


Please cite the Published Version

Rincon-Garcian, N, Bamford, D , Mayers, M, Carreno Vargas, JE and Roldan Narino, RF (2020) Herramientas de transformación digital para mejorar la planificación urbana mediante el uso de la metodología de caso de negocio de transporte. Revista Espacios, 41 (31). pp. 296-304. ISSN 0798-1015

Publisher: revistaESPACIOS.com

Version: Published Version

Downloaded from: <https://e-space.mmu.ac.uk/626595/>

Usage rights:  [Creative Commons: Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Additional Information: This is an open access article published in Revista Espacios, published by revistaESPACIOS.com, copyright The Author(s).

Enquiries:

If you have questions about this document, contact openresearch@mmu.ac.uk. Please include the URL of the record in e-space. If you believe that your, or a third party's rights have been compromised through this document please see our Take Down policy (available from <https://www.mmu.ac.uk/library/using-the-library/policies-and-guidelines>)

Herramientas de transformación digital para mejorar la planificación urbana mediante el uso de la metodología de caso de negocio de transporte

Digital-transformation tools to improve the urban planning and construct the business case

RINCON-GARCIA, N.¹
 BAMFORD, D.²
 MAYERS, M.³
 CARREÑO VARGAS, J.E.⁴
 ROLDÁN NARIÑO, R.F.⁵

Resumen

La movilidad urbana en las megaciudades presenta un desafío para la sociedad en términos de definición de política pública para optimizar el uso de los recursos y maximizar el beneficio a la ciudadanía. Este estudio se enfoca en el concepto de un observatorio de transporte, utilizando datos para recomendar intervenciones de infraestructura de transporte público en Bogotá, Colombia, empleando la metodología de caso de negocio de transporte propuesta por el Gobierno del Reino Unido.

Palabras clave: Observatorio de transporte; movilidad urbana; caso de negocio de transporte

Abstract

Urban mobility in megacities presents a public policy challenge in search of optimizing public resources in order to achieve the well-being of citizens. This study utilizes the concept of a transport observatory, using data to recommend public transport infrastructure interventions in Bogota, Colombia, by employing the transport business case methodology proposed by the UK Government.

Keywords: transport observatory; urban mobility; transport business case

1. Introducción

En megaciudades como Londres, Nueva York y Tokio se realizan cerca de 30 millones de viajes diarios y para ofrecer un transporte de calidad y sostenible se emplea infraestructura con segregación de vías y medios de transporte con gran capacidad de pasajeros como las líneas de metro que pueden operar con 80,000 pasajeros por hora. En las últimas décadas los sistemas de autobuses con líneas semisegregadas o segregadas denominados

¹ Director Maestría Logística y Transporte, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. E-mail: nicolas.rincon@javeriana.edu.co

² Chair in Operations Management at Manchester Metropolitan University. Email: David Bamford D.Bamford@mmu.ac.uk

³ Visiting research fellow at Manchester Metropolitan University. Email: marcus.mayers@rasic.co.uk

⁴ Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. E-mail: carreno-j@javeriana.edu.co

⁵ Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. E-mail: rroldan@javeriana.edu.co

sistemas de tránsito rápido de autobuses (BRT) han sido ampliamente implementados y para el caso de Bogotá, Colombia, se ha logrado movilizar entre los 30,000 y 48,000 pasajeros por hora (Rincón et al, 2017).

Sin embargo, a nivel mundial se han reportado casos de grandes proyectos de infraestructura con sobrecostos en la construcción, elevados subsidios operacionales y un bajo impacto en el mejoramiento de la calidad del transporte para los ciudadanos.

Con el fin de evitar esta situación, en las diferentes soluciones de transporte utilizadas a nivel global, el Gobierno del Reino Unido propone la metodología de elaboración del caso de negocio de transporte (Department for Transport, 2013), el cual consiste en los siguientes elementos:

El caso estratégico: Alineación de los objetivos de los diferentes actores del Gobierno y posibles cofinanciadorees con los beneficios esperados para la ciudadanía en armonización con la definición del alcance del proyecto.

El caso económico: Evaluación del proyecto bajo la cuantificación inicial de los costos del proyecto y posibles beneficios para la ciudadanía con los diferentes escenarios de intervención e identificación de riesgos.

El caso financiero: Descripción detallada de los ingresos y costos del proyecto a través del tiempo incluyendo a las posibles fuentes de financiación y escenarios de demanda.

El caso comercial: Se evidencia la viabilidad del proyecto junto con la definición de estrategia de las compras (contratación de diseños y obras civiles, compras de material rodante, operación) y asignación de riesgos.

El caso gerencial: Definición clara y detallada de las actividades y responsables del proyecto. Se define qué debe realizarse, quién, cómo y cuándo junto con las métricas de evaluación de cumplimiento de cada actividad.

Este estudio investiga cómo los elementos de las tecnologías digitales y el diseño de ciudades inteligentes se pueden utilizar para analizar la provisión de infraestructura de transporte masivo a través del diseño de un observatorio de transporte.

Empleando los diversos conjuntos de datos disponibles, para comprender mejor las preferencias de viaje de los ciudadanos, se prueban diferentes escenarios para lograr una alta calidad de los servicios de transporte. Utilizando el enfoque de estudio de caso para examinar la posible construcción de un sistema de buses BRT o tren ligero, y proponer escenarios para procesos de estructuración en los diferentes elementos del caso de negocio de transporte.

2. Metodología

Los sistemas masivos de transporte público son fundamentales para ofrecer viajes con mayor velocidad en horas de congestión, menor accidentalidad y menores emisiones que el vehículo particular (automóvil, camioneta y motocicleta). A continuación, se presentan algunos de los elementos reportados en la literatura sobre los observatorios de transporte junto con los elementos de la transformación digital (TD), las ciudades inteligentes y un caso exitoso de un observatorio de transporte desarrollado en Europa.

2.1. Elementos de un observatorio de datos de transporte

Si bien hay muchas herramientas disponibles para la generación de conocimiento y la transferencia de capacidad, todavía hay grandes necesidades en muchas áreas que afectan la calidad de vida de los ciudadanos. Los observatorios son herramientas que pueden unir a los investigadores con ciudadanos y tomadores de decisiones,

generando innovación social (Wehn y Evers, 2015). El desarrollo y análisis de políticas públicas pueden hacer uso de observatorios para gestionar el conocimiento y mejorar la infraestructura de una ciudad.

Un observatorio requiere de datos para diseñar, desarrollar, implementar y evaluar políticas públicas que puedan prevenir el descontento y acercar la realidad a los tomadores de decisiones. Específicamente, los observatorios de transporte se pueden utilizar para informar las decisiones de transporte del público al permitir a los ciudadanos obtener datos valiosos sobre el trabajo de la administración pública y facilitar el análisis de esos datos (Chevarria et al, 2015).

Los observatorios pueden tener financiación y gobernanza del sector público, del sector privado o mixtos. Los primeros son unidades administrativas u operadas por entidades públicas que sirven como herramientas de transparencia de los recursos públicos, mientras que los segundos son operados por entidades no gubernamentales como universidades, asociaciones, fundaciones o empresas (Chevarria et al, 2015).

El valor de los observatorios de transporte se alinea con el trabajo de North (1991) que define cómo se requieren instituciones equitativas y transparentes para apoyar mercados exitosos y abiertos. Cuando los datos obtenidos se comparten a través de un mecanismo transparente, se pueden tomar mejores decisiones económicas a través de una sociedad. En Londres, Transport for London ha sido pionero en este enfoque al poner a disposición más de 80 fuentes de datos a través de su "plataforma de datos abiertos" gratuita. Esto ha creado un valor de USD 150 millones al año para la economía con el desarrollo de 600 aplicaciones de teléfonos inteligentes. Los beneficios identificados por Deloitte incluyen la mejora de los viajes, ahorrando tiempo de desplazamiento a las personas, apoyando la innovación y creando empleos (Transport for London, 2017).

Es esencial que los observatorios identifiquen el enfoque del estudio o proyecto, definan la información requerida y establezcan el alcance geográfico y el resultado del proyecto. Específicamente, los componentes principales de un observatorio están asociados con: (i) Entrada de datos o elementos de búsqueda, (ii) Elementos y herramientas de análisis, y (iii) Componentes de difusión (Chevarria et al, 2015).

2.2. Transformación digital y ciudades inteligentes

Aunque existen múltiples definiciones para TD, su definición a menudo incluye el uso de tecnología para proporcionar valor en los modelos de negocio y las organizaciones (Aguiar et al, 2019). Hanna (2016) presenta aplicaciones de TD para crear soluciones para la sociedad mediante la aplicación de la innovación, el aprendizaje y la construcción de infraestructura de las ciudades inteligentes utilizando herramientas tales como: Big Data, Open Data, Cloud Computing, Arquitectura Escalable, Sensores e Inteligencia Artificial.

Especialmente, las ciudades inteligentes aplican las herramientas de TD junto con la infraestructura tradicional para proporcionar soluciones a los desafíos que enfrentan las ciudades (por ejemplo, poblaciones en crecimiento). Esto requiere comprender las nuevas tecnologías y capacitar al capital humano para poder desarrollar nuevas formas de gobernanza que utilicen el conocimiento producido al recopilar y analizar los datos disponibles en las ciudades junto con los métodos de análisis propios de la planeación del transporte (Batty et al., 2012).

Es responsabilidad del gobierno diseñar e implementar instrumentos que brinden una infraestructura de transporte efectiva y eficiente a las ciudades. Para lograr esto, es esencial comprender las necesidades de viaje actuales y futuras y diseñar el sistema de transporte teniendo en cuenta la calidad del servicio prestado, por lo que el transporte público es una opción sobre los vehículos privados. La falta de una adecuada provisión de infraestructura de transporte causa saturación e insatisfacción en la ciudadanía debido a los viajes de baja calidad caracterizados por una alta congestión, baja velocidad y una gran cantidad de usuarios en el transporte público (Rincón et al, 2017).

El modelo de la demanda de transporte se basa en identificar la cantidad de viajes realizados en la ciudad, establecer una matriz de orígenes y destinos, identificar cómo los usuarios seleccionan un modo y comprender el comportamiento del tráfico en la infraestructura (Ortúzar y Willumsen, 2011). Con estos elementos es posible predecir cómo los ciudadanos utilizarán la nueva infraestructura y mejorar la calidad de los viajes. Este tipo de modelado requiere la recopilación y el análisis de datos con referencia espacial dada la ubicación y los viajes de la población, así como los detalles de la infraestructura, implementando sistemas de información geográfica.

2.3. Casos de éxito de observatorios de transporte

Geoland fue un proyecto patrocinado por la Unión Europea para demostrar cómo se puede generar información a través del desarrollo de servicios de geoinformación confiables, asequibles y rentables que respalden la toma de decisiones de políticas públicas (Kasanko et al., 2007). Una aplicación especial de Geoland es la planificación urbana, donde existe una clara necesidad de desarrollar y probar modelos que ayuden a simular el impacto de diferentes decisiones (Kasanko et al., 2007). TD tiene un gran potencial para proporcionar beneficios sociales en el transporte al identificar la necesidad de una nueva infraestructura y así promover el uso de modos más sostenibles que los vehículos privados. Además, TD permite que la ciudadanía contribuya al proceso de desarrollo y genere ecosistemas de innovación.

Los ecosistemas de innovación describen la relación de diferentes factores que permiten que la innovación ocurra de manera sostenida en ciertos lugares. Esto requiere historias de éxito que satisfagan una necesidad y una transferencia de habilidades a la sociedad (Lawlor, 2014). Una sociedad sin la capacidad de innovar no podrá producir productos y servicios con alta generación de valor que compitan en el mercado internacional. La adopción de TD que desarrolle las capacidades requeridas para la innovación se necesita con urgencia en las sociedades en desarrollo.

3. Resultados

A continuación se presenta el diseño del observatorio de transporte propuesto y se muestra su uso en el desarrollo de un caso de negocio de transporte para el desarrollo de infraestructura del corredor nororiental de la ciudad de Bogotá.

3.1. Diseño del observatorio de transporte propuesto

Dada la situación actual del transporte en Bogotá (por ejemplo, congestión constante), es necesario identificar dónde se debe proporcionar nueva infraestructura de transporte. Por lo tanto, la implementación de un observatorio que se enfoque en el análisis de la infraestructura de transporte de la ciudad de Bogotá se considera esencial, para que se presten servicios de transporte público de alta calidad; a continuación, se presentan los elementos del observatorio.

Datos

Colombia ha desarrollado una política relacionada con la recopilación y difusión de datos abiertos (Departamento Nacional de Planeación, 2018a), además, la Alcaldía de Bogotá está dispuesta a compartir datos a través del mecanismo del derecho de petición. Los datos disponibles se describen a continuación:

ZATS: zonas de análisis de tráfico definidas en función de su composición (polígono), número de habitantes e indicadores socioeconómicos.

Encuestas de movilidad: en 2011 y 2015, se realizaron encuestas entre ciudadanos sobre sus viajes diarios y sus condiciones socioeconómicas.

Infraestructura: El grafo que comprende la infraestructura de BRT se levantó con la información de Open Street Maps, adicionalmente vías y corredores férreos están disponibles.

Rutas de autobuses: La Secretaría de Movilidad del Distrito de Bogotá (SDMB) proporciona las rutas de los autobuses con referencia espacial.

Unidades de vivienda, oficinas, comercio e industria: la información relacionada con la cantidad de unidades y avalúos de los precios de las unidades se encuentra en la Oficina de Catastro.

Aforos de los vehículos: la SDMB proporciona los aforos de los vehículos para determinar la cantidad de vehículos privados y autobuses que recorren ciertas áreas de la ciudad en diferentes momentos del día.

Peajes: los datos recopilados por los peajes basados en las entradas y salidas de la ciudad están disponibles.

Encuestas: se realizaron encuestas para validar modelos y entender el comportamiento de viajes de los ciudadanos.

Herramientas analíticas

El uso de modelos de transporte tales como la selección discreta de modo permiten una mejor comprensión de cómo los ciudadanos valoran los servicios ofrecidos por los diferentes medios de transporte permitiendo asignar una magnitud a la cantidad de usuarios que utilizan una nueva infraestructura de transporte (Bierlaire, 2003). Además, es necesario identificar las condiciones operativas relacionadas con cada modo (por ejemplo, tiempo de viaje, cantidad de autobuses o vagones, tamaño de plataforma, usuarios por metro cuadrado dentro del vehículo y en las estaciones), lo que ayuda a cuantificar el uso que harán los ciudadanos con respecto a una nueva infraestructura.

Aunque existe software comercial para la modelación de transporte se desea generar herramientas Open Source que puedan ser usadas con datos de diferentes ciudades y que permitan escalabilidad y flexibilidad. Las opciones fueron emplear QGIS Server o una arquitectura front-end en javascript y servicios web en Python, se seleccionó la segunda dado que permitía la mayor flexibilidad empleando GeoPandas y las funciones de procesamiento de datos con referencia espacial de los paquetes geopy y shapely. Para el análisis de la selección discreta de modo se emplea el software Open Source Biogeme (Bierlaire, 2020).

Componentes de difusión

El uso de Cloud Computing y Arquitectura Escalable, que proporciona servicios web para el procesamiento y visualización de datos con referencia espacial, permite la presentación de la herramienta diseñada en una página web abierta a los ciudadanos. En consecuencia, los ciudadanos pueden descargar y revisar los datos recopilados y analizados. Además, es posible exponer el código de las herramientas que fueron diseñadas. Con base en esta experiencia, se diseñaron dos cursos de maestría para análisis de transporte y políticas públicas; y el diseño y operación de redes de logística y transporte.

3.2. Caso de estudio

Bogotá actualmente cuenta con 7,4 millones de habitantes y se realizan 17 millones de viajes diarios pero su sistema de transporte de pasajeros ha sido caracterizado de baja calidad por los usuarios debido al exceso de pasajeros (Rincón, 2019) y que no cuenta con líneas de Metro. El sistema de transporte público se soporta en un sistema BRT llamado TransMilenio y una red de autobuses que comparten vías con los vehículos particulares. Actualmente se contrató la construcción de la primera línea de Metro con una extensión de 23,9 km que conecta el sur-occidente con el centro ampliado de la ciudad.

Con el fin de mitigar la congestión se ha implementado en los últimos 20 años una medida que restringe la movilidad llamada "pico y placa" que evita que la mitad de los automóviles privados utilicen las carreteras durante la hora pico (el último dígito del registro del automóvil determina si se puede usar, con números impares un día, y los pares el siguiente).

La situación del transporte provocó un aumento en el uso de motocicletas de cerca de 30,000 matriculadas en 1998 a 467,496 en 2018, lo que causa como resultado, un estrés en la seguridad vial de la ciudad (Rincón, 2019).

Dada la construcción de la primera línea del metro se encuentra la necesidad de decidir como extender la infraestructura de transporte público, específicamente para el corredor nororiental de la ciudad ante la posibilidad de continuar con la expansión del BRT y/o construir un tren de cercanías que se integre con el sistema de transporte de la ciudad.

En la figura 1 se muestra la infraestructura propuesta para el corredor nororiental, la línea propuesta del metro llega hasta la calle 72, el BRT avanzaría de forma paralela al metro hasta la 72 y continuaría por el corredor nororiental, y la línea de tren ligero del norte hace uso de un corredor férreo de forma paralela a la línea propuesta de BRT hasta la 116 y continua hasta las poblaciones de Chía y Zipaquirá que corresponden a la Gobernación de Cundinamarca. La línea férrea fue construida a finales del siglo XIX y tiene la ventaja de tener un mínimo de cruces a nivel, actualmente tiene una baja utilización.

Figura 1
Propuesta de infraestructura de transporte público en el corredor nororiental de Bogotá



Fuente: Los autores

Para el caso estratégico se identifica que el Gobierno Nacional tiene como meta aumentar la operación comercial de la red férrea e Implementar proyectos intermodales, evaluando las condiciones para mejorar la prestación

del servicio y ofrecer alternativas de transporte de pasajeros y carga que minimicen la congestión, la siniestralidad y la contaminación (Departamento Nacional de Planeación, 2018b). Esto se alinea con las metas del Gobierno Distrital de Bogotá para definir la red de metros como el eje estructurador de la movilidad y de transporte de pasajeros en la ciudad incluyendo el tren ligero del norte (Secretaría Distrital de Planeación, 2020) y el interés de la Gobernación de Cundinamarca. La alineación de los Gobiernos Nacionales y Locales es importante ya que la Nación puede financiar hasta en un 70% las obras de infraestructura. El Gobierno Británico ha manifestado su interés en respaldar la estructuración del proyecto mediante El Fondo de Prosperidad del Reino Unido para Colombia contribuyendo en la contratación de los estudios de factibilidad. Esto permitiría que la banca del Reino Unido conozca de la viabilidad del proyecto y se cuente con la experticia del Reino Unido en rehabilitación de líneas férreas.

Para el caso económico se hace uso de las herramientas del observatorio para cuantificar la demanda de acuerdo con las líneas propuestas y las capacidades técnicas encontradas en operaciones reales.

El análisis de la demanda de pasajeros relacionada con la avenida séptima y la línea de BRT identificó que el corredor necesita proporcionar una capacidad de 25,000 pasajeros/hora. Dadas las características de un sistema BRT con un solo carril semisegregado y el uso de biarticulados, es factible satisfacer esta demanda.

Sin embargo, se identifica que el tren ligero podría absolver parte de la demanda de pasajeros del corredor nororiental, dado que su recorrido es paralelo al corredor de la séptima, si se conecta al Metro mediante una extensión de la línea de Metro propuesta de 800 metros. Al sumar la demanda de pasajeros dentro de la ciudad con los provenientes de los municipios vecinos en el tren ligero, se identifica una demanda de pasajeros superior a los 25.000 pasajeros por hora para el corredor férreo en el tramo T2.

Aunque el tren ligero tradicionalmente tiene intersecciones y su capacidad es menor que un Metro con una capacidad por debajo de 10,000 pasajeros/hora como el Docklands Light Railway en Londres (Transport for London, 2017), hay operaciones que brindan alta capacidad. Por ejemplo, el tren ligero de Manila tiene una capacidad de 40,000 pasajeros/hora con tramos en operación a nivel de superficie, lo que hace que el costo de la construcción sea muy bajo. Adicionalmente, se puede lograr una gran capacidad en trenes ligeros que consisten en 5 vagones donde hay una gran distancia entre intersecciones o estaciones.

Centrándose en el corredor férreo en el nororiente de Bogotá, aunque hay una alta densidad de viviendas, hay secciones de varios kilómetros sin intersecciones debido a la existencia de puentes que utilizan los vehículos y la planeación urbana del sector que respeta el corredor férreo. Esto ofrece la oportunidad de tener un sistema de tren eléctrico de pasajeros de bajas emisiones con bajos costos de construcción y mantenimiento. La vida útil del ferrocarril es más larga que la vida útil de un corredor BRT.

Desde un punto de vista operativo, se identifica que la sección T1 tendrá una demanda mucho menor que la sección T2 (una diferencia en el rango de 15,000 pasajeros/hora), que propone un diseño operativo diferente para estas secciones y con una mayor participación de la ciudad de Bogotá para la sección T2.

Se identifica que el tren ligero podría soportar parte de la demanda del norte de Bogotá sin necesidad de construir la línea BRT, algo de interés para la actual Administración de Bogotá. Sin embargo, es necesario validar la demanda de transporte para las siguientes décadas con el fin de identificar si la línea BRT será necesaria.

Mediante el análisis del caso económico se cuantifican las demandas para el caso financiero y las necesidades de infraestructura para presupuestar el costo de inversión de acuerdo con la tecnología a emplear (BRT, T2: tren ligero media capacidad y T3: tren ligero interurbano).

Para el caso comercial y gerencial se identifica que, si se realiza un tren ligero de media capacidad, con su respectiva interconexión con la extensión del metro, las características de operación de T2 y T3 serían muy diferentes, en donde la contratación y operación de T2 deben recaer sobre la Administración de Bogotá y en el tramo T3 puede tener una mayor responsabilidad la Administración de Cundinamarca.

4. Conclusiones

Las herramientas propuestas para el observatorio permiten la estimación de la demanda de transporte y, en consecuencia, el diseño de la infraestructura para construir el caso de negocio del transporte.

Se requiere un enfoque de evaluación comparativa, teniendo en cuenta la capacidad operativa encontrada en diferentes implementaciones en todo el mundo y localmente, para identificar la infraestructura que se puede construir en la ciudad teniendo en cuenta las restricciones y condiciones de la ciudad a la vez que se establecen los riesgos y las responsabilidades en la elaboración del proyecto, construcción y operación.

Es muy importante que en los estudios de factibilidad las recomendaciones se hagan al comienzo del proyecto, ya que una vez que estos estudios se lleven a cabo, la evaluación de nuevos escenarios tendrá un alto costo en dinero y tiempo. Además, se proporcionan herramientas para los ciudadanos y los hacedores de políticas públicas que les permiten decidir sobre aspectos de transporte relacionados con la infraestructura, pero utilizando una base de evidencia transparente y probada.

Un beneficio adicional es la capacidad de usar herramientas de la Transformación Digital y mostrar desarrollos funcionales que se pueden lograr con software gratuito como Python y JavaScript, estos pueden proporcionar conjuntos de datos validados y mostrar cómo usarlos para apoyar la toma de decisiones. Las herramientas del observatorio pueden desarrollarse aún más en base al conocimiento transferido por las universidades a través de los cursos de maestría y el compromiso con las empresas. Por ejemplo, los planificadores de la movilidad urbana a menudo diseñan sistemas para motivar a los viajeros a subirse a un autobús para un viaje corto por la ciudad, e idealmente, tienen carriles exclusivos para autobuses que ofrecen mayor velocidad que el vehículo particular en vías congestionadas.

El análisis de los datos muestra que algunas ciudades están desacelerando intencionalmente el uso de los vehículos privados, para cambiar a las personas a otros modos de transporte más eficientes. El transporte a Londres eliminó el 30% de la capacidad de la carretera para vehículos privados en el centro de Londres entre 1996 y 2010, una tendencia que continúa hoy en todo el mundo a medida que los planificadores dan más espacio para autobuses, ciclistas y peatones (Mayers, y Bamford, 2018)

Finalmente, cuando se proponen nuevos proyectos de transporte y necesitan aprobación, un requisito establecido debería ser proporcionar datos/información digital de alta calidad. Esto debería incluirse para garantizar que se recopilen, analicen y realmente utilicen conjuntos de datos más transparentes para informar la estrategia, el diseño, el control y la mejora de la movilidad urbana (Bamford y Forrester, 2010).

Referencias bibliográficas

- Aguiar, T., Gomes, S. B., da Cunha, P. R., & da Silva, M. M. (2019, October). Digital Transformation Capability Maturity Model Framework. In IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC) (pp. 51-57). IEEE.
- Bamford, D., & Forrester, P. (2010). Essential guide to operations management: concepts and case notes. John Wiley & Sons.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models. In Swiss transport research conference.
- Bierlaire, M. (2020). A short introduction to Pandalog. Technical report TRANSP-OR 200605. Transport and Mobility Laboratory, ENAC, EPFL.

- Chevarria, F., Inga, H., De Pasquale, E., & Homberg, K. (2015). Public Policy Observatories in the Americas: A guide for their design and implementation in our public administrations. Organization of American States. Department for Effective Public Management of the OAS General.
- Department for Transport. (2013). The Transport Business Case. London, UK: Department for Transport. Recuperado de: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/879795/dft-transport-business-case-document.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2018a). Política nacional de explotación de datos - Big Data (Documento CONPES 3920). Bogotá D.C., Colombia: DNP.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018b). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Bogotá D.C., Colombia: DNP. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>
- Hanna, N. (2016). Mastering digital transformation. Mastering Digital Transformation (Innovation, Technology, and Education for Growth). Bingley, UK: Emerald Publishing, pp. i-xxvi.
- Kasanko, M., Sagris, V., Lavalle, C., Barredo, J. I., Petrov, L., Steinnocher, K., ... & Hoffmann, C. (2007). GEOLAND spatial planning observatory: How remote sensing data can serve the needs of urban and regional planning. In 2007 Urban Remote Sensing Joint Event (pp. 1-10). IEEE.
- Lawlor, A. (2014). Innovation ecosystems. Empowering entrepreneurs and powering economies. The Economist Intelligence Unit. Recuperado de: <https://technologyhamptonroads.com/wp-content/uploads/Innovation-Ecosystems.pdf>.
- Mayers, M., & Bamford, D. (2018). "When is it quicker to walk, than catch a bus?, The Conversation". Recuperado de: <https://theconversation.com/when-is-it-quicker-to-walk-than-catch-a-bus-99347>.
- North, D. C. (1991). "Institutions". Journal of economic perspectives, 5(1), 97-112.
- Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling transport. John Wiley & Sons.
- Rincón, N., (2019). "Informe de calidad de vida en Bogotá 2018, Cómo vamos en movilidad", Bogotá Cómo Vamos, Bogotá, Colombia, Tech. Rep, 21.
- Rincón, N., Navarro, D., Alvarado, J., Aguirre, H., & Salazar, F. (2017). BRT and bus users quality expectations regarding metro design. Recuperado de <http://bit.ly/2QxZZSv>.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2020). Plan Distrital de Desarrollo de Bogotá 2020-2024. Bogotá D.C., Colombia: SDP. Recuperado de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/edici_n_3001_pa_123_sd_de_2020.pdf
- Transport for London. (2013), Works under way to boost capacity and reliability on Docklands Light Railway. Recuperado de <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2013/august/works-under-way-to-boost-capacity-and-reliability-on-docklands-light-railway>.
- Transport for London. (2016), Travel in London Report 9, London, EK: TFL Press Office, pp. 26. Recuperado de <http://content.tfl.gov.uk/travel-in-london-report-9.pdf>.
- Transport for London. (2017), TFL's free open data boosts London's economy, London, UK: TFL Press Office. Recuperado de <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2017/october/tfl-s-free-open-data-boosts-london-s-economy>.
- Wehn, U., & Evers, J. (2015). The social innovation potential of ICT-enabled citizen observatories to increase eParticipation in local flood risk management. Technology in Society, 42, 187-198.