



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

**Identificación de patrones de movilidad urbana y su relación
con variables meteorológicas registradas en el cantón
Cuenca**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magister en Matemática Aplicada

Autor:

Darwin Darío Espinoza Saquicela

Director:

Iván Andrés Mendoza Vázquez, PhD.

Cuenca – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, amigos y sobre todo a mi prometida, por sus palabras de aliento y momentos compartidos antes y durante se materializaba este trabajo, sepan que han servido de inspiración para superar los obstáculos que se presentaron.

A los docentes que formaron parte de este programa de maestría por haber compartido su experiencia, consejos, ayuda y conocimiento en cada módulo. A los profesores Iván Mendoza, Julio Mosquera y Jonnatan Avilés, por el acertado y oportuno acompañamiento que ha servido para que este trabajo se realice.

Darwin Darío Espinoza Saquicela.

DEDICATORIA

De manera especial a mi prometida, María José, que ha estado presente desde el primer día en que este desafío académico inició, brindándome su apoyo, paciencia y amor incondicional. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada etapa de esta maestría, este logro es nuestro.

También a mi madre, padre y hermanos, por la motivación y apoyo que me han brindado una vez más para afrontar un nuevo desafío académico. El saber que estaban presentes, con palabras de apoyo y gestos de cariño, fue un respaldo necesario para soportar cada reto que se presentó durante el curso de esta maestría.

Darwin Darío Espinoza Saquicela.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
Revisión bibliográfica.....	8
METODOLOGÍA	10
Preparación de <i>datasets</i>	11
<i>Dataset</i> de movilidad	11
<i>Dataset</i> de meteorología.....	13
Combinación de <i>datasets</i>	13
Relación entre movilidad y meteorología.....	15
Análisis inicial	15
<i>Clustering</i>	16
RESULTADOS	16
Análisis inicial	16
<i>Clustering</i>	19
Patrones.....	20
Modos de transporte usados en horas pico y horas valle.....	21
Destinos de personas que se movilizan a pie	23
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Área efectiva cubierta por la estación automática de monitoreo en tiempo real. .	10
Algoritmo para seleccionar puntos de movilización dentro del área urbana de Cuenca.	11
Puntos de movilización dentro del área urbana de Cuenca. En color amarillo y naranja, orígenes y destinos, respectivamente, y en verde, los punto registrados por cada viaje.	11
Diagramas de caja de temperatura promedio del aire y precipitación, registrados del 26 de octubre al 6 de noviembre de 2019.	12
<i>Left-join</i> entre datasets de movilidad y variables meteorológicas.	13
Algoritmo para obtener valores de temperatura promedio y precipitación presentados durante viajes.	13
Correlación entre distancia de viaje, tiempo de viaje, temperatura promedio del aire y precipitación.	14
Diagramas de caja por grupos de modos de transporte para temperatura promedio del aire	16
Diagramas de caja por grupos de modos de transporte para precipitación	16
Diagramas de caja por grupos de modos de transporte para precipitación, sin valores atípicos	17
<i>Tuckey Honest Significant Differences</i> para modos de movilización en función de temperatura, precipitación y distancia de viaje, de izquierda a derecha .	17
Árbol de decisión para predecir modo de movilización	17
Dendograma obtenido tras realizar <i>clustering</i> jerárquico <i>complete</i>	18
Comparativa de uso de vehículos y movilización pedestre	19
Movilizaciones a las 07H00 en días hábiles (izquierda) y fines de semana (derecha)	19
Árbol de decisión para movilizaciones dadas a las 18H00	20
Curva <i>ROC</i> para el modelo de clasificación <i>KNN</i> , <i>k</i> igual a 2	21
Clústers de destinos para personas de movilización terrestre	22
Comparación de curvas <i>ROC</i> para clasificadores sin balanceo de clases (izquierda) y con balanceo de clases (derecha)	24

ÍNDICE DE TABLAS

Métricas obtenidas para modelos de regresión lineal generados con variables numéricas	15
Métricas internas de <i>clustering</i> obtenidas para <i>clustering</i> jerárquico y <i>k-means</i> .	18
Métricas obtenidas para el modelo de clasificación <i>KNN</i> , con <i>k</i> igual a 2	21
Métricas internas de <i>clustering</i> obtenidas para agrupación destinos de movilización pedestre	22
Promedio de temperatura y suma de precipitaciones por clúster	23
Métricas obtenidas para los clasificadores <i>KNN</i> , con y sin balanceo de clases . .	23

Identificación de patrones de movilidad urbana y su relación con variables meteorológicas registradas en el cantón Cuenca

Darío Espinoza S. – despinoza_maestria@es.uazuay.edu.ec

Iván Mendoza V. – imendoza@uazuay.edu.ec

RESUMEN

Los estudios referentes a la movilidad urbana proporcionan datos y análisis fundamentados que respaldan la toma de decisiones y permiten a los gobernantes desarrollar estrategias efectivas y eficientes para enfrentar los desafíos que presenta la movilidad urbana, mejorando la calidad de vida de los habitantes. En este estudio se realizaron análisis de datos de movilidad registrados mediante dispositivos móviles de personas que transitaron en Cuenca, y de las variables meteorológicas, temperatura del aire y precipitación, registradas durante sus movilizaciones. Se encontraron relaciones entre variables de cada tipo de datos, y posteriormente estos se combinaron encontrando relaciones con menor fuerza. Además, se notó superioridad en uso de vehículos por sobre otros modos de transporte. Y finalmente se produjeron dos clasificadores usando la técnica *KKN* para determinar el modo de movilización en horarios pico y horarios valle, y para destinos de movilización a pie, con un 70 % y 30 % de aciertos, respectivamente.

Palabras clave: Patrones de movilidad. Variables meteorológicas. Combinación de datos. Agrupación. Modelos de clasificación.

ABSTRACT

Studies on urban mobility provide data and informed analysis that support decision making and decision makers to develop effective and efficient strategies to face the challenges of urban mobility, by improving the quality of life of the inhabitants. In this study, mobility data recorded by mobile devices of people who traveled in Cuenca, and the meteorological variables, air temperature and precipitation, recorded during their travels were analyzed. Relations were found between variables of each type of data, and subsequently these were combined. Later, these findings led to finding relations of lesser strength. In addition, superiority was noted in the use of vehicles over other means of transportation. Finally, two classifiers were produced by using the *KKN* technique to determine the mode of transportation during peak and off-peak hours, and for walking destinations, with a 70 % and 30 % success rate, respectively.

Keywords: Mobility patterns. Meteorological variables. Data merging. Clustering. Classification models.

