

serie

CIUDADES
SUSTENTABLES



LA CIUDAD SE MUEVE ASÍ

Estado del arte de la investigación en movilidad urbana en Cuenca



serie

CIUDADES
SUSTENTABLES



LA CIUDAD, SE MUEVE ASÍ

Estado del arte de la investigación
sobre movilidad urbana en Cuenca

LA CIUDAD SE MUEVE ASÍ

*Estado del arte de la investigación
sobre movilidad urbana en Cuenca*
©Universidad de Cuenca
LlactaLAB-Ciudades sustentables

Autores:

Carla Hermida, Manuela Cordero, Adriana Quezada, Daniel Orellana, Enrique Flores-Juca, Jessica Chica, Estefanía Mora-Arias, María Elisa Bustos, Mateo Marín, Natasha Cabrera, Augusta Hermida, Patricia Cazorla, Elina Ávila-Ordóñez, Jairo Ortega, János Tóth, Tamás Péter, Martín Ortega, Lisseth Molina, Paúl Arévalo, Antonio Cano, Vinicio Iñiguez-Morán, Danny Ochoa-Correia, Juan Leonardo Espinoza, Francisco Jurado, Néstor Rivera, Juan Molina, Andrea Bermeo, Gina Novillo, Xavier Serrano-Guerrero, Antonio Barragán-Escandón, Esteban Zalamea-León, Gustavo Álvarez-Coello, Andrés Baquero-Larriva, Mateo Coello-Salcedo, Daniel Cordero-Moreno, Efrén Fernández-Palomeque, Robert Rockwood-Iglesias, Francisco Torres-Moscoso, Diego Morales Jadán, Marco Toledo Orozco, Javier Cabrera Mejía

Compilador:

Daniel Orellana

Diagramación y portada:

Galo Carrión

Maria Augusta Hermida

Rectora de la Universidad de Cuenca

Centro Editorial UCuenca Press

Dirección: Daniel López Zamora. Coordinación editorial: Ángeles Martínez Donoso. Corrección de estilo: Verónica Andrade Aguilar

Ciudadela Universitaria

Doce de abril y Agustín Cueva

(+593 7)405 1000

Casilla postal 01.01.168

editorial.ucuenca.edu.ec

Este libro fue arbitrado con pares externos bajo el sistema doble ciego.

Primera edición

Tiraje: 200 ejemplares

Derechos de autor: CUE-00529

ISBN: 978-9978-14-536-4

ISBN digital: 978-9978-14-546-3

Impreso en Cuenca, Ecuador

Junio, 2024

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad de Cuenca y sus autoridades: rectora, María Augusta Hermida, vicerrectora, Monserrath Jerves y vicerrector académico, Juan Leonardo Espinoza por darme la oportunidad de desarrollar mi carrera académica durante la última década. Este libro fue elaborado como parte del periodo sabático otorgado por la Universidad. Estoy también enormemente agradecimiento con la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, que me acogió en los primeros años de vinculación a la Universidad y a donde he regresado desde el 2022.

Esta obra representa también el desarrollo de diez años de investigación sobre movilidad sostenible en Cuenca dentro del grupo de investigación LlactaLAB – Ciudades Sustentables, parte del Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población de la Universidad de Cuenca. LlactaLAB ha sido fundamental en mi desarrollo como científico y como persona; por esto extiendo mi profunda admiración a las maravillosas personas que lo conforman, en particular a quienes han colaborado con diferentes capítulos: Lisseth Molina, Adriana Quezada, María Elisa Bustos y Augusta Hermida. En este contexto, un reconocimiento especial a Galo Carrión quién ha sido clave en la concepción, desarrollo, diseño y producción del libro.

Finalmente, un agradecimiento a todos los investigadores e investigadoras que han colaborado como autores en esta obra colectiva, quienes han hecho un enorme esfuerzo de síntesis para poner su conocimiento y experiencia a disposición del público.

>

Daniel Orellana Vintimilla

INTRODUCCIÓN

La movilidad es uno de los procesos urbanos más complejos e interesantes, pues representa la huella de las interacciones de las personas con el entorno urbano (Orellana, 2011). Al estudiar la movilidad estamos también comprendiendo otros aspectos de la ciudad con los que está íntimamente relacionada, como el espacio público, los sistemas urbanos, la equidad social, la energía, la capacidad institucional, los aspectos ambientales y la salud de la población. La movilidad urbana es, pues, uno de los indicadores más importantes de la calidad de vida de una ciudad, lo que puede ser resumido en la frase “dime cómo te mueves y te diré qué tipo de ciudad eres”.

El caso de Cuenca (Ecuador) es visto frecuentemente con interés por parte de tomadores de decisión, planificadores urbanos, investigadores, políticos y personas interesadas en temas urbanos. Su condición de ciudad intermedia, con una calidad de vida relativamente alta, servicios básicos de calidad, espacios públicos bien mantenidos y sistemas urbanos funcionales, la han llevado a ser considerada un caso atípico en el contexto de las ciudades latinoamericanas, y la movilidad es uno de los aspectos focales de ese interés.

vii

Breve historia de la movilidad en Cuenca

Desde inicios del siglo XXI, el fenómeno de la movilidad en Cuenca ha sufrido transformaciones importantes. En el 2000, la ciudad tenía una población de aproximadamente 276 mil habitantes en un área urbana de 6 395 hectáreas (Hermida et al., 2015). Para ese año se estima que circulaban alrededor de 35 mil vehículos

motorizados en la ciudad, lo que representaba una tasa de motorización de 12 vehículos por cada 100 habitantes. La limitada extensión de la mancha urbana y la densidad relativamente alta ofrecía las condiciones óptimas de una ciudad de cercanías, en la que una gran parte de la población podía movilizarse diariamente de manera fácil, cómoda y rápida, tanto a pie como en transporte motorizado o incluso en bicicleta. Sin embargo, el deficiente sistema de transporte público, compuesto en ese entonces por 664 buses, la mayoría de ellos antiguos y en malas condiciones y sin una planificación adecuada, y la creciente preocupación por los efectos de la contaminación en una ciudad recientemente declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad habían empujado a la ciudad a dar pasos para reorganizar el sistema de transporte. Hermida (2018) presenta un detallado análisis de la historia de la movilidad en Cuenca entre 1999 y 2014 e identifica algunos hitos importantes. Basados en dicho estudio, y con algunos datos adicionales, a continuación, repasamos brevemente algunos de los aspectos más importantes de la movilidad en la ciudad en las dos últimas décadas.

En 1999 el gobierno local asumió las competencias de tránsito y transporte y expidió la primera ordenanza de planificación del transporte (Ordenanza de Planificación, Organización y Regulación del Tránsito y Transporte Terrestres en el cantón Cuenca, 1999). También se realizó el primer estudio técnico denominado “Plan para un sistema de tráfico sustentable para una ciudad piloto, Cuenca-Ecuador. Cuenca” (PADECO, 1999), centrado principalmente en el transporte público colectivo.

A pesar de que ese plan no fue implementado en su totalidad, permitió dar avances clave, que incluyeron la reorganización de las rutas de transporte público y la conformación de la Cámara de Transporte de Cuenca en el 2000. También se implementó de manera obligatoria la revisión técnica vehicular para el transporte público, que en los siguientes años se extendió a los demás vehículos motorizados. En cuanto a la infraestructura, se inició la construcción de carriles exclusivos para buses en el Centro Histórico, no sin resistencia por parte de varios sectores; así mismo, se implementó el sistema de estacionamiento rotativo tarifado en varias de estas zonas, pero el fuerte rechazo al

modelo inicial basado en inmovilizar los vehículos infractores, obligó a retirarlo y reemplazarlo, más adelante, con un sistema de aviso mediante un adhesivo en la ventana del vehículo. En 2001 se inició la construcción de la primera ciclovía, enfocada en actividades recreativas y poca conexión con las necesidades de movilidad.

Para el 2004, se mostraban los primeros resultados de la nueva institucionalidad. Por ejemplo, se realizó la renovación y optimización de la flota de autobuses, que se logró reducir a 475 luego de rediseñar las rutas.

Alrededor de 2005 surge un tema polémico que se desvía de la tendencia hacia una movilidad sostenible: la propuesta de construir una nueva autopista perimetral en la zona norte de la ciudad, afectando casi 10 mil hectáreas de suelo principalmente rural. Este proyecto, que cobró un gran impulso hacia 2009, se contradecía con los esfuerzos del mismo gobierno local de controlar el crecimiento del parque automotor, fortalecer el transporte público e intentar mantener la compacidad de la ciudad. De hecho, tal proyecto se contradecía directamente con varios elementos del Plan de Ordenamiento Territorial de 2009. La propuesta fue fuertemente criticada por varios sectores, incluyendo expertos en planificación urbana, técnicos municipales, académicos y actores políticos.

.x

Probablemente uno de los aspectos más importantes entre 2005 y 2010 fue el inicio de un acelerado proceso de dispersión urbana, en el que la densidad poblacional de la ciudad disminuyó debido a la creciente construcción de condominios en áreas periurbanas y rurales. Esta dispersión tuvo efectos nefastos que cambiaron radicalmente la trayectoria de desarrollo de la ciudad. Los promotores inmobiliarios podían construir condominios cerrados sin entregar un porcentaje para espacio público. Además, estos condominios estaban en zonas alejadas, con poca conectividad y bajo servicio de transporte público, lo que generó una mayor dependencia del automóvil particular.

En 2009, se implementó el sistema integrado de recaudo para todo el transporte público urbano, lo cual fue un paso fundamental, ya que eliminó la competencia por pasajes entre diferentes cooperativas. Cuenca fue también la primera ciudad

en el país en implementar la tarjeta electrónica como modo de pago en el transporte público. Además, en este año se elaboró el primer plan de ciclovías urbanas, aunque su implementación no avanzó. El 2009 también fue importante en términos de institucionalización, pues se creó la Secretaría de Movilidad, y el año siguiente se constituyó la Empresa Municipal de Movilidad EMOV.

En el 2011 se iniciaron los estudios de prefactibilidad del Tranvía de Cuenca, marcando un hito importantísimo en la movilidad de la ciudad, aunque este medio de transporte tardaría una década en entrar en funcionamiento, luego de un tortuoso proceso con enormes dificultades durante la contratación, construcción y puesta en marcha.

Para el 2012 se contrató el “Plan de Ciclovías Urbanas y Proyecto Definitivo para Fase Piloto y del Estudio para el Sistema de Transporte Público en Bicicleta de la Ciudad de Cuenca” (MOVERE y EMOV EP, 2013). En ese año se estimaba que apenas el 1 % de la población utilizaba la bicicleta como medio de transporte. Sin embargo, es importante mencionar que ningún estudio ha incluido la movilidad de niños y adolescentes en las estimaciones, a pesar de que ellos son usuarios frecuentes de la bicicleta. En 2013 se inauguraron los terminales de transferencia que permitían conectar el transporte público urbano con el microregional y el nacional. Para el 2014, la implementación de ciclovías estaba completamente estancada, la mayoría de las existentes presentaban un diseño inadecuado, falta de conectividad y ubicaciones que no correspondían a las necesidades de planificación.

En el 2015 se elaboró el Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca. Este plan representa un giro radical de la planificación con una visión más integral que ya desde su título reconoce la importancia del abordaje conjunto de la movilidad y los espacios públicos. Aunque la implementación de este instrumento ha sido bastante limitada, durante los últimos años se han dado algunos avances importantes. Es así que entre 2016 y 2023 se construyeron nuevas ciclovías, continuando con el plan original de MOVERE e incluyendo procesos de planificación participativa (Orellana y Quezada, 2018), hasta completar

×

un total de aproximadamente 70 km en el 2023. En el 2019 se construyó el Sistema de Transporte en Bicicleta Pública de Cuenca, con un total de 20 estaciones, a través de una alianza público-privada.

Finalmente, en el 2021 inició la operación comercial del Tranvía de Cuenca, luego de varios años de inconvenientes. A pesar de que el proyecto fue planificado como parte integral del sistema de transporte público, hasta el 2023 no se ha iniciado siquiera el proceso de integración operativa ni tarifaria con los demás sistemas.

Este breve repaso histórico da cuenta de los avances que ha tenido Cuenca en materia de movilidad. Sin embargo, y a pesar de ellos, el crecimiento del parque automotor no solo que ha continuado, sino que se ha acelerado. La falta de políticas públicas certeras e integradas para la aplicación de los planes existentes, la desarticulación entre la planificación urbana y la planificación de la movilidad, la fragmentación en la implementación de los proyectos clave, la descoordinación institucional y la descontrolada dispersión urbana han disminuido la calidad del sistema de movilidad de la ciudad. Es así como, según los datos actuales de población y matriculación vehicular, la tasa de motorización estaría en cerca de 38 vehículos por cada 100 habitantes, es decir que se ha triplicado en los últimos 25 años. Los impactos de este aumento son enormes en la población y el medio ambiente, lo cual representa, junto con la inseguridad, uno de los mayores deterioros de la calidad de vida en la ciudad.

xi

La investigación de la movilidad en Cuenca

Cuenca goza de una escena académica particularmente dinámica y productiva en aspectos relacionados a la movilidad. Entre 2015 y 2022, se han publicado 73 artículos científicos en revistas indexadas en SCOPUS y SCIELO, que tratan sobre movilidad en esta ciudad. Esto es un excelente indicador del interés académico en estos aspectos, y el alcance internacional de la investigación local. Además, existe un importante número de artículos

publicados en revistas indexadas en otras bases de datos regionales, libros, reportes técnicos, trabajos académicos, proyectos de fin de carrera y tesis de postgrado. Esta producción científica subraya el inmenso potencial que Cuenca tiene para desarrollar una movilidad sostenible basada en evidencia.

Sin embargo, y a pesar de la rica producción científica, existe una desconexión entre la investigación generada y el acceso a esta por parte de tomadores de decisiones, planificadores, estudiantes e incluso otros investigadores. De los 73 artículos científicos sobre movilidad en Cuenca, apenas un tercio son de acceso abierto, mientras que la mayoría requiere suscripción a costosas bases académicas especializadas para su consulta. Incluso más preocupante es que algunos de estos trabajos se publican en editoriales a las cuales ni siquiera las universidades locales están suscritas. Adicionalmente, el idioma puede representar un obstáculo, pues 9 de cada 10 artículos están publicados en inglés. Este escenario plantea un serio desafío para universidades y grupos de investigación: se está generando conocimiento valioso para la ciudad, pero con acceso extremadamente limitado.

Objetivos y organización del libro

Esta obra colectiva tiene como objetivo sistematizar, divulgar y mejorar la visibilidad de la investigación académica en movilidad urbana en Cuenca.

El libro se compone de 13 capítulos, organizados en 3 secciones que exploran una amplia gama de temas. La primera sección “Usuarios” incluye investigaciones que exploran la relación de las personas con la movilidad, incluyendo grupos de interés como la niñez, la población en zonas periurbanas, los aspectos de género y las personas con discapacidad. La segunda sección, denominada “Sistemas”, presenta investigaciones relacionadas con los diferentes sistemas de movilidad de la ciudad: el transporte público en bus, el sistema de bicicleta pública, el tranvía, los sistemas de *Park and Ride* (estacionamientos aso-

ciados al transporte público), y algunos aspectos de la movilidad motorizada. Finalmente, la tercera sección, llamada "Electromovilidad" recopila investigaciones en este campo que genera creciente interés como una estrategia para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este libro es el resultado de un esfuerzo colaborativo sin precedentes que involucra a 45 investigadores de 12 grupos y departamentos de seis universidades diferentes: la Universidad de Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Universidad del Azuay, Universidad Católica de Cuenca, Universidad de Jaén y Budapest University of Technology and Economics. Cabe destacar que todos los autores invitados aceptaron participar y se esforzaron por condensar su investigación en capítulos breves redactados en español y en un lenguaje accesible para un público más amplio.

Aunque la obra es colectiva, cada capítulo fue desarrollado de manera individual o en grupos pequeños por sus respectivos autores. Esto no solo enriquece la diversidad temática del libro, sino que también permite la inclusión de perspectivas múltiples, e incluso en algunos casos contradictorias, sobre ciertos temas. Por lo tanto, la autoría, atribución y responsabilidad de cada capítulo recaen directamente en sus autores.

Es crucial señalar que, aunque este libro ofrece una visión panorámica de la reciente investigación en movilidad, incluye solamente una pequeña parte del conocimiento producido por la academia. En el listado de referencias al final de este apartado se podrá encontrar más publicaciones realizadas por el autor en colaboración con otros investigadores referentes a la movilidad en Cuenca.

Aun así, todavía hay muchos temas pendientes de exploración. La ciencia es un campo en constante evolución, pero confiamos en que la inercia ya generada y el alto nivel de colaboración entre los investigadores de Cuenca serán cruciales para abordar los futuros desafíos de la movilidad. Esta colaboración promete facilitar la generación de un conocimiento científico que sea no solo riguroso, sino también útil, oportuno y accesible.

Referencias y bibliografía complementaria

Abad, L., y Orellana, D. (2018). Análisis exploratorio de comportamientos de ciclistas voluntarios mediante minería de patrones espacio-temporales en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 9(1), 141–151. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.13>

Armas, R., Aguirre, H., y Orellana, D. (2022). Evolutionary bi-objective optimization for the electric vehicle charging stand infrastructure problem. *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 1139–1146. <https://doi.org/10.1145/3512290.3528859>

Cardoso, M., Orellana, D., y Hermida, M. A. (2021). Tactical urbanism: collective interventions in urban public spaces. En *Sustainable Urban Development* (pp. 6–1 to 6–22). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-3971-1ch6>

Guerrero, M., Orellana, D., Andrade, J., y Naranjo, G. (2020). Relation between Proximity to Public Open Spaces and Socio-economic Level in Three Cities in the Ecuadorian Andes. *6th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*, 81–91. <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220%2f0009396600810091>

Guirao, B., y Orellana, D. (2021). New trends in urban mobility. En *Sustainable Urban Development* (pp. 4–1 to 4–17). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-3971-1ch4>

Hermida, C. (2018). *La ciudad no se mueve sola*. Casa Editora Universidad del Azuay. <https://doi.org/10.33324/ceu-azuay.23>

Hermida, C., Cordero, M., y Orellana, D. (2019). Analysis of the influence of urban built environment on pedestrian flow in an intermediate-sized city in the Andes of Ecuador. *Interna-*

tional Journal of Sustainable Transportation, 13(10), 777–787.
<https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1514445>

Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., y Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. *EURE. Revista latinoamericana de estudios urbanos regionales*, 41(124), 25–44. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000400002>

Martinez, I., Pulla, P., Tapia, D., y Orellana, D. (2016). Análisis del área de influencia de infraestructura de ciclismo urbano usando un enfoque de energía. En G. Olmedo (Ed.), *Congreso REDU 2016* (pp. 9–10). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

MOVEPE y EMOV EP. (2013). *Estudio para la elaboración del plan de ciclovías urbanas y proyecto definitivo para la fase piloto y del estudio para el sistema de transporte público en bicicleta de la ciudad de Cuenca*.

xxv

Municipalidad de Cuenca. (1999). Ordenanza De Planificación, Organización y Regulación del Tránsito y Transporte Terrestres en el Cantón Cuenca, 90, Concejo Cantonal De Cuenca. <https://www.cuenca.gob.ec/node/8795>

Municipalidad de Cuenca. (2015). *Plan de movilidad y espacios públicos. Tomo I*, 540.

Orellana, D. (2011). Dime cómo te mueves y te diré quién eres: La movilidad como huella del comportamiento espacial de las personas. En J. R. Vaquero (Ed.), *Movilidad, retos y oportunidades para los profesionales de la Información y Comunicación* (pp. 32–45). Fundación Ciencias de la Documentación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5191.6645>

Orellana, D. (2016). Métodos para el análisis de patrones de movilidad no motorizada. En B. L. E. de Alvarez Cristina (Ed.), *Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes* (pp. 140–

148). http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/6802/1/Ver-sao%20digital_comunidades%20urbanas%20energeticamente%20eficientes.pdf#page=140

Orellana, D., Bustos, M. E., Marin-Palacios, M., Cabrera-Jara, N., y Hermida, M. A. (2020). Walk'n'roll: Mapping street-level accessibility for different mobility conditions in Cuenca, Ecuador. *Journal of Transport and Health*, 16, 100821. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100821>

Orellana, D., y Guerrero, M. L. (2019). Exploring the influence of road network structure on the spatial behaviour of cyclists using crowdsourced data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(7), 1314–1330. <https://doi.org/10.1177/2399808319863810>

Orellana, D., Neira, M., Guerrero, M. L., Samaniego, P., y Hermida, M. A. (2016). New geotools for urban studies. En C. Engel, E. Nico-Rodrigues, L. Bragança, y R. Mateus (Eds.), *SBE16 Brazil & Portugal Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment* (pp. 857–866). http://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_2-Pag_857.pdf

Orellana, D., y Quezada, A. (2018). *Mapeo móvil participativo para la planificación de ciclovías urbanas*. PUCE. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30580>

Orellana, D., Quezada, A., Andino, A., y Peralta, C. (2019). *eMAPS.ec: Herramienta para Evaluación a Microescala de Ambientes Peatonales (Adaptación a ciudades ecuatorianas)* (Versión 1). Universidad de Cuenca. https://github.com/llactalab/eMaps_Score_QGis_Plugin

Orellana, D., Quezada, A., Andrade, S., y Ochoa-Avilés, A. (2017). Metodología para definición de conglomerados de muestreo espacial en el entorno urbano basados en caminabilidad y factores socioeconómicos. *Proceedings of V Congreso REDU*, 487–491.

PADECO. (1999). *Plan para un sistema de tráfico sustentable para una ciudad piloto, Cuenca-Ecuador.*

Quezada, A., y Orellana, D. (2017). Detección de patrones secuenciales generalizados de movilidad de ciclistas a partir de datos crowdsourcing. *Memorias Universidad del Azuay*, 367–373. <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/83>

Quinde, C., Guillermo, D., Siguenza-Guzman, L., Orellana, D., y Pesántez-Cabrera, P. (2020). A Software Architecture Proposal for a Data Platform on Active Mobility and Urban Environment. *Information and Communication Technologies*, 501–515. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_37

Prólogo

Acertadamente, Daniel Orellana, amigo y compilador de este libro sugiere que una ciudad se caracteriza por la forma cómo se mueve. Sin duda alguna, sus desplazamientos describen cómo esta ha sido pensada y producida y, asimismo, qué la privilegia con relación a las interacciones económicas, sociales y ecológicas. Precisamente, en las relaciones que la movilidad genera radica su complejidad y el interés de su análisis.

El caso de estudio es Cuenca, una ciudad intermedia, Patrimonio Cultural del Ecuador y de la Humanidad, catalogada por muchos como un buen lugar para vivir en función de sus indicadores socioeconómicos y la calidad de sus servicios, sistemas y espacios públicos. No obstante, en el ámbito de la movilidad, si bien la Ciudad ha dado importantes avances en las últimas décadas, a través de planes y proyectos concretos de movilidad sostenible, es necesario analizar si la planificación, la institucionalidad y los proyectos que se han implementado alcanzan a tejer una estrategia sólida de sostenibilidad para el presente y el futuro de la Ciudad.

En ese sentido, este libro ofrece algunas lecciones para académicos, tomadores de decisiones del ámbito público y privado, y ciudadanos interesados en la movilidad. En un primer momento, el recorrido histórico sobre la movilidad de Cuenca pone de manifiesto una desarticulación entre los planes de la urbe y los planes y políticas de movilidad sostenible; de hecho, en la práctica, la tasa de motorización se ha triplicado en las tres últimas décadas lo que da cuenta de un crecimiento que pone en duda la sostenibilidad deseada.

Para quienes somos responsables de las instituciones académicas rescalto algunos puntos que deben llamar nuestra

atención. El primero, establecer estrategias para eliminar la evidente distancia que existe entre la investigación de alta calidad que producimos en las universidades y las instituciones gubernamentales que planifican y deciden sobre la movilidad de la Ciudad; estas investigaciones muchas veces se producen con recursos públicos y no cumple la finalidad de incidir en los cambios sociales. El segundo, en las universidades, esta investigación no necesariamente alimenta los contenidos de la formación de nuestros estudiantes, lo que significa que nuestros programas estarían desaprovechando gran parte de la novedad que se produce en cada campo disciplinar. El tercero, es la falta de diálogo entre investigadores, grupos de investigación o dependencias académicas intra e interuniversitarias; debido a que la mayoría de los estudios se obtienen en bases de datos costosas o incluso a las que algunas universidades no están suscritas, lo cual elitiza la investigación relevante realizada en nuestros contextos.

En relación con la movilidad de Cuenca, extraigo algunas reflexiones de las conclusiones en esta obra. En la dimensión social, niñas, niños, adultos mayores y personas con discapacidad continúan en alto riesgo en el espacio y el transporte público sin que se avizoren políticas locales de prevención de la inseguridad o cambios radicales en las dinámicas de movilidad y acceso al espacio público que reviertan esta problemática persistente. En la dimensión económica, las inversiones públicas continúan promoviendo el mercado de la movilidad motorizada; y, las inversiones en movilidad y transporte público de los últimos años estarían generando plusvalías que podrían recuperarse para invertir en movilidad sostenible. En la dimensión ecológica, las investigaciones expresan persuasivamente la necesidad de la transición hacia la electromovilidad y el transporte público eléctrico; la posibilidad de avanzar hacia la energía solar fotovoltaica de uso doméstico cuyos excedentes alimenten la red pública y los sistemas de movilidad sostenible; también, nos presentan alternativas tecnológicas para hacer más eficiente los sistemas tranviarios como el nuestro, la exploración de sistemas de reducción de la congestión vehicular aplicables a nuestros contextos y estrategias de descarbonización del transporte público.

A título personal, considero que el discurso de la sostenibilidad es fácilmente utilizable, maleable y banalizable en la política y en la sociedad; de manera que investigaciones rigurosas como las que producimos contribuyen a disputar las nociones de sostenibilidad de forma crítica y propositiva. En las ciudades se producen y reproducen las fuerzas del modelo económico dominante y sus lógicas presionan sobre la planeación y el crecimiento que separan cada vez más las ciudades de la naturaleza, en consecuencia, nos alejamos de la sostenibilidad. La movilidad sostenible tiene el potencial para reconectar a la gente con la gente y a la gente con la naturaleza.

Para finalizar, quiero elogiar el esfuerzo y trabajo de altísima calidad de 45 investigadores de las cuatro universidades de Cuenca y dos universidades extrajeras. Igualmente, no puedo dejar de resaltar que esta obra proviene de una serie de producciones científicas sobre la Ciudad dentro del grupo de investigación LlactaLAB – Ciudades Sustentables, parte del Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población de la Universidad de Cuenca, al que orgullosamente pertenezco.

Contenido

Algunos desafíos actuales en la movilidad: género, entorno urbano y gestión del suelo

Carla Hermida
Manuela Cordero

1

Movilidad segura a la escuela: barreras y principales hallazgos

Adriana Quezada
Daniel Orellana

11

La movilidad en la periferia y su dependencia con la ciudad de Cuenca

Enrique Flores-Juca
Jessica Chica
Estefanía Mora-Arias

27

La accesibilidad frente a distintas condiciones de movilidad

María Elisa Bustos
Daniel Orellana
Mateo Marín
Natasha Cabrera
Augusta Hermida

39

xxiii

Transporte público en Cuenca: línea base y oportunidades de mejora

Patricia Cazorla
Elina Ávila-Ordóñez

49

El sistema de *park and ride* en el entorno urbano de una ciudad media

Jairo Ortega
János Tóth
Tamás Péter
Martín Ortega

67

Sistema de transporte Bici Pública Cuenca: desafíos y oportunidades	<hr/> 81
Lisseth Molina	
Adriana Quezada	
Daniel Orellana	
Control energético tranviario usando hidrógeno y supercapacitores	<hr/> 93
Paúl Arévalo	
Antonio Cano	
Francisco Jurado	
Características y efectos de la movilidad motorizada en la ciudad de Cuenca	<hr/> 111
Néstor Rivera	
Juan Molina	
Andrea Bermeo	
Gina Novillo	
Transporte, energía y transición a la electromovilidad	<hr/> 125
Xavier Serrano-Guerrero	
Antonio Barragán-Escandón	
Esteban Zalamea-León	
Descarbonización del transporte en Cuenca	<hr/> 141
Gustavo Álvarez-Coello	
Andrés Baquero-Larriva	
Mateo Coello-Salcedo	
Daniel Cordero-Moreno	
Efrén Fernández-Palomeque	
Robert Rockwood-Iglesias	
Francisco Torres-Moscoso	

**Implementación masiva de medios de
electromovilidad en entornos urbanos y su
impacto en la red eléctrica**

155

Vinicio Iñiguez-Morán

Danny Ochoa-Correa

Juan Leonardo Espinoza

**La transición a la electromovilidad: una
perspectiva técnico-eléctrica**

173

Diego Morales Jadán

Marco Toledo Orozco

Javier Cabrera Mejía

El sistema de *park and ride* en el entorno urbano de una ciudad media

Jairo Ortega¹  0000-0001-5181-9583

János Tóth¹  0000-0001-9286-3193

Tamás Péter²  0000-0001-5386-5188

Martín Ortega³  0000-0003-2913-9391

¹ Department of Transport Technology and Economics, Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, Budapest University of Technology and Economics.

² Department of Control for Transportation and Vehicle Systems, Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, Budapest University of Technology and Economics.

³ Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca.

67

Puntos clave

- El sistema de P&R permite a las personas aparcar sus vehículos en una ubicación conveniente y luego tomar un medio de transporte público para llegar a su destino final en el centro de la ciudad, reduciendo así la congestión del tráfico y la contaminación en las zonas urbanas.
- La planificación de un sistema de P&R en ciudades medias requiere un análisis cuidadoso de las necesidades y demandas de transporte de la población local, así como la identificación de ubicaciones adecuadas para los P&Rs y la integración con el transporte público existente.

El sistema de *Park & Ride* (P&R) es una política de gestión de transporte que busca reducir la congestión vehicular y promover el uso del transporte público. Se trata de proporcionar estacionamientos para vehículos convencionales en ubicaciones estratégicas en las periferias o dentro del entorno urbano, donde los conductores pueden aparcar sus vehículos y continuar su viaje en transporte público (bus, tranvía, metro) hacia áreas congestionadas o de alta demanda, como el centro de la ciudad (Ortega, Tóth, y Péter, 2021b). Al disminuir la cantidad de vehículos convencionales circulando en zonas críticas, el sistema P&R, contribuye a la reducción de la contaminación atmosférica y al fomento de la movilidad sostenible en entornos urbanos (Ortega, 2022). Este tipo de sistema ha sido implementado en varias ciudades alrededor del mundo, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de estacionar sus vehículos en áreas designadas y utilizar el transporte público para llegar a sus destinos en el centro de la ciudad.

La planificación de un sistema de P&R demanda una secuencia de etapas meticulosas para asegurar un funcionamiento eficiente y cumplir con los objetivos de disminuir la congestión vehicular y fomentar el uso del transporte público. La Figura 1, ilustra los componentes clave de un sistema P&R que deben ser considerados en el proceso de planificación.

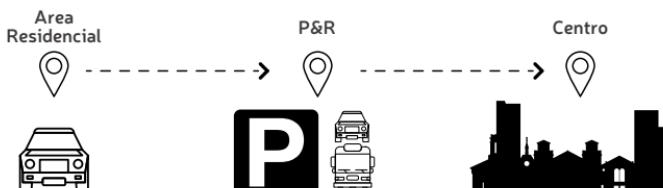


Figura 1. Funcionamiento de un sistema de P&R.

Este capítulo aborda de manera integral nuestras investigaciones sobre planificación de un sistema de P&R en Cuenca, Ecuador, como ejemplo de ciudad intermedia, para promover el

uso del transporte público y reducir la congestión vehicular y la contaminación ambiental.

Para brindar un enfoque académico y técnico, los resultados se han organizado en diversas subsecciones. En primer lugar, se presentan los criterios utilizados para seleccionar las ubicaciones más adecuadas del sistema de P&R. En segundo lugar, se determinan estas ubicaciones basadas en los criterios previamente definidos y se mapean las áreas de captación del sistema de P&R en Cuenca. Finalmente, se explica cómo la integración del sistema de P&R con vehículos eléctricos y autónomos puede reducir la emisión de contaminantes.

Criterios para la ubicación de un sistema de P&R

En las investigaciones publicadas en Ortega, Moslem, et al. (2021) y Ortega, Moslem, et al. (2023) hemos propuesto 6 criterios principales y 19 subcriterios para seleccionar la ubicación y la implementación de un sistema de P&R a partir del PMUS (Plan de Movilidad Urbana Sustentable) de Cuenca y de criterios propios del funcionamiento del sistema de P&R para una ciudad intermedia. La Tabla 1 resume estos criterios.

Para determinar la importancia relativa de los criterios y subcriterios en la selección de ubicaciones para el sistema de P&R empleamos técnicas de toma de decisiones multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés), que permiten evaluar múltiples factores y ponderar su importancia relativa en un contexto específico. Los métodos multicriterio utilizados fueron: Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Ortega y Moslem, 2023); Best Worst Method (BWM) (Ortega, Tóth, Moslem, et al., 2020), y una combinación de ambos AHP-BWM. Los participantes son expertos en el área de Transporte y Movilidad de la ciudad de Cuenca.

Los resultados de la ponderación de las opiniones de los participantes en los MCDM indican que la Accesibilidad al Transporte Público (C3) emerge como el criterio de mayor importancia en la selección de ubicaciones para sistemas de P&R.

Tabla 1. Criterios principales y secundarios para seleccionar la ubicación del sistema de P&R (Ortega, Tóth, y Péter, 2021a)

Criterios		Subcriterios
C1	Distancia	C1.1 Distancia de las zonas al sistema P&R
		C1.2 Distancia del sistema P&R al centro de la ciudad
C2	Condiciones del tráfico en la ruta (origen-destino)	C2.1 Tiempo de viaje en vehículo convencional
		C2.2 Tiempo de viaje en transporte público
		C2.3 Tiempo de viaje a través del sistema de sistema P&R
C3	Accesibilidad del transporte público	C3.1 Frecuencia del transporte público
		C3.2 Tiempo de traslado desde el sistema P&R hasta la parada de transporte público
		C3.3 Distancia del P&R a la parada de transporte público más cercana
C4	Aspectos del transporte	C4.1 Reducción de viajes en coche privado en CBD
		C4.2 Aumento de la demanda en transporte público en CBD
C4	Aspectos del transporte	C4.3 Número de conexiones de transporte público disponibles
		C4.4 Demanda de aparcamiento en un sistema P&R

Este hallazgo enfatiza la relevancia de la interacción entre el sistema P&R y el transporte público, subrayando que la eficacia de un sistema P&R depende, en gran medida, de su capacidad para conectarse de manera adecuada y eficiente con las redes de transporte público existentes.

Criterios	Subcriterios
C5 Económicos	C5.1 Coste de implantación del proyecto
	C5.2 Coste del uso del suelo
	C5.3 Coste de la implantación de la infraestructura de telecomunicaciones
	C5.4 Coste total del mantenimiento de la inversión
C6 Medioambientales	C6.1 Reducción de CO2
	C6.2 Reducción del ruido
	C6.3 Superficie ocupada

Cálculo de la ubicación de un sistema de P&R para la ciudad de Cuenca – Ecuador

71

Los PMUS proporcionan información relevante sobre las políticas de movilidad que deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo en una ciudad. Además, son fuentes de datos e información que describen aspectos relacionados con la movilidad, como la clasificación del uso del suelo según la actividad de cada zona urbana (ej. residencial, comercial, recreativa y agrícola). Asimismo, presentan divisiones geográficas de la ciudad en distritos, zonas y barrios.

Con esta información es posible determinar qué tipo de actividad origina los viajes de P&R y verificar, mediante un algoritmo, la eficiencia de la selección del inicio del viaje calculando y comparando los atributos de los viajes óptimos realizados por los usuarios potenciales de P&R, desde el punto de origen hasta diferentes instalaciones de P&R en función de varias métricas (ej. distancia, tiempo sin tráfico, tiempo con tráfico).

En Ortega et al. (2019) llevamos a cabo un análisis de regresión lineal sobre un conjunto de posibles ubicaciones de P&R para determinar la más apropiada, se identificaron 7 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Coordenadas de ubicación del sistema de P&R ID

ID	Latitude	Longitude
A	-2.9233990	-79.0382343
B	-2.9147923	-79.0382270
C	-2.8956061	-79.0268517
D	-2.9066296	-79.0293574
E	-2.8970630	-78.9902306
F	-2.8861158	-78.9929826
G	-2.8818860	-78.9776599

Posteriormente se desarrolló un algoritmo para evaluar y discernir cuál de las estaciones de P&R resulta más atractiva en términos de eficiencia y accesibilidad. Dicho algoritmo tomó en cuenta criterios como la distancia directa, la distancia en carretera y los tiempos de desplazamiento tanto en condiciones de tráfico reducido como en situaciones de tráfico intenso. La Tabla 4 indica, para cada una de las 15 zonas identificadas en el PMUS de Cuenca, la ubicación de P&R más cercano.

Es importante destacar que la zona 5 presenta una peculiaridad en la columna de tiempo de viaje bajo tráfico reducido, donde se indica "F-E-E-E-E" en lugar de una única letra. Esto representa los 5 días laborales de la semana, es decir el lunes las personas escogerían el sistema de P&R de ubicación F, mientras los demás días la ubicación E.

Mapeo de las áreas de captación del sistema de P&R

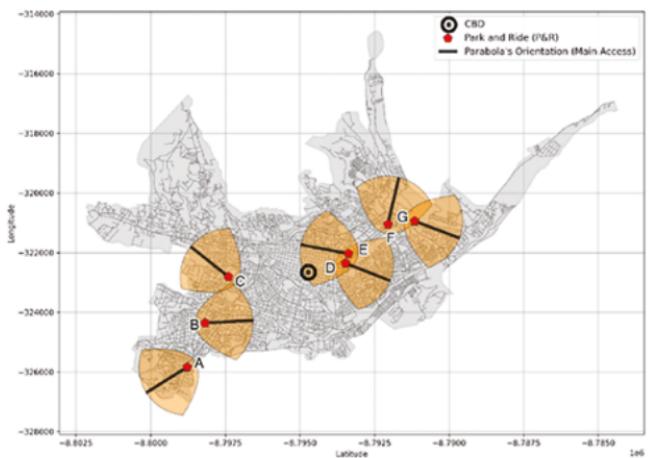
El área de captación de las instalaciones de P&R se reconoce como un elemento fundamental para la planificación del sistema (Ortega, Tóth y Tamás, 2020a). En ese sentido, el método de la

Tabla 4. Instalación de P&R más cercana a cada zona (Ortega, Rizopoulos, et al., 2022)

Zonas	Distancia		Tiempo de viaje	
	Línea recta	Red vial	Bajo tráfico	Alto tráfico
1	C	C	C	C
2	C	C	C	C
3	B	B	B	B
4	F	F	F	F
5	E	E	F-E-E-E-E	E
6	E	E	E	E
7	E	E	E	E
8	E	E	E	E
9	C	C	D	D
10	E	E	E	E
11	G	G	G	G
12	F	F	F	F
13	E	E	E	E
14	E	E	G	E
15	G	G	G	G

parábola puede utilizarse para visualizar esas formas geométricas en mapas digitales de un entorno urbano (Ortega, Tóth, et al., 2022). Puede implementarse como un programa informático que integre las variables que representan los elementos del sistema P&R, así como el conjunto de ecuaciones que se utilizan en el sistema de información geográfica (SIG) (Ortega, Tóth y Péter, 2020).

La Figura 2, muestra un mapa de las instalaciones potenciales del sistema de P&R, así como su área de captación. Los resultados exhiben cómo la parábola de cobertura abarca gran



74



Figura 2. Mapeo de las áreas de captación del sistema de P&R

parte del entorno urbano de la ciudad de Cuenca. No obstante, también se puede observar que existen áreas que no están cubiertas por el sistema P&R, lo cual podría ser objeto de análisis y consideración en futuras mejoras del sistema.

Reducción de emisiones en la interacción del sistema de P&R con vehículos eléctricos y vehículos autónomos.

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es un objetivo esencial en la lucha contra el cambio climático. En este contexto, el P&R, combinado con vehículos eléctricos y autónomos, puede jugar un papel crucial.

La Tabla 5 presenta los resultados de la reducción de contaminación (emisiones que produce el automotor) al implementar el sistema de P&R y combinarlo con vehículos autónomos (AV) y vehículos eléctricos (EV) en el software Copert (Ntziachristos et al., 2009). Los porcentajes reflejan la disminución en la emisión de diversos contaminantes, incluidos NOx, CO y CO₂.

Tabla 5. Reducción de contaminación al implementar el sistema de P&R y combinar con vehículos autónomos (AV), y vehículos eléctricos (EV)

75

	NO _x	CO	CO ₂
P&R	16%	16%	20%
P&R + EV	39%	38%	42%
AV + P&R	20%	10%	13%
AEV + P&R	34%	34%	35%

La implementación exclusiva del sistema P&R conlleva una reducción del 16 % en las emisiones de NOx y CO, así como del 20 % en las emisiones de CO₂ (Ortega et al., 2023). Al fusionar el sistema P&R con EV, se evidencia una disminución considerablemente mayor en la emisión de contaminantes, alcanzando el 39 % en NOx, el 38 % en CO y el 42 % en CO₂ (Obaid et al., 2021). Por otra parte, al integrar AV con el sistema P&R, se obtiene una reducción del 20 % en NOx, del 10 % en CO y del 13 % en CO₂ (Ortega, Tóth y Tamás, 2020b). Por último, al incor-

porar vehículos autónomos eléctricos (AEV) al sistema P&R, se logra una disminución del 34 % en NO_x y CO y del 35 % en CO₂ (Ortega et al., 2021).

En síntesis, al combinar la implementación de vehículos eléctricos y autónomos en conjunto con el sistema P&R, se puede alcanzar una reducción significativa en la emisión de contaminantes atmosféricos.

Conclusión

Este capítulo se ha centrado en explorar la implementación de un sistema de P&R en una ciudad intermedia de América Latina, Cuenca, Ecuador. Nuestra indagación ha abordado el intrincado proceso de planificación, desde la decisión inicial de las ubicaciones hasta la compleja interacción con los vehículos eléctricos y autónomos.

La aplicación de enfoques multicriterio nos ha permitido discernir cuáles serán más propensos a ser adoptados por los planificadores urbanos para la implementación del sistema P&R. A través de análisis matemático, hemos sido capaces de determinar no solo la ubicación más atractiva para el sistema P&R, sino también su rango de influencia. El método de mapeo parabólico nos ha proporcionado información valiosa sobre el área de cobertura de cada P&R.

Este estudio se ha centrado en la interacción del sistema P&R con los vehículos eléctricos y autónomos, lo que ha permitido examinar su potencial como política orientada a reducir la contaminación. No obstante, reconocemos ciertas limitaciones en este análisis. Hemos basado nuestros datos en una ciudad media de Ecuador, y consideramos que sería interesante extender el estudio a ciudades de mayor complejidad como Quito o Guayaquil, o a su vez, a ciudades más pequeñas como Azogues.

Además, nuestro enfoque se ha centrado en el sistema P&R vinculado al transporte público, sin considerar otras formas de transporte, como la micromovilidad o el transporte en bicicleta. Teóricamente, este sistema puede implementarse

desde cero, pero reconocemos que, en la práctica, las condiciones de movilidad podrían cambiar, lo que requeriría actualizaciones en la información para implementar varios sistemas de P&R en Cuenca.

Uno de los desafíos para la implementación de este sistema es asegurar un nivel de servicio adecuado en el transporte público que, en combinación con el sistema de P&R, pueda reducir los tiempos de viaje. Sin embargo, existe incertidumbre respecto a la disposición de los usuarios para adoptar este sistema. En este sentido, los planificadores de transporte deberían tener en cuenta los costos de transporte y explorar alternativas que promuevan su uso, como sistemas de pago único o tarifas homologadas. Para detalles más exhaustivos, se recomienda consultar las publicaciones referenciadas en el presente capítulo.

En resumen, este capítulo proporciona una primera incursión en la implementación del sistema de P&R en una ciudad intermedia en Ecuador. Sin embargo, queda claro que se necesitan adaptaciones futuras, tanto en la esfera académica como práctica.

77

Referencias

Ntziachristos, L., Gkatzolias, D., Kouridis, C., y Samaras, Z. (2009). COPERT: A European road transport emission inventory model. *Environmental Science and Engineering (Sub-series: Environmental Science)*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88351-7-37>

Obaid, M., Torok, A., y Ortega, J. (2021). A comprehensive emissions model combining autonomous vehicles with park and ride and electric vehicle transportation policies. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/SU13094653>

Ortega, J. (2022). *An Integral Study of Park and Ride for Urban Mobility* [Budapest University of Technology and Economics]. https://www.researchgate.net/publication/368137685_

AN_INTEGRAL_STUDY_OF_PARK_AND_RIDE_FOR_URBAN_MOBILITY

Ortega, J., Lengyel, H., y Ortega, J. (2023). Design and Analysis of the Trajectory of an Overtaking Maneuver Performed by Autonomous Vehicles Operating with Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) and Driving on a Highway. *Electronics (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS12010051>

Ortega, J., Rizopoulos, D., Tóth, J., y Péter, T. (2022). Land Use as a Criterion for the Selection of the Trip Starting Locations of Park and Ride Mode Travelers. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 50(1), 88-100. <https://doi.org/10.3311/PPTR.16383>

Ortega, J., Tóth, J., y Péter, T. (2020). Mapping the catchment area of park and ride facilities within urban environments. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/IJGI9090501>

Ortega, J., Tóth, J., y Péter, T. (2022). Applying Geographic Information System Methodologies to Estimate the Catchment Area Accessibility of Park-and-Ride Facilities. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 50(1), 69-78. <https://doi.org/10.3311/PPTR.16384>

Ortega, J., Tóth, J., y Tamás, P. (2019). Estimation of parking needs at Light Rail Transit System stations/ISBN 978-963-8121-85-1. En Conference on Transport Sciences 2019 (Ed.), *Conference on Transport Sciences 2019*. Conference on Transport Sciences 2019. https://www.researchgate.net/publication/331976894_Estimation_of_parking_needs_at_Light_Rail_Transit_System_stationsISBN_978-963-8121-85-1

Ortega, J., Tóth, J., y Tamás, P. (2020a). A spatial study of the catchment area of P&R facilities. En International Conference on Transport Sciences (Ed.), *International Conference on Trans-*

port Sciences. International Conference on Transport Sciences. https://www.researchgate.net/publication/341978299_A_spatial_study_of_the_catchment_area_of_PR_facilities

Ortega, J., Tóth, J., y Tamás, P. (2020b). A theoretical analysis of car emission levels related to the implementation of a Park and Ride in an urban environment. En PANAM (Ed.), *PANAM*. https://www.researchgate.net/publication/353830620_A_theoretical_analysis_of_car_emission_levels_related_to_theImplementation_of_a_Park_and_Ride_in_an_urban_environment

Ortega, J., Tóth, J., y Tamás, P. (2021). Analyzing pollution reduction by combining the P&R system with electric vehicles. En Conference on Transport Sciences (Ed.), *Conference on Transport Sciences*. https://www.researchgate.net/publication/352313010_Analyzing_pollution_reduction_by_combining_the_PR_system_with_electric_vehicles

Al estudiar la movilidad urbana se puede aprender mucho sobre una ciudad, hablamos de la capacidad de planificación, de la importancia que se da al espacio público y al ambiente, de las inequidades sociales, de la salud de la población; a partir de esto podríamos afirmar: "Dime cómo te mueves y te diré qué tipo de ciudad eres".

ISBN: 978-9978-14-546-3



9 789978 145463



UCUENCA

L L A
C T A
lab



CIUDADES
SUSTENTABLES