

## EL TRASLADO DE PASAJEROS EN TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CUERNAVACA MORELOS

S. E. León Sosa<sup>1</sup>  
I. Y. Hernández Báez.<sup>2</sup>  
C. Morales. Morales<sup>3</sup>  
H. J. Maldonado Martínez<sup>4</sup>

### RESUMEN

Actualmente, el transporte público en la ciudad de Cuernavaca Morelos es utilizado como un medio de transporte, que los ciudadanos utilizan en la vida cotidiana. En Google Maps, el icono de transporte público no se encuentra habilitado, su funcionamiento está disponible solo en algunas regiones como es la Ciudad de México, el objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema que integre las APIs de geolocalización de Google Maps, para mostrar los mapas e indicar las rutas de transporte público del área Metropolitana de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos. El sistema permite seleccionar dos puntos A y B, mostrando la trayectoria que recorre la ruta de transporte público, ofreciendo al pasajero desplazarse del origen al destino, existe un margen de error de 300 metros al seleccionar un punto dentro del mapa En caso contrario, cuando se necesite tomar dos rutas de transporte, se le indica al pasajero el número de la ruta de transporte. Existe la funcionalidad de elegir la ruta de transporte público que se encuentra registrada, además servicios como bancos, centros comerciales, hospitales o cines. Es por esto que se busca con el sistema brindar al pasajero una herramienta que permita trasladarse de un origen a un destino en el transporte público.

### ANTECEDENTES

La movilidad urbana es un tema que cada vez sugiere poner mayor énfasis en los distintos niveles de gobierno (federal, estatal, municipal), las ciudades requieren medios de transporte que satisfagan las necesidades de su población residente, mejore su calidad de vida y reduzcan los problemas suscitados; en este caso, el transporte público. Este es utilizado para desplazamiento de la población, donde presenta un bajo grado de control, planificación y gestión que deriva en diversos problemas de movilidad urbana (Orán-Roque, Calderón-Maya y Campos-Alanís, 2017).

El transporte constituye un elemento esencial en la vida de las personas, se encuentra presente como una necesidad básica para su movilización en la vida cotidiana de la sociedad (Urbano, Ruíz y Sánchez, 2012). El objetivo principal del sistema se enfoca en seleccionar dos puntos A y B, siendo el origen - destino, al colocar los puntos seleccionados se visualiza la trayectoria que debe de recorrer y el número de la ruta de transporte público para abordar y ser trasladado a su destino.

Existen aplicaciones como Google Mapas que permiten establecer el origen y destino para indicar la ruta de transporte público que debe seleccionar, pero no en todos los Estados está habilitado la opción, en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos no se encuentra activado, es por lo que, surge el desarrollo del sistema para el apoyo de los pasajeros, enfocándose a las Rutas de transporte que cada día aumenta el crecimiento, además se tiene un margen menor o igual

<sup>1</sup> Profesora Investigadora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. lsandra@upemor.edu.mx

<sup>2</sup> Profesora Investigadora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. ihernandez@upemor.edu.mx

<sup>3</sup> Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. comorales@upemor.edu.mx

<sup>4</sup> Ingeniero en Informática. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. mmho131331@upemor.edu.mx

a 300 metros en caso de no pasar la ruta por el punto seleccionado o en su defecto no realice el recorrido establecido.

Siendo el transporte un elemento que comparten casi todos los habitantes de una ciudad y afecta directamente a su bienestar social, haciendo de su eficacia algo esencial para la vida de toda la región. Según datos del Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable para la Zona Metropolitana de Cuernavaca (PIMUS), el transporte público de la Zona Metropolitana alberga diariamente más de 300 mil viajes dentro de sus 36 rutas y 2,492 unidades registradas (Decreto N° 992, 2016), de los cuales el sistema se enfoca en las trayectorias de 11 rutas, las cuales son: 1,4, 7, 9, 13, 15, 17,19, 20 y CTM. Teniendo como objetivo desarrollar un sistema web que permita seleccionar dos puntos: origen y destino para visualizar el itinerario que recorre la ruta de transporte público.

El medio de traslado que utiliza la población para llegar a las escuelas emplea más de una forma como: vehículos públicos como rutas, taxis, combis, representando el segundo medio de transporte más utilizado. Aproximadamente, 36 de cada 100 personas hacen uso de ellos, mientras, el 14.4 se desplaza en vehículo particular. Así mismo, para llegar a su centro de trabajo es un poco más de dos quintas partes, 42.4% en transporte público, y el 423.1% en servicio particular (INEGI, 2015). En este Contexto el sistema permite visualizar la trayectoria de las rutas de transporte público de ida y vuelta el recorrido que realizan.

El problema del transporte público en una ciudad se encuentra ligado a diferentes factores como son: el tránsito y el parque vehicular, el crecimiento de la ciudad, el número de habitantes, la orografía y ubicación territorial y, además, el tipo de comercio o economía que se desarrolla en el municipio y adaptarse a la movilidad y a las necesidades de los usuarios (Hernández, Mercado, León y Román, 2007). El transporte es un sistema organizacional y tecnológico que apunta a trasladar personas y mercancías de un lugar a otro, para balancear el desfase espacial y temporal entre los centros de oferta y demanda. Lo anterior, plantea el problema de realizar este traslado en forma eficiente y sustentable.

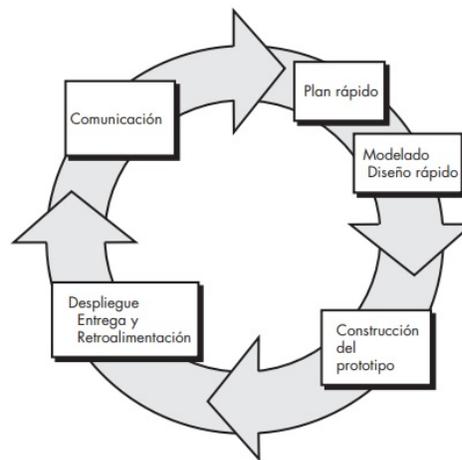
La movilidad es un reto mundial, por lo tanto, los derechos de los habitantes en las ciudades; los tiempos invertidos en los traslados, el costo económico y el impacto en el presupuesto familiar, así como la inseguridad que se vive en los trayectos ha deteriorado las condiciones de vida de la población. Al respecto, el estudio *Tomtom Traffic Index* señaló que, en 2016, las ciudades del mundo con mayor tráfico son: Ciudad de México (59% de tiempo extra en cada viaje); Bangkok, Tailandia (57%); Estambul, Turquía (50%); Río de Janeiro, Brasil (47%), y Moscú, Rusia (44%) como las más saturadas (Aguirre, 2017). Es importante recalcar que, en 2017, el 72.2% de la población de seis años o más utiliza el teléfono celular, 8 de cada 10, disponen de celular inteligente, con lo cual tienen la posibilidad de conectarse a Internet (IFT, 2018).

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema, se utiliza el modelo proceso evolutivo, se caracteriza por la manera en la que permiten desarrollar versiones cada vez más completas del software. Es ideal que el prototipo sirva como mecanismo para identificar los requerimientos del sistema (Pressman, 2010). Un prototipo es, entonces, una aplicación ya desarrollada que funciona y que sirve para probar ideas y suposiciones relacionada con el sistema que se desea implantar

(Cotos y Taboada, 2005). La información recopilada en la fase de elaboración de prototipos permite al analista establecer prioridades y cambiar el rumbo de los planes a bajo costo, con un mínimo de molestias (Kendall, K. y Kendall, J., 2005). Se optó por este modelo para construir por partes el sistema que se pueda usar y probar, adaptando a los cambios requeridos de prototipos funcionales para poder convertirlos en el sistema final.

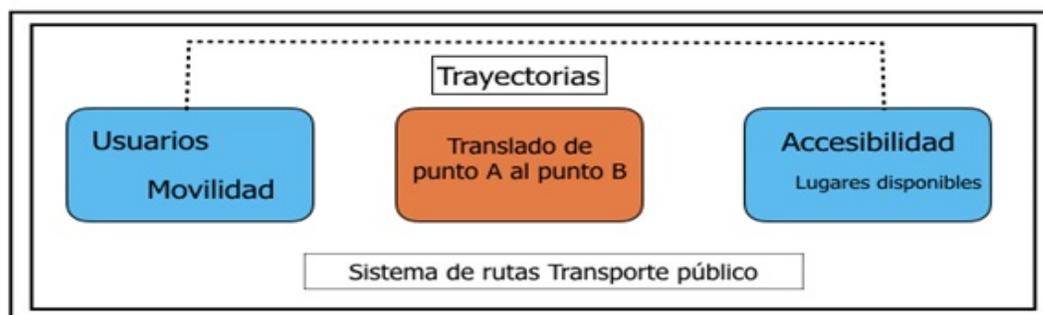
Se visualizan las etapas del sistema, Figura 1, la fase de comunicación es importante, se definen los requerimientos y los objetivos. La fase del plan rápido se realizaron los bocetos para realizar las funcionalidades, la fase de modelado diseño rápido detallar las funcionalidades, la fase de construcción del prototipo se buscaron prototipos funcionales con la finalidad de retroalimentar y refinar, la fase desarrollo entrega y retroalimentación, esta última etapa realiza modificaciones de los requisitos, al ser un ciclo permite realizar iteraciones.



*Figura 1.* Modelo de proceso evolutivo. Proceso prototipo.  
Recuperado de: <http://cotana.informatica.edu.bo/downloads/Id-Ingenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF>

### Traslado de los pasajeros

La conectividad para el traslado del pasajero con el transporte público es la movilidad, permitiendo realizar sus actividades de la vida cotidiana, por consiguiente, debe conocer las opciones de las rutas de transporte público, Figura 2.



*Figura 2.* Movilidad del pasajero. Elaboración propia

Innovar y realizar cambios con respecto a la movilidad del pasajero son parte importante en su vida cotidiana, es por lo que, la tecnología juega un papel importante integrando la información de las rutas de transporte público, adaptar herramientas tecnológicas que ofrezcan sistemas integrales al utilizar dispositivos electrónicos como: tabletas, computadoras o en su defecto el teléfono móvil. Las coordenadas se obtendrán mediante la API de Google Maps, permitiendo establecer las trayectorias, se busca con el sistema tener un impacto en la forma de la movilidad y transporte colectivo de los pasajeros de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Cuernavaca Morelos.

El acercamiento con la Secretaria de Movilidad y Transporte, brindo una ventana de oportunidad donde la vinculación de la formación académica de los estudiantes, contrasto los requerimientos de movilidad de transporte colectivo de pasajeros, con el atascamiento de selección de rutas por parte de los usuarios, lo cual aterriza en hacer tangible un escenario social de poca eficiencia en la selección de rutas de los pasajeros. Es decir, permitió trasladar los escenarios conceptuales de problemática social, tecnologías de la información y soluciones a un caso práctico de la vida cotidiana de la sociedad.

### Registro de rutas de transporte público

Para el registro de la ruta del transporte público es necesario ingresar el nombre, color, trayectoria del recorrido. En este mismo sentido, se indica mediante marcadores la trayectoria de ida y regreso, utilizando altitud y latitud, al contar con todos los datos presionar el botón “Guardar proyecto”, Figura 3.

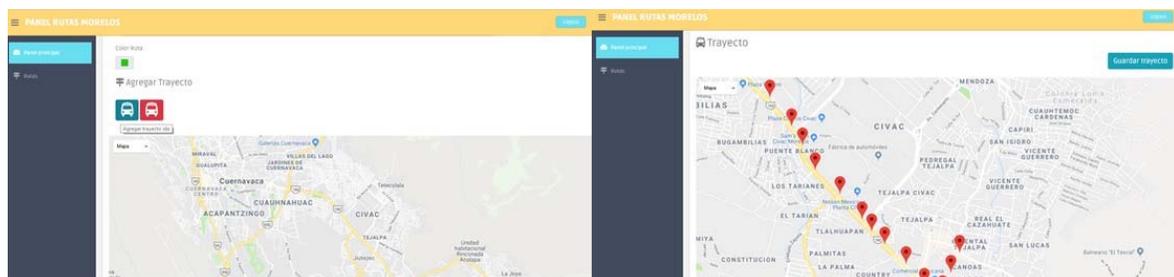


Figura 3. Registro de rutas de transporte público.  
Elaboración propia

Las rutas de transporte público son guardadas en el sistema, en color azul la trayectoria de ida y color rojo la trayectoria de regreso cabe mencionar que no siempre la ida es el mismo camino por donde regresa, Figura 4.

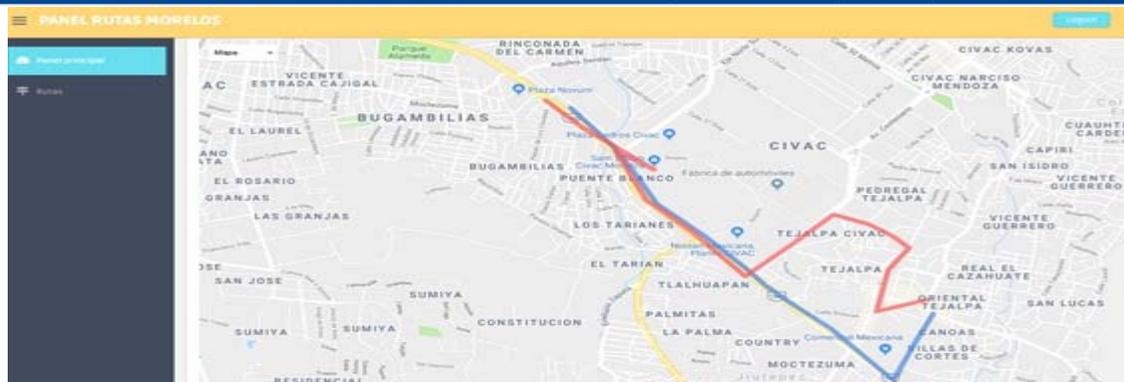


Figura 4. Trayectoria de ida y regreso.  
Elaboración propia

Es conveniente indicar en caso de existir cambio, eliminación, consulta o ingreso de una ruta de transporte público, solo las puede realizar el administrador. De este modo, son guardados los datos como: id, latitud, longitud, parada para ser utilizados en los marcadores en el mapa, Tabla 1 Datos de coordenada.

Tabla 1. Datos de coordenada

id	latitud	longitud	Parada
1	18.9261235	-99.2287946	1
2	18.9278615	-99.2300284	0
3	18.9278513	-99.2299131	0
4	18.9272805	-99.2296582	1

Fuente: Elaboración propia.

### Formula Haversine

La fórmula Haversine se utiliza para obtener la distancia entre dos puntos de la superficie terrestre, los valores que se utilizan son latitud y longitud, se utiliza para determinar el radio de 300 metros a la distancia de la parada de la ruta de transporte público Figura 5.

$$d = 2r \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

Figura 5. Formula Haversine. Distancia entre dos puntos. Recuperado de: <https://joseguerreroa.wordpress.com/2012/11/13/distancia-entre-dos-puntos-de-la-superficie-terrestre-mediante-la-formula-de-haversine-con-python/>

Donde  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  y  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  se refieren a la latitud y a la longitud, expresadas ambas en radianes de los puntos 1 y 2, respectivamente, y r corresponde al radio terrestre (Batten, 2015). La fórmula Haversine se aplicó en SQL, mediante una consulta a las tablas de la base de datos, la tabla que almacena la altitud y latitud de cada una de las rutas de transporte público, para obtener la distancia del punto que se selecciona, determinar si se encuentra en un radio de

300 metros indicando al pasajero la ruta que debe de tomar, Figura 6, el resultado se obtiene con la consulta de las paradas a una distancia considerable del punto seleccionado.

```

1. function getCoordenadasCercanas($latitud, $longitud) {
2.     $data = array();
3.     $sql = "SELECT nombre, lat, lon, ( 6371 * acos( cos( radians('.$latitud.')
   ) * cos( radians( lat ) ) * cos( radians( lon ) -
   radians('.$longitud.') ) + sin( radians('.$latitud.') ) * sin( radians( lat )
   ) ) ) AS distance FROM rutas inner join trayecto on rutas.id= trayecto.rutas_id
   inner join coordenada on trayecto.coordenada_id = coordenada.id where parada
   = true HAVING distance < 0.5";
4. }

```

Figura 6. Consulta SQL Formula Haversine.  
Elaboración propia

Por lo tanto, el resultado de aplicar la consulta se muestra en la Figura 7, puede tener la cobertura de un radio de 300 metros del punto seleccionado de origen o destino, facilitando al pasajero pueda tener un margen de error cuando coloca el marcador, los dos colores de las trayectorias indican que pertenecen a dos rutas de transporte diferente.

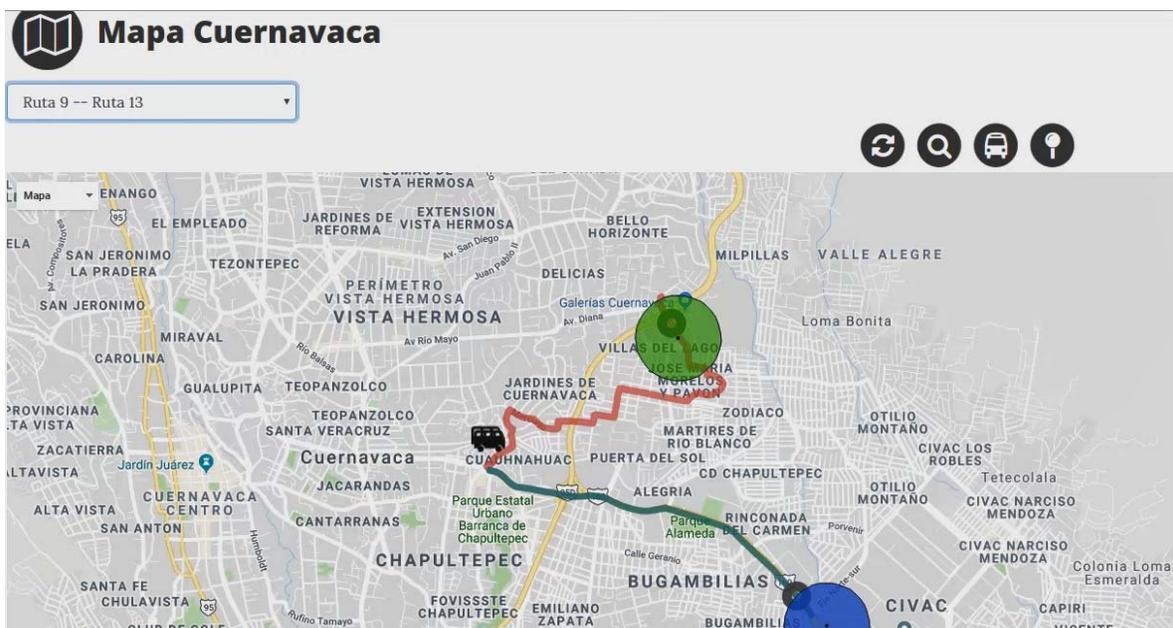


Figura 7. Cambio de ruta de transporte público.  
Elaboración propia

En la Tabla 2, Servicios públicos, se muestran los datos con lo que ofrece el sistema indicando nombre, dirección, coordenadas y categoría para ofrecerle al pasajero un catálogo de opciones que le permitan seleccionar para acudir a su destino.

Tabla 2. Servicios públicos

id	nombre	dirección	coor_id	categoría
1	Cine polis Cedros	Centro Comercial Cedros Jiutepec, Avenida Eje Norte-Sur, 2 Ancla 02, Colonia CIVAC, 62578 Jiutepec, Mor.	465	Cine
2	La Tortuga cucufata	Avenida Domingo Diez 1460 Local 28, San Cristóbal	471	Restaurante
3	Plaza Cuernavaca	Rio Balsas s/n, vista Hermosa lomas de la selva	473	Plaza comercial
4	Hospital general IMSS No. 1	Plan de Ayala 1201, Chapultepec, 62450 Cuernavaca	477	Hospital
5	Banorte Tejalpa	Blvd. Paseo Cuauhnáhuac Km. 5.8, villas del descanso, 62554, Jiutepec, mor	480	Banco
6	Papalote museo del niño	Av. Vicente Guerrero 205, Lomas de la Selva, 62270 Cuernavaca, Mor.	474	Museo

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

El pasajero podrá visualizar en el sistema el mapa de la Zona Metropolitana, de la Ciudad de Cuernavaca Morelos, ofreciendo las siguientes opciones: A) Seleccionar una ruta de transporte público, B) Elegir un servicio público, C) Colocar marcadores A - B y por último D) Refrescar la página. Permitiendo interactuar con los servicios en su dispositivo electrónico ofreciendo los beneficios de su traslado a su destino para realizar sus actividades diarias, Figura 8.

### Mapa Cuernavaca

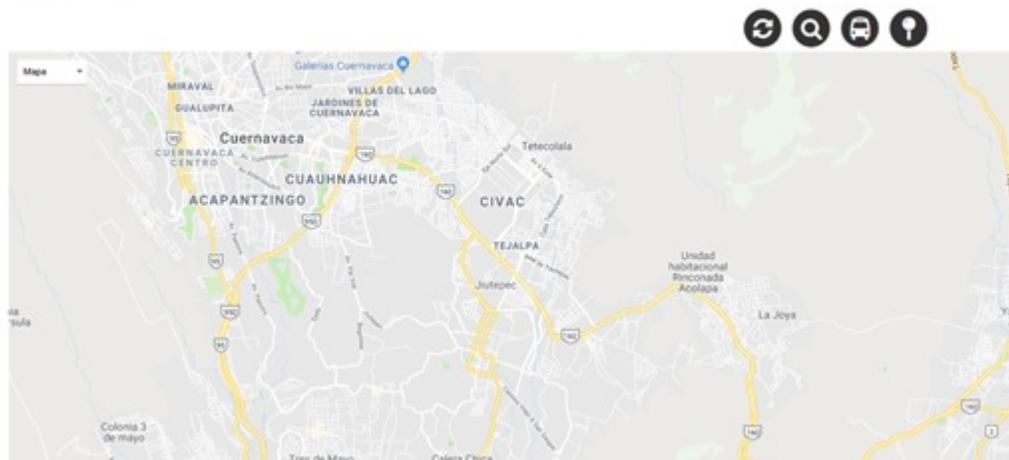


Figura 8. Mapa de rutas de transporte público de la Ciudad de Cuernavaca Morelos. Elaboración Propia

### Seleccionar Ruta de transporte Público

Uno de los elementos con los que cuenta el sistema, es seleccionar las rutas registradas, mostrando un listado, elige el número de la ruta, posteriormente, visualiza la trayectoria de ida y regreso, cabe mencionar que no siempre la ida es lo mismo que el regreso, Figura 9.

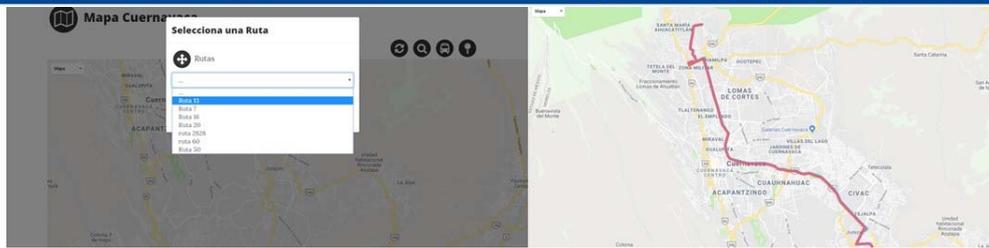


Figura 9. Seleccionar ruta de transporte público.  
Elaboración propia

**Seleccionar dos puntos A y B**

Es necesario colocar en el mapa dos marcadores indicando el origen y destino, al establecerse dichos puntos, se unen para indicar la ruta o rutas de transporte que deben de elegir, Figura 10.



Figura 10. Una sola ruta de transporte público.  
Elaboración Propia

Con respecto de tomar dos rutas, el sistema indica cuales debe tomar para trasladarse a su destino, visualizando en el mapa donde debe descender para ascender a la siguiente ruta, cabe mencionar que, si el marcador es colocado a 300 metros de la parada oficial, el sistema indicará que deberá caminar para llegar a su destino, Figura 11.

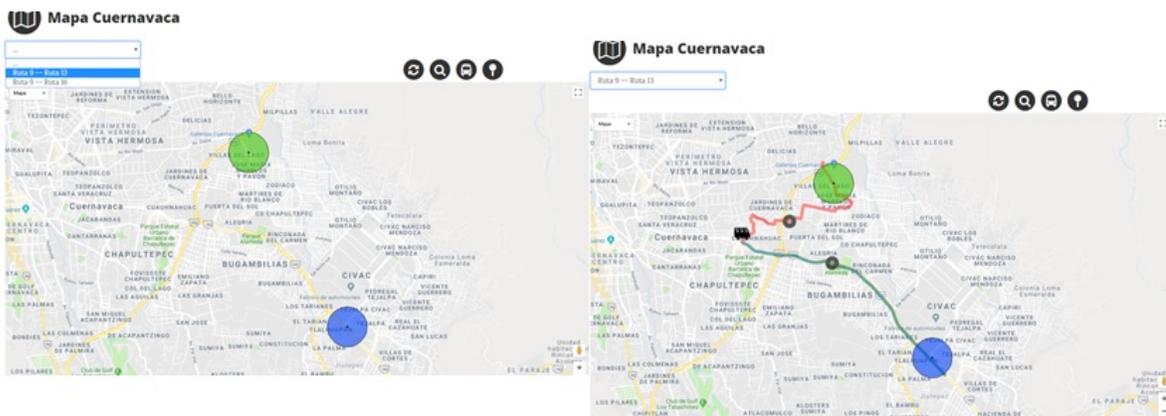


Figura 11. Trayectoria de 2 rutas de transporte.  
Elaboración propia

**Servicios públicos**

En la sección de servicios públicos como hospitales, bancos, museos, plazas comerciales, restaurantes y cines, al elegir el servicio se visualiza con marcadores la ubicación, al presionar el marcador muestra el nombre del servicio y la dirección del lugar, Figura 12.



Figura 12. Servicios públicos.  
Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La presente propuesta del sistema, trajo consigo establecer prototipos funcionales en etapas tempranas de su desarrollo, contar con la retroalimentación para realizar cambios, permitiendo saber lo que se quiere obtener. Se establece las rutas de transporte público de la zona Metropolitana de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, al tener el sistema que permita elegir de una lista de rutas de transporte y visualice la trayectoria de ida y regreso, será de gran utilidad para el pasajero poder moverse para realizar sus actividades cotidianas como acudir al trabajo, escuela o algún lugar a visitar.

Otra de las opciones que se tiene es colocar un marcador con un punto A al punto B, donde mediante una lista desplegable muestra las rutas o ruta que pase por la trayectoria establecida, indicando cual debe de tomar, en donde debe de descender para posteriormente tomar la siguiente ruta. Ofrece los servicios como banco, plazas comerciales, cines, hospitales, al seleccionar la opción visualiza los marcadores, al darle clic muestra el nombre del servicio como la dirección.

Esta herramienta tecnológica es enfocada para que el pasajero pueda visualizar el sistema en un dispositivo electrónico, sirviendo para su traslado que realiza todos los días de camino al trabajo, escuela o alguna otra actividad que necesite realizar y tenga las alternativas de seleccionar las rutas de transporte público que fueron agregadas. De esta forma, se pretende que sea confiable, eficiente para el manejo del mismo, usando la tecnología en las rutas de transporte público que cada día crece y es indispensable para la movilidad de un lugar a otro.

Si bien existe Google Maps Transit que permite conocer la trayectoria de línea de metro o ruta de camión, pero está disponible solamente para los pasajeros que viven en la Ciudad de México, y lo que se pretende, es realizar el sistema para los pasajeros de la ciudad de Cuernavaca, Morelos puedan hacer uso de la tecnología y realizar su traslado en transporte público.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2017). *Movilidad urbana en México*. Dirección General de Análisis Legislativo México: Senado de la República, Instituto Belizario Domínguez, pp. 4-36. Recuperado de:  
<http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/3391/Cuaderno%20de%20investigacio%CC%81n%2030%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Batten, D. (9 de septiembre de 2015). Distance between Latitude and Longitude Coordinates in SQL. [blog]. Recuperado de: <http://daynebatten.com/2015/09/latitude-longitude-distance-sql/>
- Cotos, J. y Taboada, J. (2005). *Sistema de información medioambiental*. Coruña, España: Editorial Netbiblio.
- Decreto N° 992. Periódico Oficial "Tierra y Libertad, número 5416, 22 de julio de 2016. Recuperado de:  
[http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/decretos\\_ejecutivo/pdf/DMADMIVAS\\_TRANSMASIVO.pdf](http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/decretos_ejecutivo/pdf/DMADMIVAS_TRANSMASIVO.pdf)
- Hernández, G., Mercado, M., León, S. y Román, F. (2007, Julio 19). Proposal for the Optimization of Urban Public Transport Routes: Case Study - Street Closings at Tuxtla Gutiérrez City. Ponencia presentada en el *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Global Partnerships for Development and Engineering Educacion*, Boca Raton, FL. United State. Recuperado de: [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/full\\_papers/FP213.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/full_papers/FP213.pdf)
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (2018). *En México 71.3 millones de usuarios de internet y 17.4 millones de hogares con conexión a este servicio: ENDUTIH 2017*. Comunicado de Prensa Núm. 105/18. Mexico: Secretaria de Comunicaciones y transportes. Recuperado de:  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/otrtemecon/endutih2018\\_02.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/otrtemecon/endutih2018_02.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2015). *Principales Resultados de la encuesta intercensal 2015. Morelos*. México: INEGI, pp. 42,25.
- Islas, V. y Lelis, M. (2007). *Análisis de los sistemas de transporte*. Publicación Técnica no. 307 . Sanfandila, Queretaro: Instituto Mexicano de Teleservicios. Recuperado de:  
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt307.pdf>
- Kendall, K. & Kendall, J. (2005). *Análisis y Diseño de Sistemas* (6ª Ed.). México: Pearson Educación de México, S.A de C.V.
- Orán-Roque, R., Calderón-Maya, J., & Campos-Alanís, H. (2017). Un análisis sobre el sistema de transporte público en la Zona Metropolitana de Cancún (ZMC), México 2016. *Quivera Revista de Estudios Territoriales de la UAEMEX*. Vol. 19 (2), pp. 81-89. Recuperado de: <https://quivera.uaemex.mx/article/download/9755/8069/>

Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico* (7ª Ed.). México: McGraw Hill.

Urbano, P., Ruíz, A. y Sánchez, J. (2012). El sistema de transporte público en España: Una perspectiva interregional . *Cuaderno de Economía, Vol. XXXI* , 195-228. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2821/282125048009.pdf>