

# **Análisis Geoespacial Multivariado aplicado a la medición del índice de Desarrollo Orientado al Transporte en estaciones del Metro de Quito**

**Autores:** Ing. Paulina Cubillo, Arq. Julio Vega.

**Eje Temático:** Geomática y Tecnologías de la información geográfica como herramientas de representación, análisis y modelación del territorio

## **Antecedentes:**

Las ciudades son un sistema de producción de riqueza que atraen cada vez a más personas en busca de un mejor estilo de vida. La migración a las ciudades incide en la demanda de más viviendas, servicios y equipamientos que, en muchos casos, implican un crecimiento urbano descontrolado, aumento del número de vehículos, procesos de segregación social y afectaciones a los sistemas naturales. De hecho, las ciudades son responsables del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero, una de las causas del cambio climático. El Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) es un enfoque de planificación territorial que considera en la eficiencia del territorio urbano y el aprovechamiento de las infraestructuras de transporte público como medio de desarrollo. Este propone usos de suelo mixto, condiciones adecuadas de caminabilidad y una densidad controlada en los alrededores de las estaciones de transporte.

El DOT puede cuantificarse para diagnosticar problemáticas y potencialidades en determinado territorio, mediante la evaluación de los planes y productos del desarrollo urbano según su nivel de apego a los principios y objetivos de implementación del estándar DOT.

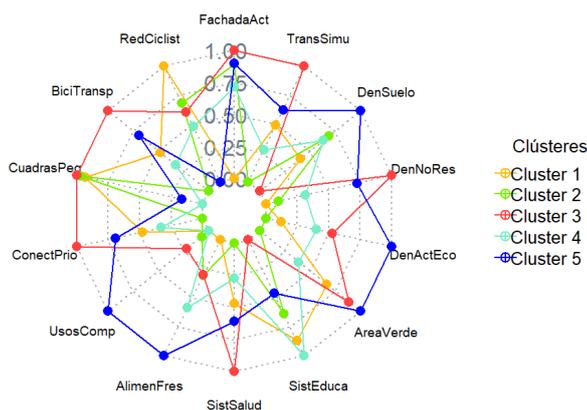
## **Metodología**

El presente trabajo se desarrolló en cuatro etapas: 1.- En la primera etapa se definió la zona de influencia de cuatro estaciones del Metro de Quito para determinar el rango de accesibilidad a cada estación. 2.- En la segunda etapa se analizaron los ocho principios del DOT, sus indicadores y la factibilidad de adaptación de estos indicadores a la realidad de la ciudad de Quito; 3.- En esta tercera etapa se realiza una propuesta de índice DOT para las estaciones del Metro de Quito a través de 21 indicadores y sus respectivas categorías y su aplicación en cuatro estaciones del Metro de Quito. 4.- En la última etapa se utilizó 16 métodos de clasificación para identificar el mejor modelo que permitan la generación de grupos (clústeres) con similares características en base a los principios DOT (variables). Los métodos probados fueron: Redes Neuronales tipo SOM, Análisis de Componentes Principales ACP, Escalamiento Multidimensional MDS, K-Medias, y Clustering Jerárquico HC, realizándose pruebas estadísticas de calibración con cada método de clasificación para seleccionar el mejor modelo a aplicar, siendo los métodos K-Medias y Clustering Jerárquico, los que mejor resultado dieron. El modelo final seleccionado (Clustering Jerárquico) permitió obtener clústeres en los que cada una de las cuadras analizadas tenía características similares basadas en los principios y estándares DOT.

## **Resultados**

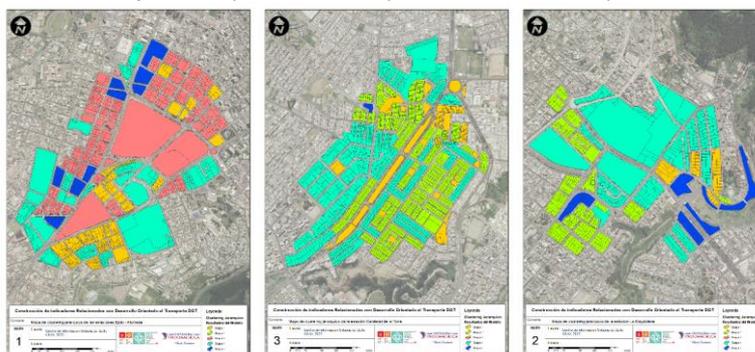
El análisis multivariado permitió identificar 5 grupos diferenciados estándares DOT caracterizados de acuerdo los principios: Caminar, Pedalear, Conectar, Transporte, Mezclar, Densificar, Compactar, Cambiar.

Grafico 1 Grupos resultantes para cada variable



Los resultados del índice DOT se han mapeado a través de Sistemas de Información Geográfica que permiten visualizar a nivel de manzana los objetivos clave concretos que son esenciales para la implementación de principios en el desarrollo urbano en las zonas aledañas a las estaciones del Metro de Quito e identificar dónde existen retos y oportunidades.

Grafico 2 Grupos resultantes para cada variable mapeado



## Conclusiones

Las manzanas del grupo 4 (turquesa) son las que dominan espacialmente las zonas de estudio, pero son al mismo tiempo las que alcanzan las mejores condiciones de estándar DOT únicamente en cercanía a un Sistema Educativo; el segundo grupo dominante es el grupo 2 (verde claro) que alcanza las mejores condiciones únicamente para el estándar “Cuadras pequeñas”. Por otro lado, el grupo 4 (rojo) que contiene las mejores características en 7 estándares están en pocos lugares lo que da cuenta del estado general de las zonas estudiadas.

**Palabras Clave:** DOT, TOD, Desarrollo Orientado al Transporte, Minería de Datos, Clusterización, Planificación, Clustering Jerárquico, Urbanismo, Ciencia de Datos.

## Referencias bibliográficas:

- [1] J. R. Quintero-González, “Sustainable transit-oriented development (STOD). A prospective for Colombia,” *Bitacora Urbano Territ.*, vol. 29, no. 3, pp. 59–68, 2019, doi: 10.15446/bitacora.v29n3.65979.
- [2] C. D. Higgins and P. S. Kanaroglou, “A latent class method for classifying and evaluating the performance of station area transit-oriented development in the Toronto region,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 52, pp. 61–72, 2016, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.02.012.
- [3] F.-S. Campos-Sánchez, F.-J. Abarca-Álvarez, G. Serra-Coch, and C. Chastel, “Evaluación comparativa del nivel de Desarrollo Orientado al Transporte (dot) en torno a nodos de transporte de grandes ciudades: métodos complementarios de ayuda a la decisión,” 2019. doi: 10.4067/S0250-71612019000100005.
- [4] M. Matsuyuki, N. Aizu, F. Nakamura, and K. Leeruttanawisut, “Impact of gentrification on travel behavior in transit-oriented development areas in Bangkok, Thailand,” *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 8, no. 4, pp. 1341–1351, 2020, doi: 10.1016/j.cstp.2020.09.005.
- [5] C. E. Vergel-Tovar and D. A. Rodriguez, “The ridership performance of the built environment for BRT systems: Evidence from Latin America,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 73, no. June, pp. 172–184, 2018, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.06.018.
- [6] S. Y. He, S. Tao, Y. Hou, and W. Jiang, “Mass transit railway, transit-oriented development and spatial justice: The competition for prime residential locations in Hong Kong since the 1980s,” *Town Plan. Rev.*, vol. 89, no. 5, pp. 467–493, 2018, doi: 10.3828/tpr.2018.31.
- [7] S. Cueva Ortiz and A. Casals, “Guiding Principles of the Contemporary City,” *Lect. Notes Networks Syst.*, vol. 379 LNNS, pp. 59–69, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-94262-5\_6.
- [8] N. J. Van Eck and L. Waltman, “Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping,” *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [9] ITDP, “DOT Estandar,” Development, pp. 65, 66, 2017, [Online]. Available: <https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2017/06/DOT-Estándar-V3.0.pdf>
- [10] C. N. Li, C. Lin, and T. K. Hsieh, “TODDistrict Planning based on residents’ perspectives,” *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 5, no. 4, pp. 1–18, 2016, doi: 10.3390/ijgi5040052.
- [11] A. Ibraeva, G. H. de A. Correia, C. Silva, and A. P. Antunes, “Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 132, no. March 2019, pp. 110–130, 2020, doi: 10.1016/j.tra.2019.10.018.
- [12] R. Cervero and D. Dai, “BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments,” *Transp. Policy*, vol. 36, pp. 127–138, 2014, doi: 10.1016/j.tranpol.2014.08.001.
- [13] A. Al-Harami and R. Furlan, “Qatar National Museum-Transit oriented development: The masterplan for the urban regeneration of a ‘green TOD,’” *J. Urban Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 115–136, 2020, doi: 10.1016/j.jum.2019.09.003.
- [14] R. Cervero, O. L. Sarmiento, E. Jacoby, L. F. Gomez, and A. Neiman, “Influences of built environments on walking and cycling: Lessons from Bogotá,” *Int. J. Sustain. Transp.*, vol. 3, no. 4, pp. 203–226, 2009, doi: 10.1080/15568310802178314.
- [15] R. Maheshwari, A. Grigolon, and M. Brussel, “Evaluating TOD in the context of local area planning using mixed-methods,” *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 10, no. 2, pp. 1015–1025, 2022, doi: 10.1016/j.cstp.2022.03.013.
- [16] R. Thomas, D. Pojani, S. Lenferink, L. Bertolini, D. Stead, and E. van der Krabben, “Is transit-oriented development (TOD) an internationally transferable policy concept?,” *Reg. Stud.*, vol. 52, no. 9, pp. 1201–1213, 2018, doi: 10.1080/00343404.2018.1428740.
- [17] N. Cao, L. Zhao, M. Chen, and R. Luo, “Fuzzy Social Force Model for Pedestrian Evacuation under View-Limited Condition,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/2879802.

- [18] F. Caset and F. M. Teixeira, “Visualizing the potential for transit-oriented development: Insights from an open and interactive planning support tool in Flanders, Belgium,” *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.*, vol. 49, no. 2, pp. 411–426, 2022, doi: 10.1177/23998083211010793.
- [19] G. Lyu, L. Bertolini, and K. Pfeffer, “Developing a TOD typology for Beijing metro station areas,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 55, pp. 40–50, 2016, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.07.002.