDxA>
- IBM. (2011). IBM Knowledge Center. Recuperado de <https://ibm.co/2LpIzbz>

- ICONTEC. (2005, 11 julio). ACCESSIBILITY TO PHYSICAL ENVIRONMENT. ACCESSIBLE BUS STOPS FOR PUBLIC, COLLECTIVE AND MASSIVE TRANSPORTATION. Recuperado de <http://bit.ly/2y7fDNZ>
- Jacobson, R. P., Mortensen, C. R., & Cialdini, R. B. (2011). Bodies obliged and unbound: Differentiated response tendencies for injunctive and descriptive social norms. Recuperado de <https://bit.ly/2XHVk7G>
- Jaiswal, S., Bunker, J., & Ferreira, L. (2010). Influence of Platform Walking on BRT Station Bus Dwell Time Estimation: Australian Analysis. Recuperado de <http://bit.ly/2zVdUg8>
- Kim, S., Choi, J., & Kim, S. (2013). Roadside walking environments and major factors affecting pedestrian level of service. Recuperado de <https://bit.ly/322Kvwk>
- Kirk, R. (1995). Experimental Design, Procedures for the Behavioral Sciences. Recuperado de <https://bit.ly/2Xztw5w>
- Ledesma, R., Macbeth, G. y Cortada de Kohan, N. (2009). Computing Effect Size Measures with ViSta-The Visual Statistics System. Recuperado de <https://bit.ly/2YIRL4h>
- Lundberg, U. (1976). Urban commuting: Crowdedness and catecholamine excretion. Recuperado de <https://bit.ly/2J9CxZS>
- Macal, C. M. (2016). Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. Recuperado de <https://bit.ly/2Jk5bHE>
- Macal, C. M., & North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. Recuperado de <https://bit.ly/2IYD9T9>
- Mahudin, N. M., Cox, T., & Griffiths, A. (2011). Modelling the spillover effects of rail passenger crowding on individual well being and organisational behaviour. Recuperado de <https://bit.ly/2LpZFWI>
- Mertens, D. M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage publications. Recuperado de <https://bit.ly/2Yopie6>
- Montgomery, D. C. (2004). Diseño y análisis de experimentos. Recuperado de <https://bit.ly/2YiMYkg>
- Morales-Vallejo, P. (2012). El tamaño del efecto (effect size): Análisis complementarios al contraste de medias. Recuperado de <https://bit.ly/2XHWHIp>
- Muñoz, J. C., Soza-Parra, J., Didier, A., & Silva, C. (2018). Alleviating a subway bottleneck through a platform gate. Recuperado de <http://bit.ly/2E1qD51>
- Murata, M., Delgado Campos, J., & Suárez Lastra, M. (2017). ¿Por qué la gente no usa el Metro? Efectos del transporte en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Recuperado de <https://bit.ly/31T5H82>
- Páramo, P. (2010). SITUATED LEARNIG: CRIATION AND MODIFICATION OF SOCIAL PRACTICES IN URBAN PUBLIC SPACE. Recuperado de <http://bit.ly/2QyIbXv>
- Pels, M., Barhorst, J., Michels, M., Hobo, R., & Barendse, J. (2005). Tracking People Using Bluetooth: Implications of Enabling Bluetooth Discoverable Mode. *Final report, University of Amsterdam*. Recuperado de <https://bit.ly/2xnIahq>
- Personería de Bogotá. (2017). Revisión a la gestión pública frente al cumplimiento de las frecuencias de los articulados en el sistema troncal de Transmilenio. Recuperado de: <https://bit.ly/2FFHYpC>

- Piñeiro Eleder (2015). Observación participante: Una introducción. Recuperado de <https://bit.ly/2LrL8K1>
- Railsback, S. F., Lytinen, S. L., & Jackson, S. K. (2006). Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations. Recuperado de <https://bit.ly/2IYEcCz>
- Rincon García, N., Navarro Gomez, D. L, Alvarado Valencia, J. A, Aguirre Mayorga, H. S, & Salazar Arrieta, F. (2017, 21 enero). BRT AND BUS USERS QUALITY EXPECTATIONS REGARDING METRO DESIGN. Recuperado de <http://bit.ly/2QxZZSv>
- Schelenz, T., Suescun, Á., Wikström, L., & Karlsson, M. (2014). Application of agent based simulation for evaluating a bus layout design from passengers' perspective. Recuperado de <https://bit.ly/2ZSd91i>
- Seriani, S., & Fernandez, R. (2015). Pedestrian traffic management of boarding and alighting in metro stations. FONDECYT-Chile, . Recuperado de <http://bit.ly/2BXtyJj>
- Shiwakoti, N., & Sarvi, M. (2013). Enhancing the panic escape of crowd through architectural design. Recuperado de <http://bit.ly/2PkGr49>
- Skjong, R. & Wentworth, B. (2000). Expert Judgement and risk perception. Recuperado de <https://bit.ly/2uKnNeE>
- Streiner David (2003). BEING INCONSISTENT ABOUT CONSISTENCY: WHEN COEFFICIENT ALPHA DOES AND DOESN'T MATTER. Recuperado de <https://bit.ly/2XgI5XG>
- Streiner David (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. Recuperado de <https://bit.ly/2IYEo4L>
- The National Academies. (2003). Transportation Research Board. Recuperado de <https://bit.ly/2xkc46v>
- Tirachini, A., Hensher, D. A, & Rose, J. M. (2013). SEIS PASAJEROS POR METRO CUADRADO: EFECTOS DEL HACINAMIENTO EN LA OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO, EL BIENESTAR DE LOS USUARIOS Y LA ESTIMACIÓN DE DEMANDA. UChile. Recuperado de <http://bit.ly/2y5JsOR>
- Transmilenio S.A. (2017). Estadísticas de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público. Recuperado de <https://bit.ly/2Lgipb7>.
- Transmilenio S.A. (2018). Transmilenio. Recuperado de <https://bit.ly/2xna1hL>
- Wardman, M., & Whelan, G. (2011). Twenty Years of Rail Crowding Valuation Studies: Evidence and Lessons from British Experience. Recuperado de <http://bit.ly/2QtxlC2>
- Wiggenraad, P. B. L. (2001). Alighting and boarding times of passengers at Dutch railway stations analysis of data collected at 7 stations in October 2000. Recuperado de <https://bit.ly/3017beW>
- Wilensky, U. (1999). NetLogo Home Page. Recuperado de <https://bit.ly/2sVrWHW>
- Wu, Z., & Xu, J. (2018). A consensus model for large-scale group decision making with hesitant fuzzy information and changeable clusters. *Recuperado de* <https://bit.ly/2XgFNb2>
- Yanagisawa, D., Kimura, A., Tomoeda, A., Nishi, R., Suma, Y., Ohtsuka, K., & Nishinari, K. (2018). Introduction of Frictional and Turning Function for Pedestrian Outflow with an Obstacle. Recuperado de <http://bit.ly/2NsAG2v>