



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, E
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**EFICIENCIA DE LA MOVILIDAD URBANA DEL
CANTÓN LA TRONCAL USANDO HERRAMIENTAS
COMPUTACIONALES**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN**

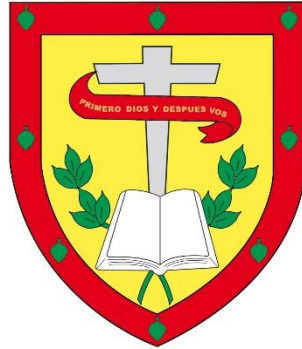
AUTORA: ERIKA KATHERINE GÓMEZ LLERENA

**DIRECTOR: ING. MANUEL GUILLERMO RODRÍGUEZ LÓPEZ
MGTR.**

LA TRONCAL - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, E
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

EFICIENCIA DE LA MOVILIDAD URBANA DEL CANTÓN LA
TRONCAL USANDO HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN**

AUTORA: ERIKA KATHERINE GÓMEZ LLERENA

**DIRECTOR: ING. MANUEL GUILLERMO RODRÍGUEZ LÓPEZ
MGTR.**

LA TRONCAL - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN, E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
UNIDAD DE TITULACIÓN

La Troncal, 29 de abril de 2022

Sección: UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN, E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Asunto: Aprobación de trabajo de titulación.

Señor Ingeniero:

Marcos Orellana Parra

UNIDAD DE TITULACIÓN

UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN, E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

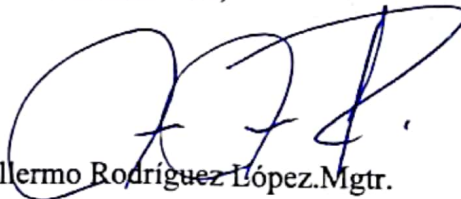
De mi consideración:

Con un atento y cordial saludo me dirijo a usted para desearle éxitos en sus funciones diarias.

El suscrito tutor del trabajo de titulación, certifica que el trabajo titulado "***Eficiencia de la movilidad urbana del cantón La Troncal usando herramientas computacionales***" desarrollado por la estudiante ***ERIKA KATHERINE GOMEZ LLERENA***, con número de cédula ***094302036-2***, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Católica de Cuenca.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales consiguientes. Sin otro particular me suscribo de Usted.

Atentamente,



Ing. Guillermo Rodríguez López. Mgtr.

TUTOR

DEDICATORIA.

Dedicado a mi familia, en especial a mis padres Manuel Gómez y en memoria de Alicia Llerena por haber confiado en mí durante todo este tiempo.

A mi hermana Meybol por los ánimos que siempre me ha dado, animándome en cada momento, dentro y fuera de mis estudios.

A mi esposo Jorge Alarcón por su apoyo incondicional y acompañamiento permanente para hacer de este sueño una realidad.

A los Mgtr. Marcos Orellana, Anita Hinojosa y la Dra. Rosita Zambrano, por enseñarme tantas cosas que he aprendido, por todos sus apoyos, consejos y por haber confiado en mí desde un principio.

A mi tutor Mgtr. Guillermo Rodríguez por guiarme en este trabajo del que he aprendido mucho.

A mis abuelos, hermanos... por los ánimos que siempre me dieron.

Muchas gracias

Los quiero mucho.

Con amor y admiración.

Erika Gómez Llerena.

AGRADECIMIENTO.

Los resultados de este trabajo, merece expresar un profundo agradecimiento, a aquellas personas que de alguna forma son parte de esta culminación, quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.

Mi agradecimiento, va dirigido principalmente a Dios y a la Virgen por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica.

A mis padres quienes me han apoyado arduamente día tras día.

A los Mgtr. Marcos Orellana, Anita Hinojosa y la Dra. Rosita Zambrano quienes han impartido sus conocimientos y experiencias, para formarme como una profesional.

Al Mgtr. Guillermo Rodríguez que fue mi tutor de tesis, quien supo creer en mi capacidad y orientarme sin interés alguno, para culminar con éxito ésta investigación.

A mis hermanos por estar siempre junto a mi animándome a que no me diera por vencida y cumpla mi sueño.

A mi esposo y suegra por estar apoyándome en cada decisión que he tomado y momento que he vivido a lo largo de mi carrera.

Con cariño, agradecimiento y respeto.

Erika Gómez Llerena.

RESUMEN

En este artículo describimos la importancia de las herramientas computacionales para optimizar la eficiencia de la movilidad de los viajeros dentro de una red urbana. El objetivo principal es identificar la mejor ruta de la red urbana para movilizar a los pasajeros. Para el estudio, como referencia tomamos un solo origen de las rutas ubicado en el terminal de buses en el centro de la ciudad. En cambio, como destino seleccionamos lugares aleatorios de los seis barrios más alejados, donde, los tiempos de viaje son mayores y más significativos. Por otro lado, los medios de transporte urbano elegidos fueron taxis y mototaxis por tener mayor demanda de los viajeros. Los datos utilizados para desarrollo fueron, tiempo de viaje, distancia, tarifa, frecuencia de viajes y las coordenadas de latitud y longitud del origen y destinos. Dentro de los resultados se identificaron las rutas más idóneas para movilizar a los viajeros. Estas rutas trazamos en los respectivos mapas de la red urbana para motivar a generar políticas públicas. Se determinó que los tiempos de viaje calculados por los algoritmos computacionales difieren de los levantados en las encuestas directas a los conductores. Estas diferencias quedan en discusión si se debe al mal estado de las vías y condiciones de los medios de transporte contra los criterios o parámetros con que evaluamos en los algoritmos.

Palabras claves: movilidad urbana, tiempos de viaje, rutas cortas, algoritmos, La Troncal.

ABSTRAC

This article describes the importance of computational tools to optimize the efficiency of passenger mobility within an urban network. The main objective is to identify the best urban network route to mobilize passengers. This research takes as a reference a single origin of the routes located in the bus terminal in the city center. Instead, as a destination we select random places from the six furthest neighborhoods, where travel times are longer and more significant. On the other hand, the chosen means of urban transport were taxis and motorcycle taxis because they had a greater demand from travelers. The data used for development were travel time, distance, rate, travel frequency and latitude and longitude coordinates of origin and destination. Among the results, the most suitable routes to mobilize travelers were identified. We trace these routes in the respective maps of the urban network to motivate the generation of public policies. It was determined that the travel times calculated by the computational algorithms differ from those raised in direct surveys of drivers. These differences remain under discussion if it is due to the poor condition of the roads and conditions of the means of transport against the criteria or parameters with which we evaluate in the algorithms.

Key words: urban mobility, travel times, short routes, algorithms, La Troncal

1. INTRODUCCIÓN

El estudio trata sobre la eficiencia de la movilidad urbana para mejorar la accesibilidad poblacional. El objetivo es identificar la mejor ruta de la red urbana para movilizar a los pasajeros. Tomando en cuenta que el transporte público es el principal motor de la movilidad, siendo el de mayor uso por los ciudadanos. Por lo que se propone aplicar las TIC, para lograr un mejor desplazamiento al igual que reducir la congestión vehicular.

La movilidad urbana es un tema de importancia, porque en la actualidad por causa del crecimiento demográfico el tráfico en las grandes ciudades se ha vuelto un caos. De acuerdo a un informe presentado por la ONU, en la actualidad el 54% de la población mundial vive en áreas urbanas y se considera que para el año 2050, se incrementará al 66% (Naciones Unidas, 2018)

Estudios demuestran que en América Latina y el Caribe, el 80% de la población habita en áreas urbanas, las cuales no cuentan con un servicio de transporte público eficiente (CEPAL, 2019), un claro ejemplo es Santiago de Chile, el 65% de los ciudadanos utiliza el transporte público para su movilidad.

En Venezuela existe una alta demanda de transporte público para cubrir las necesidades de movilidad de los ciudadanos ya que el 75%, utiliza este medio para transportarse, algo similar ocurre en Perú, ya que el 57% de las personas utiliza transporte público. (CEPAL, 2021)

En el Ecuador el 73% de la población utiliza el transporte público, seguido por Colombia con el 66.5%, quienes utilizan este tipo de transporte como su medio principal de transporte. De acuerdo a los datos señalados anteriormente, el transporte público es el más utilizado en los países de América Latina a pesar de que estos presentan varios inconvenientes tales como incumplimiento de horarios, el tiempo de espera en las paradas es alto, el recorrido es lento, no existe transporte en todas las zonas de las ciudades, ocasionando pérdida de tiempo para los ciudadanos en sus desplazamientos.

Razón por la cual se propone el uso de las TIC, para maximizar el servicio del transporte público ya que, con el uso de la tecnología se puede incrementar la eficiencia operativa, además de la calidad y seguridad del servicio. Al respecto Finquelevich, Karol y KIsilevsky (1996), afirman que las TIC juegan un rol muy importante en la gestión de transporte público, ya que intervienen eficientemente entre los vehículos y el centro de control de forma rápida y segura.

Tomando en cuenta que la movilidad urbana y la accesibilidad poblacional son temas de mucha importancia puesto que las personas se desplazan de un lugar a otro, mientras que la accesibilidad se refiere a que los ciudadanos buscan la facilidad para el acceso a un determinado lugar. Para Bouskela, et al (2016), los ciudadanos cada vez más sienten la necesidad de movilizarse, ya sea por motivos laborales, de estudios o de comercio, por lo que la accesibilidad a las zonas urbanas es cada vez más importante.

En muchos países del mundo se utilizan las Tecnológicas de la Información y comunicación (TIC), para descongestionar el tráfico, con la finalidad de que las personas puedan llegar a su lugar de destino sin contra tiempos. Por lo tanto el uso de las (TIC), no solo mejoran la movilidad urbana, sino también la accesibilidad poblacional. El objetivo de utilizar las tecnologías de la información y comunicación, TIC es disminuir el tráfico, conseguir carreteras más seguras, además de vigilar la velocidad de los vehículos, colocando semáforos de control de acceso o autovías.

En el Ecuador, la movilidad urbana en las principales ciudades es un grave problema, debido al incremento de la población lo cual ha generado problemas para el desplazamiento y el incremento de tiempo para trasladarse de un lugar a otro, ya que el tráfico vehículos es excesivo especialmente en horas pico. Por lo que se considera necesario el uso de la tecnología para que la movilidad urbana sea más eficiente, cómoda y segura para los ciudadanos, hasta sus lugares de destino.

2. ESTADO DE ARTE

El estudio sobre la eficiencia de la movilidad urbana del cantón La Troncal usando herramientas computacionales, pretende mejorar el servicio de transporte público mediante el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, para lo cual se analizará fuentes de varios autores con la finalidad de dar a conocer sus puntos de vista sobre la movilidad urbana, el control de tráfico centralizado, integración de rutas, manejo de semáforos, sistema de cámaras, congestión, flujos vehiculares y uso de tecnología comunicacional para análisis de tráfico vehicular de los diferentes tipos de transporte:

1. Movilidad urbana

La movilidad urbana es definida como el conjunto de desplazamientos de personas y bienes en distintos medios de transporte, de manera eficiente y segura (Avelar, 2014)

Es decir que la movilidad urbana, se refiere al movimiento de personas y bienes de manera eficiente y segura, lo cual significa que la movilidad urbana es un medio que debe garantizar la accesibilidad de los ciudadanos a determinados destinos. En este aspecto la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC), juegan un papel fundamental porque la tecnología permite que el transporte público pueda acudir al lugar donde se requiera de este servicio. De igual manera los semáforos están calculados en tiempo real para descongestionar una vía.

Todas estas ventajas hacen que la tecnología sea utilizada para brindar un mejor servicio de transporte público puesto que este se puede convertir en un medio de movilización eficiente, cómodo y seguro para que los usuarios se puedan movilizar a los distintos puntos de la ciudad para desarrollar sus actividades.

2. Control de tráfico centralizado

Las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, permiten el control de la administración del tráfico en tiempo real. Este control consiste en regular las rutas de las unidades de transporte desde una plataforma digital. El control de tráfico centralizado se encuentra previamente programado para cada itinerario, desde donde se puede detener, retroceder, controlar la velocidad y la distancia (Ochoa, 2015).

3. Integración de las rutas

La integración de rutas, consiste en crear matrices de distancias real por carrera, de esta manera se ahorra tiempo para llegar a un determinado lugar. Además mejora el tiempo de espera mejorando la calidad del servicio de transporte y logrando que el cliente se sienta satisfecho.

Entre las ventajas de la integración de rutas están:

- Se cumplen los horarios de llegada y salida del transporte
- Mejora la agilidad del servicio del transporte

En la integración de rutas es fundamental contar con información sobre el tráfico en tiempo real, esto proporciona información sobre los atascos, las obras, los accidentes, las carreteras cortadas. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta con la finalidad de evitar puntos de bloqueo para estimar el tiempo de llegada (PTV Group, 2019)

4. Manejo de semáforos

Desde el centro de gestión de tráfico, el operador puede gestionar la movilidad de vehículos públicos y privados por medio de la regulación de semáforos en tiempo real, con la finalidad de adecuarlos a las condiciones del tráfico, modificando las fases, ciclos semaforicos y la sincronización entre los cruces.

Los detectores, generalmente se encuentran instalados en puntos clave de distintas calles, ya que estos pueden medir la intensidad de la circulación del número de vehículos que pasan sobre el detector (PMUS, 2020)

5. Sistema de cámaras

Las grandes ciudades cuentan con cámaras integradas ubicadas en lugares estratégicos que recolectan información a través de cámaras, estas toman fotografías y videos de los vehículos que transitan, con estos datos se puede planificar el tránsito y dirigirse por otras rutas o avenidas.

6. Congestión y flujos vehiculares

La congestión y flujos de vehículos se relacionan directamente con el inicio de actividades escolares y laborales, que se dan alrededor de las 7 – 9 de la mañana y desde las (4 – 7 de la tarde).

7. Uso de tecnología comunicacional para análisis de tráfico vehicular de los diferentes tipos de transporte

En la actualidad en las ciudades digitales la tecnología comunicacional, ofrece una serie de ventajas en las redes de transporte vehicular de diferentes tipos de transporte. Debido al crecimiento demográfico el transporte se ha vuelto cada vez en un problema para que las personas se puedan trasladar de un lugar a otro. Al respecto Zárte et al., (2018) señalan que en la actualidad la distancia separa los lugares donde se realizan las actividades económicas y sociales. Todo esto requiere que las personas necesiten más tiempo para desplazarse especialmente en las horas pico. Por lo que se requiere del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación para mejorar la movilidad de los diferentes tipos de transporte.

A continuación, se describe el estado de arte del estudio sobre eficiencia de la movilidad urbana del cantón La Troncal usando herramientas computacionales. En el estudio se utilizó fuentes de artículos científicos y publicaciones de revistas referentes al tema de estudio

Osorio Arjona, Joaquin: García Palomares, Juan Carlos (2018), realizaron un estudio sobre nuevas fuentes y retos para el estudio de la movilidad urbana. El estudio resalta que en el siglo XXI, la movilidad urbana es uno de los retos más grandes que se enfrentan las grandes ciudades. En este sentido las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), permiten viajes mucho más eficientes, ya que mejoran la capacidad del sistema de transporte haciendo que un semáforo calcule el tiempo real para descongestionar una vía. Por lo anotado se puede señalar que las TIC, son una excelente herramienta para ofrecer a los ciudadanos eficiencia de la movilidad.

Mafla Iván, Beltrán Daniel, Mora Edwin (2021), realiza un estudio sobre análisis de la movilidad urbana en la ciudad de Tulcán – Ecuador. El estudio resalta que una movilidad urbana eficiente hace que la ciudad sea mucho más competitiva. Sin embargo para lograrlo se requiere que el sistema de transporte cuente con ciertas normativas para que sea accesible, seguro y suficiente para sus habitantes. Además señala que en esta ciudad los ciudadanos para su movilidad utilizan en primer lugar el transporte público, seguido de taxis y transporte privado, para trasladarse a sus diferentes actividades.

Estefanía Paredes, Aránzazu Berbey – Álvarez (2018), realizan un estudio sobre la situación actual del sistema de transporte en la ciudad de Quito, Ecuador: una propuesta de mejora. El estudio da a conocer la difícil situación de movilidad que existe en la capital de los ecuatorianos, especialmente en horas pico (7 - 9 de la mañana), (4 – 7 de la tarde). Estos autores proponen la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para mejorar la movilidad urbana.

3. METODOLOGÍA

Para el estudio sobre la eficiencia de la movilidad urbana del cantón La Troncal usando herramientas computacionales se usó el tipo cuantitativo, en el cual se empleó métodos como la observación, la crítica y el análisis e interpretación de información, para el uso principal del método de revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias, puesto que se buscará información de varias fuentes como artículos de revistas indexadas debidamente autorizadas y otros documentos. Autores como Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que la investigación bibliográfica se caracteriza por la utilización de datos secundarios, como fuente de información, cuya finalidad es encontrar solución a los problemas planteados por medio de un análisis de doble vía, en la que relacionando a datos que ya existen y que provienen de distintas fuentes.

Seguido con el descriptivo, ya que permitirá describir de manera detallada el estudio. Al respecto Guevara, Verdesoto, y Castro (2020), la investigación descriptiva permite describir con claridad cada uno de los componentes de la realidad y explicar de forma clara, cuáles son las relaciones causales que permiten acercarse a un problema específico e intentar determinar cuáles son las causas que lo originan. Tal es el caso del estudio sobre la eficiencia de la movilidad urbana del cantón La Troncal usando herramientas

computacionales, para lo cual se describirá el grave problema de movilidad que existe en el cantón.

Por otro lado, se utilizó la investigación de campo para indagar, implementar y comprobar métodos usados que permitan reforzar los resultados y conclusiones. Finalmente, se usó el diseño aplicado debido a que, una vez realizados continuamente los procesos mencionados anteriormente, se evaluó un prototipo que demostró los resultados finales.

4. RESULTADOS

Aplicando la metodología descrita se exploró los diferentes barrios del cantón donde se consideró a 6 de ellos, debido a que son densamente poblados y sus carreteras no son asfaltadas, por eso se realiza el análisis de rutas donde se obtuvo la cantidad de nodos, los tiempos, las distancias y las rutas representativas de cada barrio, cuyos resultados se visualizan a continuación.

Red del cantón La Troncal con sus 6 barrios más importantes, siendo el barrio Santa Rosa el amarillo, 2 de Octubre el rosado, 15 Hectarias verde, Roberto Isaias rojo, Abdala Bucaram naranja y Martha de Roldos turquesa (Ver figura 1).



Figura 1: Red del cantón La Troncal con sus 6 barrios

Fuente: El Autor

Por otro lado, se extrajo 3 subredes que representan a cada uno de los barrios tales como: Santa Rosa, 2 de Octubre (Ver figura 2), 15 Hectarias, Roberto Isaias (Ver figura 3), Abdala Bucaram y Martha de Roldos (Ver figura 4).

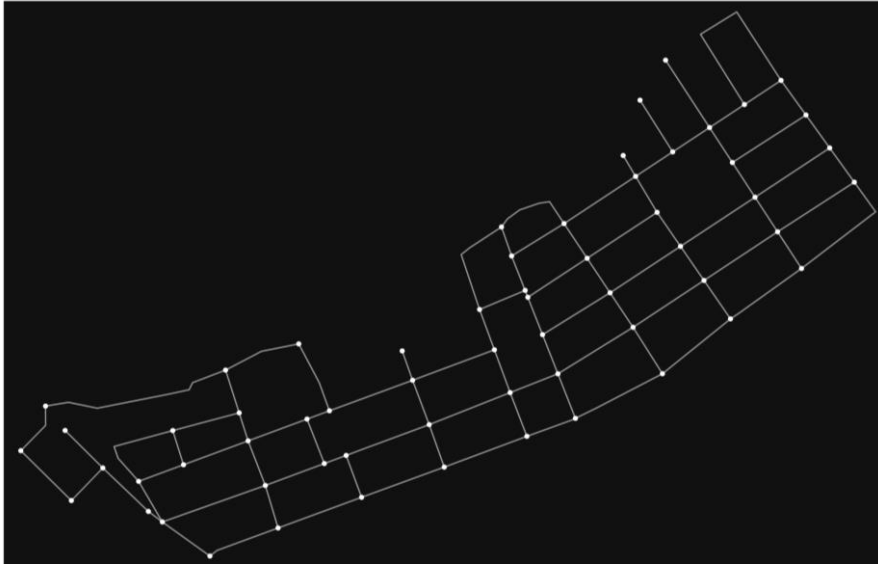


Figura 2: Subred de Santa Rosa y 2 de Octubre

Fuente: El Autor

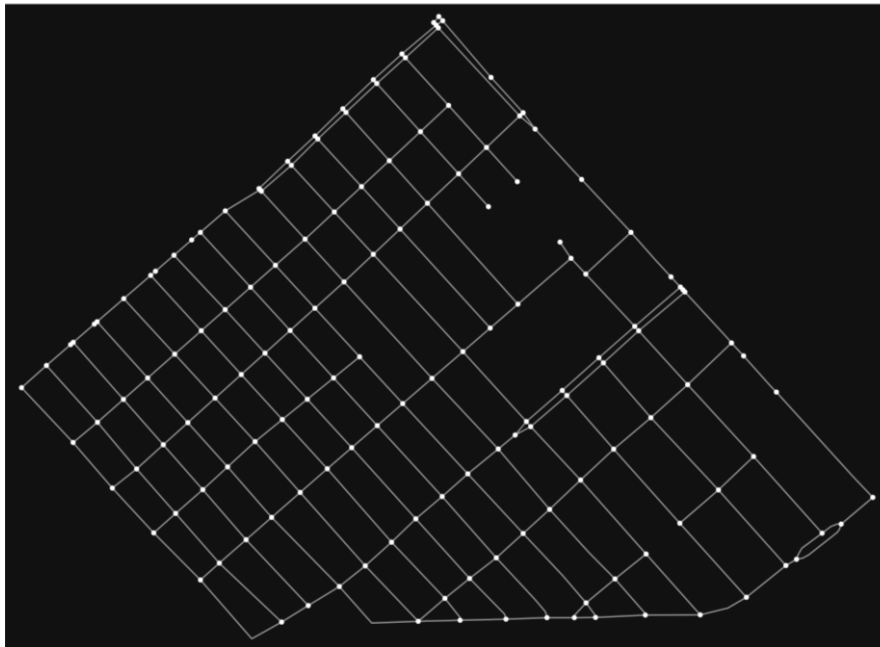


Figura 3: Subred de 15 Hectarias y Roberto Isaias

Fuente: El Autor

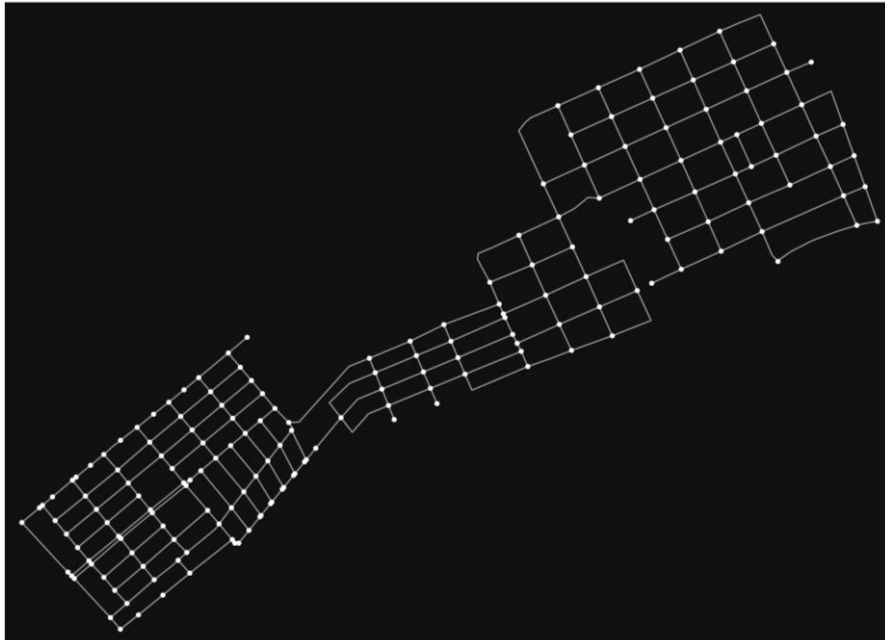


Figura 4: Subred de Abdala Bucaram y Martha de Roldos

Fuente: El Autor

Con la extracción de subredes se determino la cantidad de nodos que tiene cada barrio que permite calcular el tiempo y distancia que existe desde el centro del cantón hacia cada uno de los diferentes nodos.

En el barrio Santa Rosa y 2 de Octubre se obtuvieron 61 nodos, el tiempo mínimo fue de 1.683 minutos y el máximo 3.983 minutos, mientras que su distancia mas corta es de 1.106 km y la más larga 2.389 km. También se obtuvo los promedios de tiempo que fue de 3.157 minutos y la distancia de 1.902 km versus la realidad, que fue de 3.536 minutos, este gran margen de error se da, debido a que esta herramienta tiene un desfase de 0.43; ya que considera que las calles se encuentran en buen estado, sin embargo, la realidad es otra, puesto que las calles no están asfaltadas es por eso que toma más tiempo y la distancia es más larga para llegar a cada lugar. Además, el costo promedio por cada flete es de \$2,72 centavos (Ver Tabla 1).

Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA
1	3.383	2.056	31	2.916	1.813
2	3.983	2.389	32	2.416	1.624
3	3.683	2.233	33	2.983	1.885
4	3.900	2.342	34	2.016	1.348
5	3.983	2.389	35	2.916	1.817
6	3.783	2.288	36	2.700	1.706
7	3.516	2.292	37	2.800	1.755
8	3.666	2.231	38	1.683	1.106
9	3.566	2.175	39	2.350	1.551
10	3.783	2.288	40	2.083	1.395
11	3.550	2.174	41	2.783	1.761
12	3.500	2.274	42	2.366	1.578
13	3.550	2.199	43	2.650	1.646
14	3.050	1.999	44	2.250	1.361
15	3.350	2.063	45	2.183	1.483
16	3.200	2.015	46	2.683	1.695
17	3.516	2.177	47	2.116	1.432
18	3.350	2.083	48	2.133	1.152
19	3.233	2.054	49	2.366	1.492
20	2.933	1.891	50	2.316	1.526
21	3.316	2.112	51	2.433	1.576
22	3.316	2.063	52	2.200	1.302
23	3.066	1.938	53	2.450	1.586
24	3.150	1.975	54	2.300	1.448
25	3.050	1.928	55	2.266	1.473
26	2.650	1.736	56	2.066	1.177
27	3.150	1.998	57	2.033	1.217
28	3.300	1.931	58	2.066	1.245
29	2.966	1.877	59	1.916	1.251
30	2.166	1.447	60	2.400	1.531

Tabla 1: Tiempos y distancias desde el centro del cantón hacia cada uno de los nodos de los barrios Santa Rosa y 2 de Octubre

En el barrio 15 Hectarias y Roberto Isaias se obtuvieron 148 nodos, el tiempo mínimo fue de 2.466 minutos y el máximo 5 minutos, mientras que su distancia más corta es de 1.056 km y la más larga 2.349 km. También se obtuvo los promedios de tiempo que fue de 3.422 minutos y la distancia de 1.741 km versus la realidad, que fue de 4,122 minutos. Además, el costo promedio por cada flete es de \$1,52 centavos (Ver Tabla 2).

Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA
1	2.75	1.061	38	2.65	1.627	75	3.016	1.887	112	4.15	2.262
2	2.783	1.074	39	3.4	1.562	76	3.2	1.902	113	3.933	2.222
3	2.683	1.126	40	2.7	1.631	77	3.116	1.914	114	3.966	2.222
4	3.016	1.261	41	3.6	1.671	78	3.2	1.926	115	3.616	1.65
5	2.9	1.179	42	2.883	1.753	79	3.083	1.935	116	3.716	1.72
6	2.966	1.219	43	2.766	1.643	80	3.966	1.899	117	3.783	1.779
7	3.0	1.237	44	2.766	1.681	81	5.0	2.174	118	3.883	1.851
8	3.116	1.272	45	2.783	1.686	82	3.416	1.951	119	2.933	1.167
9	3.083	1.292	46	3.666	1.639	83	3.2	1.964	120	3.0	1.233
10	3.116	1.296	47	3.65	1.722	84	3.4	1.943	121	3.016	1.241
11	3.2	1.33	48	2.766	1.708	85	4.083	1.954	122	3.8	1.82
12	3.166	1.344	49	2.85	1.687	86	3.366	1.997	123	3.883	1.887
13	3.283	1.358	50	3.516	1.661	87	3.683	2.174	124	3.6	1.994
14	3.066	1.355	51	2.833	1.724	88	3.25	2.007	125	3.45	2.045
15	3.05	1.305	52	2.85	1.729	89	3.45	2.107	126	3.466	2.082
16	3.216	1.386	53	3.733	1.772	90	3.566	2.086	127	3.6	2.129
17	3.4	1.637	54	2.95	1.724	91	3.8	2.301	128	3.583	2.139
18	3.333	1.417	55	2.916	1.734	92	3.75	2.257	129	2.8	1.065
19	3.416	1.47	56	3.583	1.686	93	3.65	2.206	130	2.883	1.128
20	2.55	1.568	57	3.916	1.969	94	3.566	2.159	131	2.95	1.18
21	3.3	1.435	58	3.6	1.711	95	3.516	2.11	132	3.033	1.24
22	3.416	1.47	59	2.983	1.773	96	3.45	2.063	133	3.116	1.295
23	3.2	1.457	60	2.916	1.768	97	3.883	1.847	134	3.2	1.346
24	2.483	1.522	61	2.916	1.797	98	4.1	2.016	135	3.383	1.637
25	3.35	1.49	62	2.933	1.786	99	3.566	2.177	136	3.383	1.637
26	2.466	1.507	63	3.85	1.829	100	3.766	2.266	137	3.916	1.869
27	3.433	1.571	64	3.65	1.752	101	3.866	2.185	138	4.733	2.088
28	3.45	1.514	65	3.15	1.823	102	4.083	2.234	139	4.483	2.009
29	2.516	1.54	66	3.7	1.779	103	4.55	2.222	140	4.183	2.279
30	3.433	1.574	67	3.8	1.753	104	3.966	1.951	141	4.1	2.307
31	2.75	1.672	68	2.983	1.817	105	4.666	2.213	142	4.6	2.139
32	2.6	1.573	69	2.983	1.843	106	2.766	1.056	143	4.45	2.089
33	3.333	1.54	70	3.416	1.831	107	2.833	1.084	144	4.133	2.027
34	2.616	1.582	71	4.033	2.056	108	4.316	1.952	145	4.216	1.959
35	3.316	1.537	72	3.05	1.853	109	4.65	2.029	146	4.183	1.887
36	3.566	1.577	73	3.15	1.874	110	4.783	2.104	147	3.466	1.566
37	3.4	1.562	74	3.05	1.868	111	4.283	2.349			

Tabla 2: Tiempos y distancias desde el centro del cantón hacia cada uno de los nodos de los barrios 15 Hectarias y Roberto Isaias

En el barrio Abdala Bucaram y Martha de Roldos se obtuvieron 177 nodos, el tiempo mínimo fue de 1.011 minutos y el máximo 9.95 minutos, mientras que su distancia más corta es de 1.753 km y la más larga 5.211 km. También se obtuvo los promedios de tiempo que fue de 6.124 minutos y la distancia de 3.166 km versus la realidad, que fue de 7,139 minutos. Además, el costo promedio por cada flete es de \$2,32 centavos (Ver Tabla 3).

Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA	Nº	TIEMPO	DISTANCIA
1	7.0	3.552	43	5.4	2.914	85	4.333	2.296	127	9.6	4.917
2	6.55	3.335	44	4.583	2.449	86	4.066	2.133	128	9.583	4.911
3	7.066	3.607	45	4.25	2.119	87	4.166	2.191	129	7.4	3.877
4	5.016	2.603	46	4.616	2.451	88	4.333	2.144	130	8.416	4.323
5	6.55	3.337	47	5.283	2.863	89	4.1	2.094	131	8.683	4.453
6	7.133	3.662	48	5.3	2.87	90	4.0	2.041	132	9.766	5.008
7	4.933	2.532	49	5.083	2.681	91	4.15	2.153	133	8.95	4.584
8	6.3	3.227	50	3.966	1.958	92	4.283	2.265	134	8.95	4.583
9	6.55	3.337	51	3.933	1.944	93	4.516	2.397	135	8.95	4.583
10	5.983	3.095	52	4.333	2.168	94	3.866	1.966	136	1.013	5.211
11	4.983	2.579	53	5.283	2.821	95	4.516	2.395	137	1.011	5.202
12	5.95	3.079	54	5.283	2.816	96	4.533	2.409	138	8.683	4.454
13	6.55	3.338	55	4.866	2.632	97	4.116	2.177	139	8.683	4.452
14	5.05	2.63	56	4.4	2.216	98	4.65	2.44	140	8.683	4.455
15	6.3	3.229	57	4.033	2.004	99	4.166	2.195	141	8.416	4.322
16	5.8	3.15	58	3.783	1.869	100	4.316	2.287	142	8.433	4.325
17	4.95	2.47	59	5.05	2.769	101	8.783	4.505	143	8.433	4.325
18	5.116	2.68	60	5.033	2.764	102	9.366	4.789	144	7.083	3.636
19	4.65	2.307	61	3.733	1.83	103	7.4	3.877	145	7.4	3.877
20	6.3	3.23	62	4.883	2.587	104	9.95	5.108	146	8.166	4.193
21	5.033	2.522	63	3.716	1.819	105	9.933	5.104	147	6.95	3.509
22	5.8	3.15	64	4.116	2.054	106	7.2	3.693	148	7.35	3.707
23	5.166	2.735	65	4.683	2.493	107	8.166	4.193	149	7.6	3.835
24	4.55	2.25	66	4.283	2.264	108	8.433	4.325	150	6.983	3.541
25	4.666	2.358	67	4.983	2.719	109	8.683	4.455	151	7.4	3.877
26	5.683	3.081	68	4.983	2.721	110	8.95	4.583	152	8.0	4.184
27	4.9	2.679	69	3.85	1.883	111	9.2	4.711	153	7.35	3.773
28	5.8	3.15	70	3.6	1.753	112	9.2	4.713	154	7.1	3.635
29	4.983	2.678	71	4.283	2.201	113	8.95	4.583	155	7.083	3.575
30	4.45	2.189	72	4.766	2.544	114	8.683	4.453	156	7.2	3.706
31	5.35	2.823	73	4.416	2.315	115	8.433	4.324	157	8.1	4.271
32	4.9	2.622	74	5.066	2.671	116	8.166	4.194	158	7.883	4.088
33	4.466	2.239	75	3.933	1.934	117	7.4	3.789	159	7.6	3.896
34	4.783	2.566	76	4.15	2.15	118	7.9	4.063	160	7.5	3.852
35	5.233	2.779	77	4.5	2.365	119	7.083	3.636	161	7.466	3.816
36	4.8	2.564	78	4.9	2.616	120	9.2	4.713	162	4.3	2.127
37	5.483	2.966	79	4.1	2.084	121	9.783	5.015	163	4.083	2.013
38	4.166	2.063	80	4.55	2.42	122	8.016	4.118	164	4.916	2.633
39	4.633	2.497	81	4.283	2.205	123	8.166	4.194	165	4.5	2.389
40	4.716	2.507	82	4.0	2.034	124	8.433	4.324	166	4.866	2.604
41	5.566	2.912	83	4.383	2.256	125	8.683	4.453	167	5.3	2.791
42	5.1	2.721	84	3.883	1.977	126	8.95	4.584			

Tabla 3: Tiempos y distancias desde el centro del cantón hacia cada uno de los nodos de los barrios Abdala Bucaram y Martha de Roldos

Además, se consideró 4 lugares representativos de cada barrio para calcular la ruta más corta desde el centro del cantón a cada uno de estos lugares con sus respectivas distancias. En el barrio Santa Rosa se consideró la cancha con su ruta roja y distancia de 1.71 km, el parque con ruta verde y distancia de 1.44 km, Creaciones y reparaciones Manolo - Tienda de Muebles con ruta morado y distancia de 1.6 km y la Cancha de voli con ruta azul y distancia de 1.55 km (Ver figura 5).



Figura 5: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio Santa Rosa

Fuente: El Autor

En el barrio 2 de Octubre se consideró el parque con su ruta roja y distancia de 2.04 km, la Iglesia Pentecostal Unida Internacional del Ecuador con ruta verde y distancia de 2.19 km, la guardería con ruta morado y distancia de 2.21 km y el Campamento Municipal de Maquinaria con ruta azul y distancia de 1.68 km (Ver figura 6).



Figura 6: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio 2 de Octubre

Fuente: El Autor

En el barrio 15 Hectarias se consideró la Ferretería Quinteros "FERREQUINTE S.A" con su ruta roja y distancia de 1.35 km, la Universidad Católica de Cuenca Sede San Pablo de la Troncal con ruta verde y distancia de 1.59 km, el Siver Compu Sistem con ruta morado y distancia de 1.51 km y el Distrito de la Policía Nacional "LA TRONCAL" con ruta azul y distancia de 1.45 km (Ver figura 7).



Figura 7: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio 15 Hectarias

Fuente: El Autor

En el barrio Roberto Isaias se consideró la Iglesia de la Mercedes con su ruta roja y distancia de 1.87 km, la cancha de futbol Km. 72 con ruta verde y distancia de 2.02 km, la cancha de voli “El Panita” con ruta morado y distancia de 1.61 km y la Unidad Educativa Del Milenio “Nela Martinez Espinosa” con ruta azul y distancia de 2.07 km (Ver figura 8).

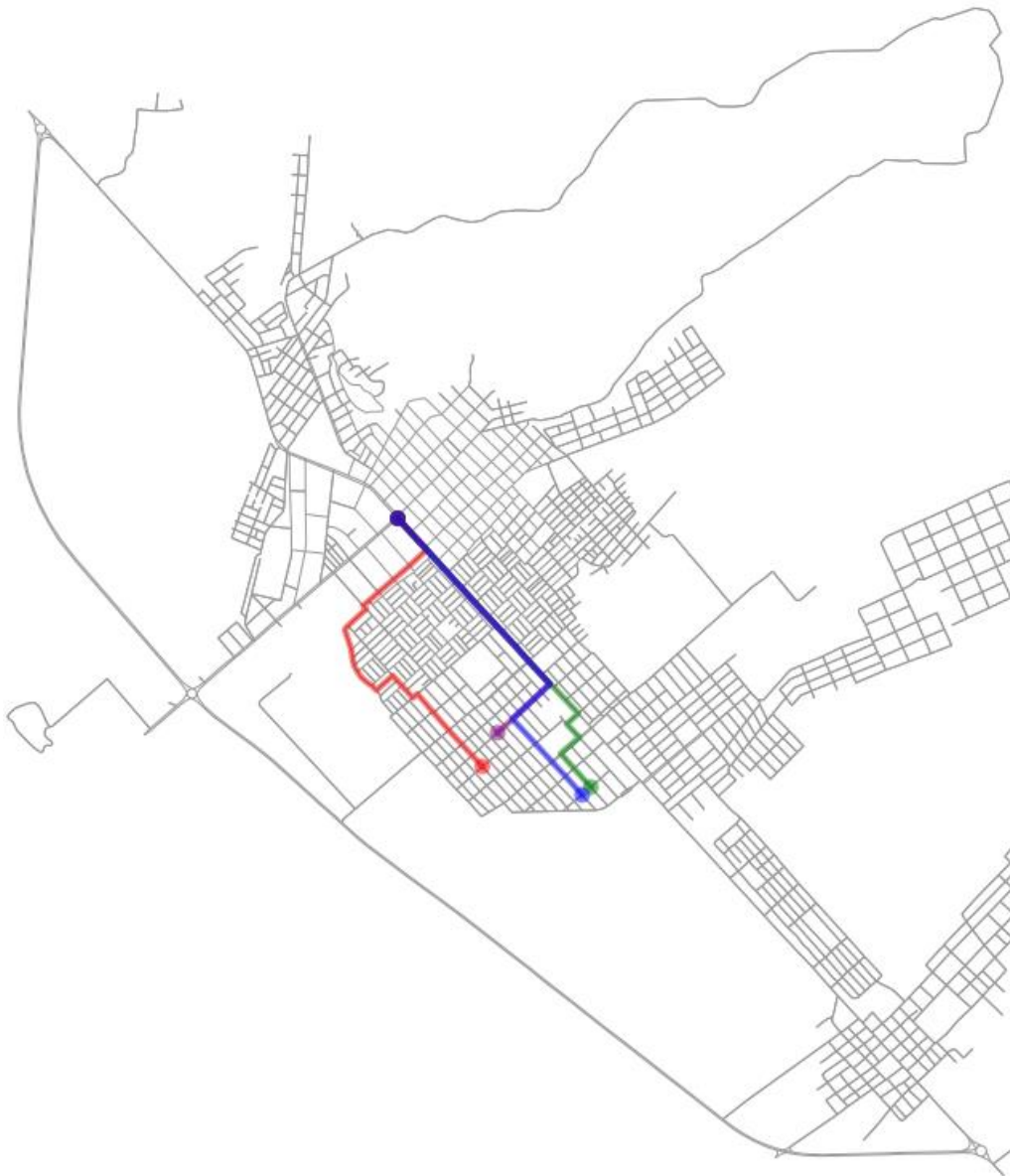


Figura 8: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio Roberto Isaias

Fuente: El Autor

En el barrio Abdala Bucaram se consideró la Escuela de Educación Básica “Froilan Octavio Navas Calle” con su ruta roja y distancia de 1.78 km, el Coliseo La Troncal con ruta verde y distancia de 2.5 km, el Laboratorio Clínico "Los Olivos"-Sucursal con ruta morado y distancia de 1.94 km y la Iglesia de Cristo con ruta azul y distancia de 2.6 km (Ver figura 9).



Figura 9: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio Abdala Bucaram

Fuente: El Autor

En el barrio Martha de Roldos se consideró la Pista de Motocross con su ruta roja y distancia de 2.83 km, el parque con ruta verde y distancia de 2.73 km, la cancha de futbol con ruta morado y distancia de 3.57 km y la Casa Comunal con ruta azul y distancia de 3.08 km (Ver figura 10).



Figura 10: Rutas de los 4 lugares representativos del barrio Martha de Roldos

Fuente: El Autor

5. CONCLUSIÓN

A lo largo del estudio sobre la eficiencia de la movilidad urbana para mejorar la accesibilidad poblacional, se ha dado a conocer la importancia de la implementación de las TIC, para mejorar la movilidad urbana y la accesibilidad poblacional. Se presentó un estado de arte donde se expuso la opinión de varios autores que dieron a conocer el problema que representa la movilidad urbana.

Por todas estas razones se concluye que la implementación de las TIC, para mejorar la eficiencia de la movilidad urbana es una excelente opción porque estas herramientas permiten controlar el tráfico centralizado, integrar las rutas, manejar los semáforos, contar con un sistema de cámaras con la finalidad de vigilar la congestión y flujos vehiculares.

En el estudio se utilizó el tipo cuantitativo, en el cual se empleó varios métodos principalmente la metodología bibliográfica, con la finalidad de recabar información importante para dar solución al problema de estudio.

Lo más destacado en este estudio es lograr la eficiencia del uso de las redes urbanas existentes para que mejoren la movilidad urbana es de interés para las grandes ciudades y una alerta para las pequeñas urbes. La falta de un plan de mantenimiento de las vías de acceso a los sectores más alejados de la urbe complica más el transporte motorizado. En consecuencia, en este trabajo identificamos las rutas de menor costo de tiempo y distancia de la red urbana para movilizar a los viajeros.

Estas rutas óptimas trazamos en los mapas georreferenciados de la red urbana con la intención de motivar a pensar en nuevas políticas públicas de planificación y mantenimiento. Se determinó que los tiempos de viaje calculados por los algoritmos computacionales difieren de los levantados en las encuestas directas a los conductores. Estas diferencias quedan en discusión si se debe al mal estado de las vías y condiciones de los medios de transporte frente a los criterios y parámetros con que evaluamos en los algoritmos.

Por lo que se recomienda realizar trabajos a futuro, que apliquen las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), con la finalidad de mejorar la movilidad urbana y por ende la accesibilidad poblacional.

RECONOCIMIENTO (ACKNOWLEDGMENT)

Los autores declaran que los resultados de este artículo son parte del proyecto de investigación en ejecución intitulado “Ciudades Resilientes y Sostenibles en el Ecuador” aprobado en la VII convocatoria institucional de proyectos de investigación científica 2020 de la Universidad Católica de Cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avelar, M. (2014). *Sistema de Transporte de Tijuana: Análisis de su Proceso de Modernización e Implicaciones en la Movilidad Urbana. Un Acercamiento Desde la Sustentabilidad. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colegio de la Frontera del Norte*. Tijuana.

Bouskela, et al. (2016). *La ruta hacia las smart cities. Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Washington D.C.: BID.

CEPAL. (2019). *La urbanización presenta oportunidades y desafíos para avanzar hacia el desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.cepal.org/notas/73/Titulares2>

CEPAL. (2021). *Tecnologías Digitales para un nuevo futuro*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46816/1/S2000961_es.pdf

FINQUELIEVICH, S., Karol, J. L., & Kisilevsky, G. (1996). *¿Ciberciudades? informática y gestión local*. Obtenido de https://www.academia.edu/887875/_Ciberciudades_Inform%C3%A1tica_y_gesti%C3%B3n_local

Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F: Mc Graw Hill.

Mafla, I., Beltrán, D., & Mora, E. (2021). Análisis de la movilidad urbana en la ciudad de Tulcán, Ecuador. *Revista Espacios*. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a21v42n08/21420804.html>

- Naciones Unidas. (2018). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- Ochoa, C. (2015). *Implementación de las tecnologías de la información y la comunicación TIC para la mejora de la gestión contable y financiera en la Empresa Fundimetales*. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1551/1/TGT-287.pdf>
- Osorio, J., & García, J. C. (2018). *Nuevas fuentes y retos para el estudio de la movilidad urbana*. Obtenido de <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5352>
- Paredes, E., & Berbey, A. (2018). *Situación actual del Sistema de transporte en la ciudad de Quito, Ecuador: una propuesta de mejora*. Obtenido de <https://revistas.uva.es/index.php/trim/article/view/3614>
- PMUS. (2020). *Revisión del Plan de Movilidad Urbana Sostenible del Municipio de Zaragoza*. Obtenido de <https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/PMUS-tics.pdf>
- PTV Group. (2019). *Libro Blanco. ¿Qué es la Optimización de rutas?* Obtenido de https://company.ptvgroup.com/fileadmin/Resources/Resources-Library/ES/White-Papers/ptv_libro_blanco_que_es_la_optimizacion_de_rutas.pdf
- Zárate, R., Chacón, D. F., & Ortega, C. (2018). *Uso de tecnologías de información y comunicación en la movilidad urbana*. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n28/a18v39n28p28.pdf>