



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – TRANSPORTE

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE ESCOLAR PARA LA MOVILIDAD
DE LA COMUNIDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLÁHUAC II (ITTII)**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. JOSÉ ESQUIVEL IBAÑEZ

TUTOR PRINCIPAL

DR. RICARDO ACEVES GARCÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ciudad Universitaria, CDMX., Marzo del 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente M.I. Zúñiga Barrera Sergio

Secretario M.I. Rivera Colmenero José Antonio

1er. Vocal Dr. Aceves García Ricardo

2do. Vocal M.I. Reséndiz López Héctor Daniel

3er. Vocal M.I. Guzmán Castro Luis Alejandro

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: MÉXICO, CDMX

TUTOR DE TESIS:

DR. RICARDO ACEVES GARCÍA

FIRMA

Agradecimientos.

Debo agradecerle primeramente el apoyo incondicional que he recibido por parte de mi familia.

Quiero agradecerle al Dr. Ricardo Aceves Gracia en su ayuda en la estructuración del tema; su ayuda sin lugar a duda me encamino a moldear las ideas en un documento formal y conciso.

También quiero agradecerle a mi profesor M. I. Luís Alejandro Guzmán Castro, quien me apoyara con las primeras ideas para formular esta tesis.

Agradezco al Dr. José Antonio Rivera Colmenero quien me ayudo en los detalles finales a mi tesis.

Agradezco a todo los profesores que aportaron sus conocimientos en mi formación profesional.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería de Posgrado de Ciudad Universitaria (UNAM).

Agradezco al Instituto Tecnológico de Tláhuac II (ITTII) pertenece al Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Resumen.

Se realizó un estudio cuyo propósito fue el diseño de una red de rutas para el transporte escolar, para los alumnos y personal del Instituto Tecnológico de Tláhuac II (ITTII), con el fin de tener una alternativa de movilidad, debido a la alta inseguridad en que se encuentra expuesta la comunidad en su traslado a este Instituto Tecnológico. Para el desarrollo de la red de transporte, se aplicó un diseño no experimental, usando la geolocalización del lugar de origen de la comunidad cuyo destino es el Tecnológico.

La tesis incluye una introducción y cinco capítulos: En la introducción se abarca la historia de la Alcaldía de Tláhuac como el marco geográfico. En el capítulo uno se trata de la creación del tecnológico Nacional como los Institutos Tecnológicos Descentralizados. En el capítulo dos se trata la problemática de inseguridad en la Ciudad de México (CDMX) y Estado de México, en el capítulo tres se abarca el marco teórico, en el capítulo cuatro la metodología y en el capítulo cinco los resultados.

En la Introducción se abarca la historia de la Alcaldía de Tláhuac, la ubicación geográfica, las características del relieve, aspecto demográfico y aspectos socioeconómicos.

En el capítulo uno se da una breve historia de la creación de los tecnológicos que inicia en Durango y Chihuahua, llegando a 48 planteles distribuidos en 28 entidades del país. El Tecnológico Nacional de México está constituido por 254 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos federales, 128 Institutos Tecnológicos Descentralizados.

En el capítulo dos se trata la problemática de inseguridad que se presenta en la Ciudad de México (CDMX) y Estado de México.

En el capítulo tres se abarca el marco teórico, donde se trata la teoría matemática que soporta a las rutas y paradas encontradas como propuesta para el ITTII. La teoría matemática utilizada, es el problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem (Tsp)), el algoritmo de Warshall, el Algoritmo de Dijkstra. El software utilizado para encontrar las paradas como las rutas es ArcGis cuyo módulo es ArcMap.

En el capítulo cuatro, se muestra la metodología para la localización de la demanda de la comunidad del ITTII, la localización de los centroides, la localización de las paradas, el trazo de las rutas de la red de transporte como la dimensión de la flota a utilizar.

En el capítulo cinco, se muestran los resultados obtenidos para la determinación de la red de transporte, su dimensión, y el número de paradas para cada ruta.

En las conclusiones, se hace referencia a la implementación de un transporte escolar seguro para la comunidad Tecnológica, brindando estabilidad y seguridad en su traslado desde su lugar de origen al Tecnológico.

Palabras claves.

Movilidad.- Es el conjunto de desplazamientos de personas y mercancías, que se producen en un entorno físico.

Traslado.- En transporte generalmente se refiere al traslado, de un lugar a otro, de algún elemento, habitualmente personas o bienes.

Geolocalización.- La geolocalización es aquel proceso que se encarga de determinar la posición de algo en particular en la tierra.

ArcGis.- ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

ArcMap.- ArcMap es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar.

Centroide.- El centroide de una figura geométrica es el centro de simetría. Para cualquier otro objeto de forma irregular de dos dimensiones, el centroide es el punto donde un soporte simple puede equilibrar este objeto.

Localización.- Lugar en el que se localiza a alguien o algo. En Geografía se llama localización absoluta, cuando se pretende ubicar con precisión un punto de la superficie terrestre, lo que se logra mediante un sistema de coordenadas geográficas, que son líneas imaginarias verticales (meridianos) u horizontales (paralelos), que están graduadas de acuerdo a la distancia a los polos.

Abstract.

A study was carried out whose purpose was the design of a network of routes for the school transport, of the students and staff of the Technological Institute of Tláhuac II (ITTII), in order to have an alternative of mobility, due to the high insecurity in that the community is exposed in its transfer to this Technological Institute. For the development of the transport network, a non-experimental design was applied, using the geolocation of the place of origin of the students whose destination is the Technological.

The thesis includes an introduction and five chapters: The introduction covers the history of the Alcaldía de Tláhuac as the geographical framework. In chapter one it is about the creation of the National Technological as the Decentralized Technological Institutes. Chapter two deals with the problem of insecurity in Mexico City (CDMX) and the State of Mexico, chapter three covers the theoretical framework, chapter four the methodology and chapter five the results.

The Introduction covers the history of the Alcaldía de Tláhuac, the geographical location, the characteristics of the relief, demographic aspect and socioeconomic aspects.

Chapter one gives a brief history of the creation of the technology that begins in Durango and Chihuahua, reaching 48 schools distributed in 28 entities in the country. The National Technological Institute of Mexico is made up of 254 institutions, of which 126 are federal Technological Institutes, 128 Decentralized Technological Institutes.

Chapter three covers the theoretical framework, which deals with the mathematical theory that supports the routes and stops found as a proposal for the ITTII. The mathematical theory used is the problem of the traveling agent (Traveling Salesman Problem (Tsp)), the Warshall algorithm, the Dijkstra Algorithm. ArcGis software whose module is ArcMap, was used to find the stops as the routes.

In chapter four, the methodology for the location of the demand of the ITTII community, the location of the centroids, the location of the stops, the route of the transport network routes as the size of the fleet to be used.

In chapter five, the results obtained for the determination of the transport network, its size, and the number of stops for each route are shown.

In the conclusions, reference is made to the implementation of a safe school transport for the Technological community, providing stability and security in its transfer from its place of origin to the Technology.

Keywords.

Mobility. - It is the set of movements of people and goods, which occur in a physical environment.

Transfer. - In transport it usually refers to the transfer, from one place to another, of some element, usually people or goods.

Geolocation. - Geolocation is that process that determines the position of something in particular on earth.

ArcGis. - ArcGIS is a complete system that allows you to collect, organize, manage, analyze, share and distribute geographic information.

ArcMap. - ArcMap is the place where you visualize and explore the GIS dataset of your study area, where you assign symbols and where you create the map designs to print or publish

Centroid. - The centroid of a geometric figure is the center of symmetry. For any other irregularly shaped two-dimensional object, the centroid is the point where a simple support can balance this object.

Location. - Place where someone or something is located. In Geography it is called absolute location, when it is intended to accurately locate a point on the earth's surface, which is achieved through a system of geographical coordinates, which are imaginary vertical (meridian) or horizontal (parallel) lines, which are graded according at a distance of two.

Agradecimientos.....	ii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de gráficas.....	xviii
Introduccion.....	1
Capítulo 1.....	7
Los Tecnológicos.....	7
1.1 Creación de los Tecnológicos.....	7
Capítulo 2.....	18
Problemática de Inseguridad en la Ciudad de México (CDMX) y Estado de México.....	18
2.1 Problemática de inseguridad.....	18
2.2 Inseguridad en el Estado de México.....	18
2.2.1 Inseguridad en la Ciudad de México.....	19
2.2.2 Condiciones de movilidad de la comunidad del ITTII.....	24
2.3 Planteamiento general del problema.....	25
2.4 Objetivo general.....	29
2.5 Objetivos particular.....	29
2.6 Justificación.....	30
Capítulo 3.....	31
Marco teórico.....	31
3.1 Problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem (TSP))......	31

3.2 Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall).....	37
3.3.1 Algoritmo de Dijkstra	40
3.4 Tecnología ArcGis	45
3.4.1 ArcGis	45
3.4.2 ArcMap	46
3.4.3 Algoritmos Dijkstra en ArcMap	46
3.4.4 Sistema de transporte viable	57
Capítulo 4.....	61
Metodología	61
4.1 Generación de la demanda	61
4. 2 Distribución espacial de la demanda.....	66
4.2.1 Distribución espacial de la densidad de población del ITTII	66
4.2.2 Ubicación de centroides	69
4.2.3 Densidad de pasajeros a transportar.....	73
4.2.4 Análisis de Rutas.....	76
4.2.5 Conectividad.	78
4.3 Tamaño de la Flota.....	83
4.3.1 Cálculo y dimensionamiento de las flotas.	85
4.4 Diseño, asignación y operación de la ruta	85
4.4.1 Propuestas de rutas hacia el Instituto Tecnológico de Tláhuac II.....	85
4.4.2 Selección de rutas para el ITTII.....	86

4.5 Optimización de las rutas para el ITTII	87
4.5.1 Ubicación de la parada.....	89
4.5.2 Velocidad de operación.....	100
4.5.3 La Viabilidad en el Sistema de transporte para el ITTII.....	103
Capítulo 5.....	110
Resultados.....	110
Conclusiones.....	113
Bibliografía.....	117

Índice de tablas.

Tabla 3. 1. Distancias entre alcaldías.	48
Tabla 3. 2. Distancia mínima entre las alcaldías de Tláhuac e Iztapalapa.	49
Tabla 3. 3. Distancia mínima entre los nodos de las alcaldías de Xochimilco – Iztapalapa. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 3. 4. Distancia mínima entre las alcaldías de Iztapalapa y Milpa alta.	53
Tabla 4. 1. Demanda estudiantil por zona que está alrededor del ITTII.....	74
Tabla 4. 2. Longitud de cada ruta de la red.....	80
Tabla 4. 3. Longitud de la línea de la red.....	80
Tabla 4. 4. Simbología utilizada para las rutas	81
Tabla 4. 5. Capacidad de Autobuses	84
Tabla 4. 6. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Milpa Alta – ITTII.	90
Tabla 4. 7. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Xochimilco – ITTII	92
Tabla 4. 8. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Chalco – ITTII.....	94
Tabla 4. 9. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Eje 10 Tláhuac – ITTII.....	96
Tabla 4. 10. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Valle de Chalco – ITTII.....	98
Tabla 4. 11. Características de la movilidad de la ruta	101
Tabla 4. 12. Características de movilidad de la ruta Xochimilco – ITTII	101

Tabla 4. 13. Características de movilidad de la ruta Milpa Alta – ITTII.....	102
Tabla 4. 14. Características de movilidad de la ruta Eje 10 Tláhuac – ITTII.....	102
Tabla 4. 15. Características de movilidad de la ruta Chalco – ITTII.....	103
Tabla 4. 16. Propuestas de unidades de transporte para ITTII Fuentes: (Libre, 2019)..	106
Tabla 4. 17. Inversión inicial en la compra de unidades de transporte	106
Tabla 4. 18. Cálculo de recuperación y ganancia	107
Tabla 4. 19. Periodo de recuperación de la inversión.	109

Índice de figuras.

Figura 1. 1. Ubicación de la Alcaldía de Tláhuac en la CDMX.	9
Figura 1. 2. Mapa de la ubicación geográfica del ITTII.	10
Figura 1. 3. Instituto Tecnológico de Tláhuac II.	11
Figura 1. 4. Cancha cubierta y dos canchas multifuncionales.	12
Figura 1. 5. Plazas y frontón a la derecha de la imagen.	12
Figura 1. 6. Gimnasio al aire libre.	13
Figura 1. 7. Estacionamientos del ITTII.	14
Figura 1. 8. La Imagen muestra el centro de información, actividades deportivas.	15
Figura 1. 9. Edificio principal del ITTII.	16
Figura 1. 10. Caseta de acceso principal al ITTII.	17
Figura 1. 11. Aulas prefabricadas.	17
Figura 2. 1. Mapa de los países más peligrosos del mundo en 2017.	26
Figura 3. 1. Representación inicial de las ciudades a estudiar.	33
Figura 3. 2. Representación del mínimo de la ciudad A.	33
Figura 3. 3. Representación de la ruta más cercana entre C y E.	34
Figura 3. 4. Representación de la ruta más cercana entre C y E.	35
Figura 3. 5. Representación de la trayectoria para el cálculo de la distancia de la interacción.	35

Figura 3. 6. Elección del menor costo entre los nodos [A, C, E, B, A].....	36
Figura 3. 7. Resultado de la ruta más costosa entre los nodos [A, C, E, D, B, A].....	37
Figura 3. 8. Representación gráfica del camino mínimo.....	39
Figura 3. 9. Representación de los pesos del grafo en la tabla del camino mínimo.....	40
Figura 3. 10. Representación inicial del algoritmo Dijkstra.....	42
Figura 3. 11. Primera iteración del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.....	43
Figura 3. 12. Segunda iteración del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.....	44
Figura 3. 13. La tercera iteración del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.....	45
Figura 3. 14. Representación de las alcaldías.....	48
Figura 3. 15. Representación de la distancia mínima entre las alcaldías de Tláhuac e Iztapalapa.....	49
Figura 3. 16. Representación de la mínima distancia entre las alcaldías de Iztapalapa- Xochimilco.....	50
Figura 3. 17. La distancia marginal.....	51
Figura 3. 18. Representación de la mínima distancia entre la alcaldía de	52
Figura 3. 19. Intersección del nodo de Milpa Alta, entre Tláhuac e Iztapalapa.....	54
Figura 3. 20. Elección del menor costo entre las alcaldías.....	55
Figura 3. 21. Resultado del grafo de las rutas más cortas entre los nodos.....	57
Figura 4. 1. No. de alumnos del ITTII del año 2009 de las Alcaldías de la CDMX.....	62

Figura 4. 2. No. de alumnos del ITTII del año 2009 de los Municipios del Estado de México.	62
Figura 4. 3. Mapa de la procedencia de la comunidad del ITTII del año 2017.	64
Figura 4. 4. Alumno procedente de la Alcaldía de la CDMX el año 2017.	65
Figura 4. 5. Alumnos procedentes de los municipios del Estado de México del año 2017.	66
Figura 4. 6. Distribución geoespacial de la comunidad del ITTII en el Mapa de la CDMX y Estado de México.	67
Figura 4. 7. Representación cuantitativa de la dispersión de la población del ITTII en alcaldías de la CDMX y municipios del Estado de México.	68
Figura 4. 8. Representación de los centroides y paradas para las rutas del ITTII.	70
Figura 4. 9. Propuestas de centroides y paradas finales para la red de transporte escolar para el ITTII.	72
Figura 4. 10. Representación de la densidad mayor a seis de la poblacional estudiantil del Tecnológico del su lugar de origen.	75
Figura 4. 11. Rutas propuestas para la red de transporte del ITTI.	77
Figura 4.12. Rutas para la red de transporte del ITTII.	78
Figura 4. 13. Rutas propuestas para la red de transporte sin incluir la ruta de la alcaldía de Iztapalapa.	79
Figura 4. 14. Representación de la red de transporte de donde se muestra la longitud de la ruta de la red y la longitud de línea.	82

Figura 4. 15. Propuesta de paradas y rutas para la red de transporte del ITTII.....	86
Figura 4. 16. Rutas propuestas para el ITTII.....	87
Figura 4. 17. Ruta Milpa Alta - ITTII.....	91
Figura 4. 18. Ruta Xochimilco - ITTII	93
Figura 4. 19. Ruta Chalco – ITTII	95
Figura 4. 20. Ruta Eje 10 Tláhuac - ITTII.....	97
Figura 4. 21. Ruta Valle de Chalco - ITTII	99
Figura 5. 1. Rutas propuestas para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II	112

Índice de gráficas.

Grafica 2. 1. Denuncias por robos años 2016 y 2017.....	20
Grafica 2. 2. Tasa delictiva de delitos de alto impacto, Fuente: Gobierno de la CDMX, Procuraduría General de Justicia de la CMX, 2019.....	24
Gráfica 5. 1 Tiempo de recorrido de las rutas.....	111

Introduccion.

Marco Geográfico de la Alcaldía de Tláhuac

Historia

Tláhuac se funda en el año 1222 D.C.

La Alcaldía de Tláhuac se localiza al sureste de la Ciudad de México (CDMX), a 60 kilómetros del Zócalo capitalino colindando al norte y noreste con la Alcaldía de Iztapalapa, al oriente con el municipio Valle de Chalco Solidaridad del Estado de México, al poniente con la Alcaldía de Xochimilco y al sur con la Alcaldía de Milpa Alta.

Ubicación Geográfica.

Coordenadas Extremas

Latitud 19° 20' 00" N- 19° 19' 30" N

Longitud 98° 56' 45" W - 99° 04' 00" W

Con una Altitud:

Mínima 2 235 metros sobre el nivel del mar

Máxima 2 750 metros sobre el nivel del mar

Superficie Geoestadística 101.16 Km

Representa el 6.74% del área total de la CDMX.

Se constituye por 2 044 manzanas distribuidas en 80 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB), de las cuales 76 son urbanas y 4 son rurales.

La Alcaldía de Tláhuac, colinda al norte con la Alcaldía de Iztapalapa, en la Avenida Tláhuac en los puntos de las cimas de los volcanes Xaltepec, Tetecón y

Guadalupe. Al este colinda con los municipios Iztapaluca y Chalco del Estado de México en el canal general una parte de la carretera Tláhuac-Chalco, el canal Amecameca y caminos rurales. Al sur limita con la Alcaldía de Milpa Alta en caminos rurales y en el Volcán Teuhtli, asimismo colinda con la Alcaldía de Xochimilco en los canales Caltongo y Chalco. Al oeste limita con la Alcaldía de Iztapalapa en las calles Piraña, Turba y una parte de la Calzada Tláhuac.

Características del Relieve.

La porción central de la delegación se constituye por una superficie plana correspondiente a la zona lacustre de los antiguos lagos de Chalco y Xochimilco, con una altitud de 2 235 msnm (*metros sobre el nivel del mar*). Hacia el norte presenta un relieve escarpado correspondiente a los volcanes de la Sierra de Santa Catarina como son; Xaltepec (2 460 msnm.), Guadalupe (2 750 msnm.) y el Cerro Tetecón (2 470 msnm.).

Hacia el sur se presenta el relieve escarpado y de fuerte pendiente del Volcán Teuhtli (2 700 msnm.) en la cima.

Las corrientes superficiales son escasas, intermitentes, de corta longitud, patrón radial y subradial que definen las estructuras volcánicas, y desaparecen en la zona plana y baja debido a la alta permeabilidad del terreno; en las partes bajas existen algunas zonas inundadas que constituyen la zona de recarga de acuíferos someros y profundos. El agua superficial excedente se conduce a través de canales de riego y se drena artificialmente hacia las lagunas reguladoras del norte, en la Ciénaga de Xochimilco, a través del Canal Chalco.

Características Climáticas.

El clima es en la parte norte: templado subhúmedo con lluvias de verano tendiendo a ser en el sur que es más húmedo que el anterior por la presencia de la Sierra Chichinautzin. La precipitación pluvial anual total es de 700 a 800 mm siendo los meses más lluviosos julio y agosto; la lluvia invernal es menor al 5% del total anual; la temperatura media anual es de 15 °C con oscilación de 1 °C.

Uso del Suelo.

El uso del suelo dominante es el destinado a la agricultura, principalmente en las partes bajas y planas de la zona lacustre de la Alcaldía de Chalco, y en una menor proporción en las faldas de la Sierra de Santa Catarina y del Volcán Teuhtli, Asimismo, en la zona lacustre se encuentran áreas destinadas a la actividad pecuaria.

La agricultura practicada es de riego y temporal y se cultiva principalmente maíz, hortalizas, nopal, amaranto y olivos. Le siguen en importancia las zonas de reserva ecológica que se encuentran al norte de la delegación, en la parte alta de la Sierra de Santa Catarina, en donde se presentan pequeños bosques de encinos y zonas de disturbio del mismo por la actividad humana.

El uso habitacional, sigue en extensión a los anteriores y se presenta principalmente en un corredor urbano que va desde Santiago Zapotitlán hasta San Juan Ixtayopan. El equipamiento comprende: servicios administrativos de la Alcaldía, escuelas hasta nivel superior, hospitales de zona, clínicas, centros deportivos, museos, un hospital psiquiátrico,

dos panteones, un embarcadero y establos de ganado lechero, además de granjas avícolas y porcinas.

La alcaldía cuenta con industria extractiva que obtiene y beneficia material volcánico inconsolidado de los volcanes de la Sierra de Santa Catarina, destinado a la industria de la construcción, y por otro lado existe la pequeña industria agropecuaria, que procesa productos lácteos y otros derivados, el crecimiento de la zona urbana, en el decenio de 1980-1990, fue de 7.0 Km². (Instituto Nacional de Estadística, 1990)

Aspectos Demográficos

La población para 1995 en la Alcaldía de Tláhuac es de 255,891 habitantes, que representan el 3.01% de la población total de la CDMX; la población se ha incrementado de 29,880 habitantes en 1960, a 206,700 para el año 1990 y de continuar con su tendencia de crecimiento, puede llegar a tener 338,500 habitantes para el 2020.

Con respecto a las tasas de crecimiento registradas en la alcaldía, en el periodo 60-70, la tasa fue del 7.64%; en el siguiente decenio (70-80) descendió al 7.39%; durante 1980-1990 bajó a 4.46%; en el periodo 1990-1995 disminuyó a 4.35%, aun así registró la mayor tasa de crecimiento en la CDMX.

En 1990, entre la población mayor de 5 años, 2,440 habitantes hablaban alguna lengua indígena, como náhuatl, otomí, zapoteco, mixteco y mazahua, representando 1.5% del total de la población.

Para el año de 1995, la población que hablaba alguna lengua indígena disminuyó a 2,430 personas, lo que significa el 0.9% del total de la población.

Aspectos Socioeconómicos

La Población Económicamente Activa (PEA) de Tláhuac se estimaba en 1990 en 63,210 habitantes (29.6% de la población total para ese año), de los cuales 61253 estaban ocupados.

La PEA ocupada tenía la siguiente distribución: 60.6% en el sector terciario, el 35.8% en el secundario y sólo el 3.59% correspondía al sector primario. Esto representa una importante disminución en el sector primario con respecto a 1980, en que se estimó como el 13.15% de la PEA.

En relación a la CDMX, la PEA de 1990 en la delegación se comporta de la siguiente manera:

La Alcaldía de Tláhuac cuenta con una alta proporción relativa de población que se dedica a actividades primarias (3.59%) en comparación con el 0.69% de la CDMX, significando el 11.15% de esta población ocupada en la CDMX.

En relación con el sector secundario, éste tiene una PEA de 21,319 personas, las cuales son el 35.82% de la PEA de Tláhuac, una proporción más alta que la de la CDMX (28.11%), aunque sólo significa el 2.73% de la PEA en este sector de la CDMX.

El sector terciario en Tláhuac es el que tiene una PEA más alta (60.59% del total de la PEA de la Alcaldía), aunque su importancia relativa con respecto a la CDMX es mínima (1.82%).

Entre 1980 y 1990 había 1,957 desocupados en la delegación, representando el 3.3% de la PEA masculina y el 2.6% de la PEA femenina.

Según información del XI Censo de Población y Vivienda de la población de ingresos bajos en Tláhuac (de cero a dos salarios mínimos) representaba en 1990 el 76.42% (45,536 personas), lo que la coloca como la segunda Alcaldía en la CDMX en porcentaje de población con ingresos bajos, sólo arriba de Milpa Alta, contrastando con el promedio de la CDMX que era 62.36% de la población en ese rango. El 20.39% de la población recibía en 1990 ingresos medios (entre 2 hasta 5 salarios mínimos), muy por abajo del 27.19% promedio en la CDMX. Sólo 1,899 personas (el 3.19%) recibía más de 5 salarios mínimos, siendo Tláhuac la delegación con menos población que percibe ingresos altos en la CDMX.

En el sector primario, para 1993 se sembraron 4,030 Has. se cosecharon 4,021, siendo los cultivos más importantes los de maíz grano, avena forrajera, espinaca, acelga, alfalfa, higo y romerito, las existencias por especie ganadera fueron 4,767c. porcina, 2,877c. bovina y 991c. ovina. (CDMX, 2019)

Capítulo 1.

Los Tecnológicos

1.1 Creación de los Tecnológicos

Los primeros Institutos Tecnológicos surgieron en México en 1948, cuando se crearon los de Durango y Chihuahua. Poco tiempo después se fundaron los de Saltillo (1951) y Ciudad Madero (1954). En 1957 inició operaciones el IT de Orizaba. En 1959, los Institutos Tecnológicos son desincorporados del Instituto Politécnico Nacional, para depender, por medio de la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas Industriales y Comerciales, directamente de la Secretaría de Educación Pública.

Al cumplirse los primeros veinte años, los diecisiete IT existentes estaban presentes en catorce estados de la República. En la década siguiente (1968-1978), se fundaron otros 31 Tecnológicos, para llegar a un total de 48 planteles distribuidos en veintiocho entidades del país.

De 1978 a 1988 se fundaron doce nuevos Tecnológicos y tres Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo.

En 1990 iniciaron actividades en los Institutos Tecnológicos Descentralizados, con esquemas distintos a los que operaban en los IT Federales ya que se crearon como organismos descentralizados de los gobiernos estatales.

El TecNM (Tecnológico Nacional de México) tiene una fructífera y sólida tradición, construida durante más de 70 años impartiendo educación superior de excelencia en todo el país.

En 2005 se reestructuró el Sistema Educativo Nacional por niveles, lo que trajo como resultado la integración de los Institutos Tecnológicos a la Subsecretaría de Educación Superior (SES), transformando a la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT) en Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST). Como consecuencia de esta reestructuración, se desincorpora el nivel superior de la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar y de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y se incorpora a la recién creada DGEST.

El 23 de julio de 2014 fue publicado, en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México (TecNM). De acuerdo con el Decreto citado, el TecNM se funda como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública, que sustituye a la unidad administrativa que se hacía cargo de coordinar este importante subsistema de educación superior.

Cuatro Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de más de 600 mil estudiantes en

licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluida la Ciudad de México. (México, 2019).

El Instituto Tecnológico de Tláhuac II (ITTII) perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TNM) fue creado en el año de 2009 en la Alcaldía de Tláhuac, su ubicación en la CDMX se muestra en la **Figura 1.1**.

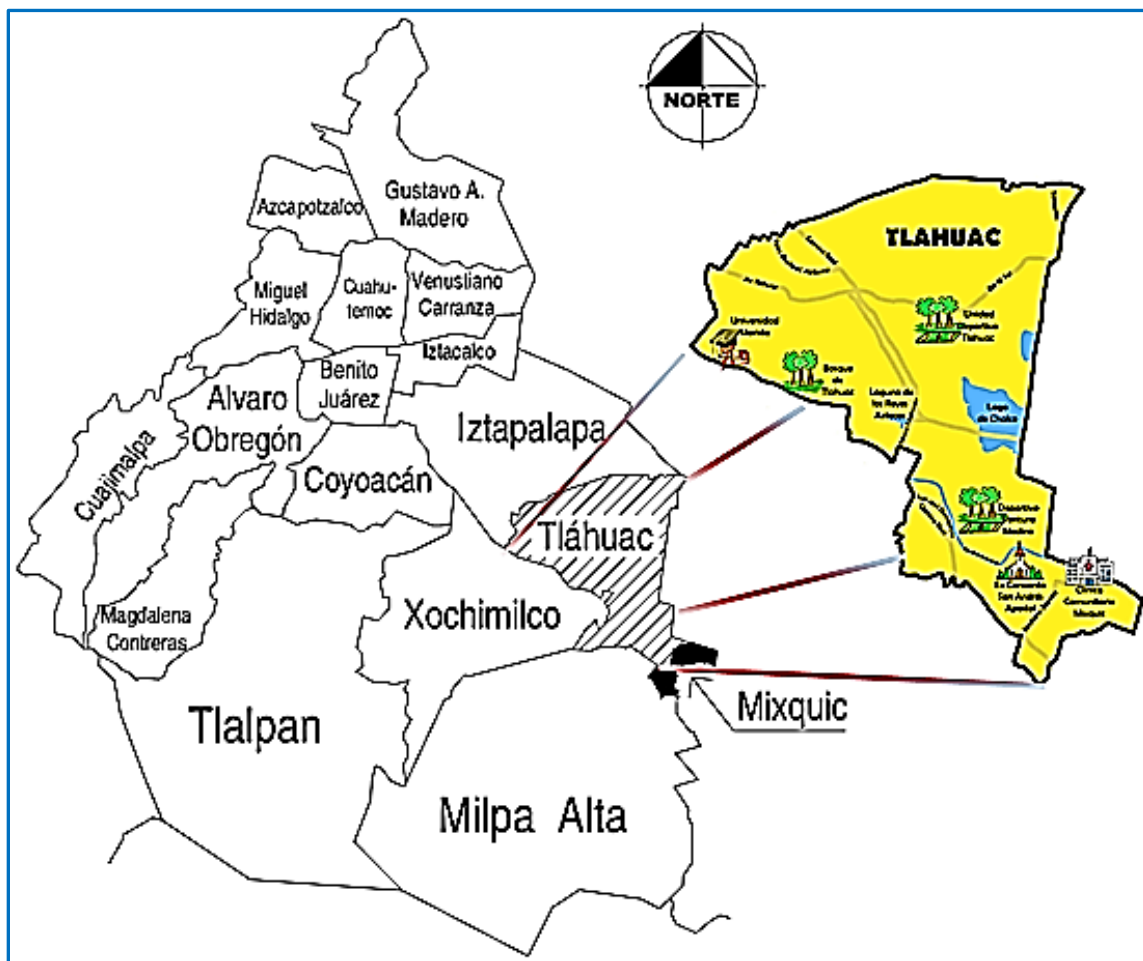


Figura 1. 1. Ubicación de la Alcaldía de Tláhuac en la CDMX.
Fuente: imágenes de google 2/09/19

Se encuentra en la dirección de Camino Real #625 Col. Jardines del Llano San Juan Ixtayopan, C.P. 13550, en la Ciudad de México (CDMX). En la **Figura 1.2** se muestra la ubicación del Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

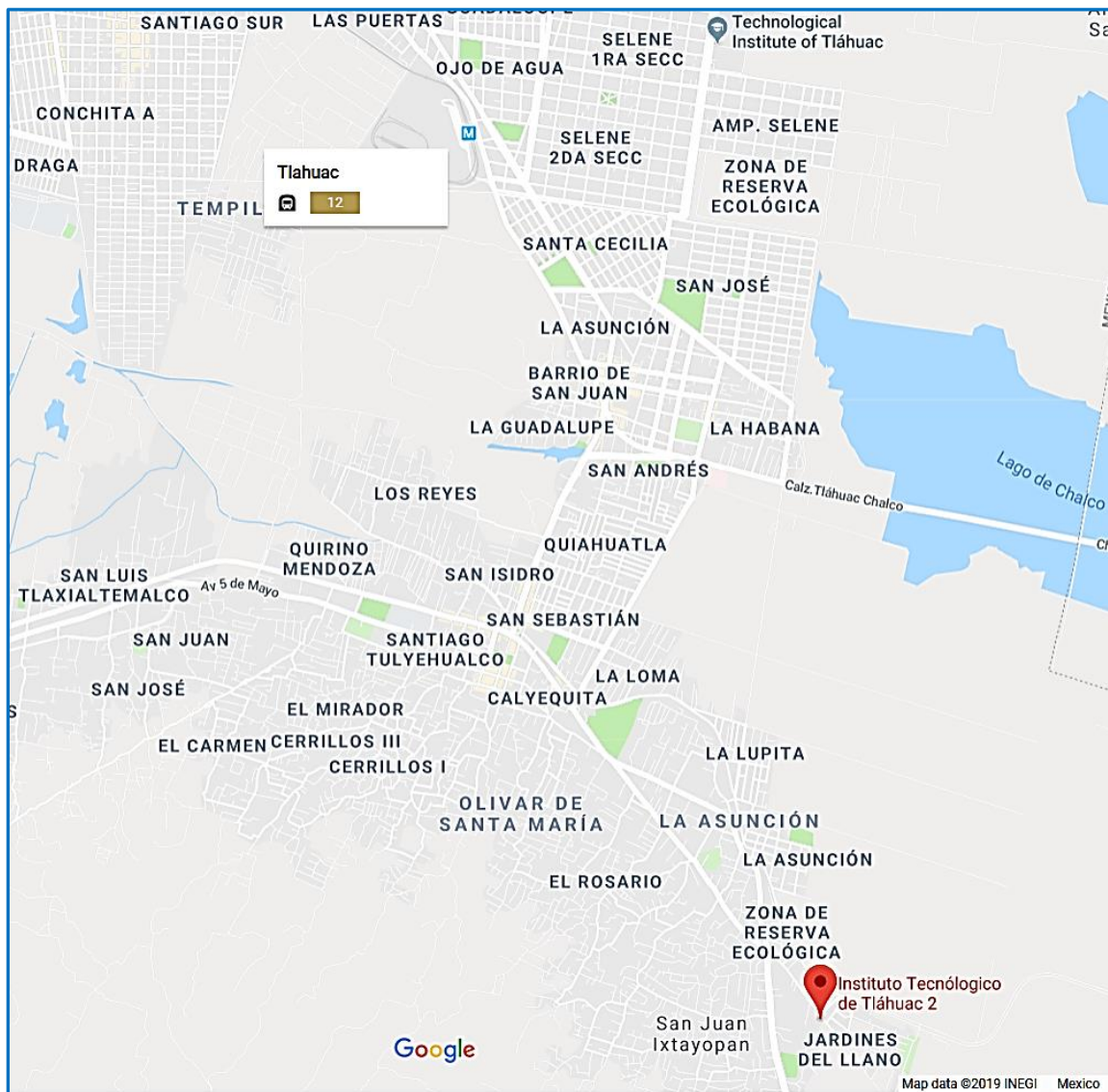


Figura 1. 2. Mapa de la ubicación geográfica del ITTII.

Fuente: google mapa, 29/9/2019

El ITTII tiene una superficie de 37,469.46 m², en la **Figura 1.3**, muestra la ubicación de la zona donde se encuentra el Instituto Tecnológico de Tláhuac II.



Figura 1. 3. Instituto Tecnológico de Tláhuac II.
Fuente: google mapa, 13/11/2019

El ITTII cuenta con una cancha cubierta y dos canchas multifuncionales con una superficie de 2.204.67 m², dos canchas de voleibol con una superficie de 938.37m², como se muestra en la **Figura 1.4.**



Figura 1. 4. Cancha cubierta y dos canchas multifuncionales.

Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019.

Varias plazas, andadores y frontón que ha dado al país en la participación a nivel mundial en la contribución de campeones y subcampeones y olímpicos a mano y trinquete, con una superficie de 9,040.21 m², área de jardines con una superficie de 12.464.00 m² como se muestran en la **Figura 1.5.**



Figura 1. 5. Plazas y frontón a la derecha de la imagen.

Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019.

El tecnológico cuenta con una área de gimnasio al aire libre, **Figura 1.6.**



Figura 1. 6. Gimnasio al aire libre.

Fuente: Imagen de Google, subido por Desarrollo académico del ITTII en Junio de 2017.

El tecnológico cuenta con dos estacionamientos con una superficie de 5.8916.00 m², ver **Figura 1.7.**



Figura 1. 7. Estacionamientos del ITTII.

Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019.

La edificación de ITTII cuenta con una superficie de 6.007.40m² de área, en la **Figura 1.8** se muestra en la parte superior izquierda el edificio donde está el centro de información (biblioteca), además de una área asignada de cubículos para los docentes, aulas, auditorio y talleres; al lado del edificio está el antiguo centro de información que es usado como espacio de múltiples actividades, a un costado la coordinación de actividades deportivas, y en frente del edificio, está la plaza cívica que es usado para los alumnos cuando concluyen su acto protocolario de titulación.



Figura 1. 8. La Imagen muestra el centro de información, actividades deportivas.
Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019.

En la **Figura 1.9**, se muestra el edificio principal del ITTII con una área de 938.35 m², donde se encuentran aulas, laboratorios de computo, laboratorio de física, laboratorio de química, centro de idiomas y las áreas administrativas.



Figura 1. 9. Edificio principal del ITTII.

Fuente: Imagen tomada de Google subida por Desarrollo académico del ITTII en Junio de 2017.

Una caseta de vigilancia con una área de 10.50 m², ubicada entre la entrada principal peatonal y la entrada vehicular, **Figura 1.10.** (ITTII, 2012)



Figura 1. 10. Caseta de acceso principal al ITTII.

Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019

En la **Figura 1.11**, se muestra cuatro módulos de aulas prefabricadas con un total de diez salones.



Figura 1. 11. Aulas prefabricadas.

Fuente: Imagen tomada de Facebook del ITT II del video de su 10 aniversario del tecnológico 2019.

Capítulo 2.

Problemática de Inseguridad en la Ciudad de México (CDMX) y Estado de México.

2.1 Problemática de inseguridad

La Ciudad de México (CDMX) como el Estado de México presenta el problema de la inseguridad, cada día se ve reflejado en las diferentes alcaldías de la CDMX, como en los municipios del Estado de México. La inseguridad está presente en el robo a casas habitación, robo de vehículos automotor, robo a transportistas, en los medios de transporte como es el Metro, el microbús, el metrobús, el trolebús, el tren ligero, y otros medios de transporte.

2.2 Inseguridad en el Estado de México.

En los diferentes medios descritos se han encontrado reportes de inseguridad que se presentan en el Estado de México, como es el caso del periódico Excélsior que realizó la investigación de la delincuencia que se presenta en los municipios de Chalco y Valle de Chalco.

En el Estado de México, se realizó un operativo en 28 colonias que fueron consideradas como narcomenudeo y problemas delictivos en los municipios de Chalco y Valle de Chalco. Fueron detenidos 64 presuntos delincuentes, de los cuales tres contaban con órdenes de aprehensión por homicidio doloso, violación y robo con violencia y el resto por flagrancia por probable participación en delitos contra la salud, robo con violencia, encubrimiento, portación de arma prohibida, usurpación de funciones y simulación de

vehículo oficial, contrabando y cohecho, entre otros. Esto muestra el problema que se presenta en el Estado de México (Ramírez, 2017).

2.2.1 Inseguridad en la Ciudad de México.

No solamente el problema delictivo se observa en el Estado de México, también se ha extendido en la CDMX. El medio de comunicación escrita reporta los incidentes encontrados en las diferentes alcaldías como se comenta en el periódico Animal Político que realizó la siguiente investigación:

Las denuncias por robo en la CDMX llegan al nivel más alto en 5 años; atracos en el Metro y en los bancos se duplicaron en 2017, Redacción Animal Político [CDMEX]. En la Ciudad de México del mes de enero a marzo del 2017, la denuncia de robos fue la de mayor registrada en los últimos cinco años. Fueron casi 23 mil 400 asaltos de todo tipo denunciados, un promedio de 260 robos diariamente.

Desde el mes de enero a marzo del 2016, los asaltos en la CDMX se incrementaron en un 27%, el cual fue de cinco mil robos. Por lo cual el incremento de robos es notable con relación al año pasado en la CDMX que fueron denunciados, el 95% de asaltos no son reportados, esto es reportado por el INEGI, como se muestra en la **Grafica 2.1**.

El problema de la delincuencia afecta en otras alcaldías y se encuentra por encima de la tasa nacional, las alcaldías son: Coyoacán con 273 casos por cada cien mil habitantes; Iztacalco con 249; Iztapalapa con 215; Álvaro Obregón con 206; Gustavo A. Madero con 195; Tlalpan con 180, y Xochimilco con 146 robos (Angel, 2017).

Las denuncias por robo, **en su nivel más alto** en cinco años en la CDMX

Datos del **primer trimestre** de cada uno de los años

PERIODO	2013	2014	2015	2016	2017
CASOS	20,083	20,778	18,996	18,350	23,394

+24.7%

Las **denuncias por robo** con mayor incremento en la Ciudad de México

DENUNCIAS POR ROBO:	2016*	2017*
A pasajero del Metro	102	279
A bancos	7	14
En tren ligero, RTP, trolebus	162	242
En Metrobús	44	58
A transeuntes con violencia	3,149	4,022
A casa habitación sin violencia	1,309	1,466

(*) Primer trimestre

Fuente: Carpetas de investigación por robos.
Procuraduría General de Justicia de la CDMX

www.animalpolitico.com



Grafica 2. 1. Denuncias por robos años 2016 y 2017.

Fuente: Gráfico: Omar Bobadilla (@obobadilla).

Boletín del gobierno de la Ciudad de México.

Los datos son del año de 2018 sobre la delincuencia en la CDMX, se muestra en el boletín publicado anual por el gobierno de la Ciudad de México. La información es tomada del boletín estadístico de la incidencia delictiva enfocada al problema de movilidad en la Ciudad de México de enero a diciembre de 2018, de la carpeta de investigación sección 1. Indagatorias iniciadas en la Agencias del Ministerio Público (M.P.) apartados b) de delito del Fuero Común en la CDMX, apartado b.2) por delito de alto impacto social que se desprende a b.1) Carpeta de investigación iniciada por delitos de alto impacto social en la CDMX, con las gravedades del Sistema Penal Acusatoria Vigente, en los extras de los apartados que hacen referencia a la inseguridad de delitos contra el patrimonio, donde se resaltan los puntos: robo a transeúnte en la vía pública con violencia, robo a pasajeros en transporte público individual con violencia, robo a pasajeros en transporte público colectivo con violencia, al interior del Metro con violencia y a bordo de microbús con violencia.

Como se observa en la **Tabla 2.1** el total en el mes de noviembre del 2018 es de 16,736 delitos contra el patrimonio dando un promedio diario de 45.9 robos. El robo a transeúntes y pasajeros de transporte colectivo, son los delitos que se presentan diariamente.

b.1) Carpetas de investigación iniciadas por delitos de ALTO IMPACTO SOCIAL EN LA CDMX ³ , con las gravedades del Sistema Penal Acusatorio Vigente ^{**}	NOVIEMBRE 2018	
	Total en el mes	Promedio Diario
	16736	45.9
- DELITOS CONTRA PATRIMONIO -		
ROBO A TRANSEÚNTE EN LA VÍA PÚBLICA CON VIOLENCIA	8,351	22.9
ROBO A PASAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL CON VIOLENCIA ⁷	185	0.5
ROBO A PASAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO CON VIOLENCIA ⁸	702	1.9
<i>- al Interior del metro con violencia</i>	105	0.3
<i>- a bordo de microbús con violencia</i>	597	1.6
ROBO A NEGOCIO, INSITUCIONES PRIVADAS e INSTITUCIONES PÚBLICAS CON VIOLENCIA ⁹	3,016	8.3
Otros robos con violencia de alto impacto contra el patrimonio ¹⁰	1,890	5.2
<i>- a cuentahabiente saliendo de cajero o sucursal bancaria con violencia</i>	335	0.9
<i>- a repartidor con violencia</i>	1,555	4.3

Tabla 2. 1. Carpeta de investigación iniciada por delitos de alto impacto social en la CDMX.
Fuente: Gobierno de la CDMX, Procuraduría General de Justicia de la CMX, 2019.

La **Tabla 2.2**, muestra las carpetas de investigación iniciadas por lugar de hechos del delito en el mes de enero - diciembre 2018 por alcaldías (Justicia, 2019).

Delegación de los hechos	No. de indagatorias iniciadas	Concentración de delitos de:		
		por delitos del fuero común	Alto Impacto ¹	Bajo Impacto ¹
ALVARO OBREGON	15,501		10.2%	89.8%
AZCAPOTZALCO	11,662		13.0%	87.0%
BENITO JUAREZ	21,391		6.7%	93.3%
COYOACAN	15,823		8.9%	91.1%
CUAJIMALPA	3,266		6.9%	93.1%
CUAUHTEMOC	37,789		10.0%	90.0%
GUSTAVO A. MADERO	23,621		17.3%	82.7%
IZTACALCO	10,314		11.9%	88.1%
IZTAPALAPA	34,732		19.7%	80.3%
MAGDALENA CONTRERAS	3,409		8.5%	91.5%
MIGUEL HIDALGO	15,672		11.6%	88.4%
MILPA ALTA	1,697		10.8%	89.2%
TLAHUAC	5,629		17.7%	82.3%
TLALPAN	13,476		10.4%	89.6%
VENUSTIANO CARRANZA	13,626		12.2%	87.8%
XOCHIMILCO	7,227		20.1%	79.9%
SIN UBICAR ²	877		0.0%	100.0%
CIUDAD DE MÉXICO	235,712		12.7%	87.3%

Tabla 2. 2. Carpetas de investigación iniciadas por lugar de hechos del delito en el mes de enero - diciembre 2018.

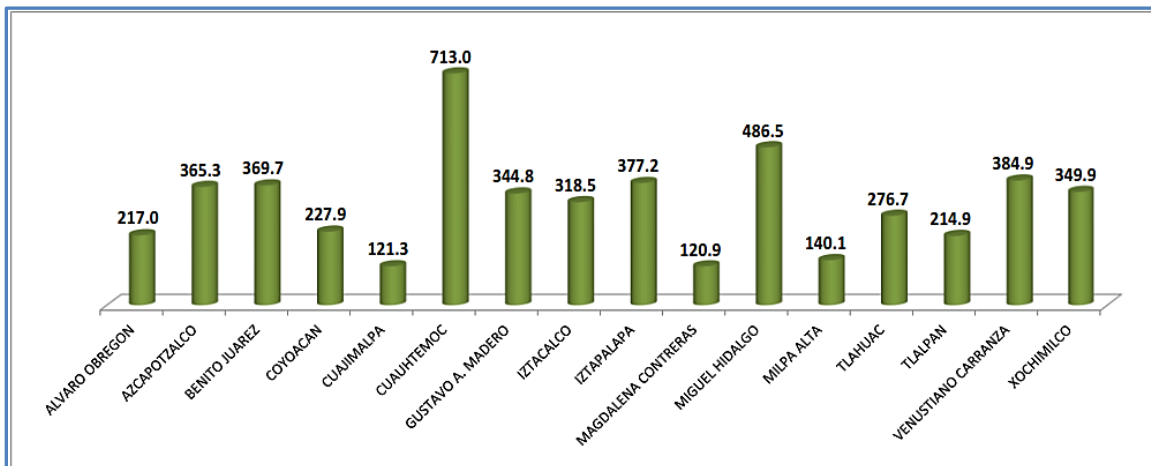
Fuente: Elaboración por la PGJDF-DGPEC con base en la información del Sistema SIAP

1) Establecidos por el Gabinete de Seguridad de la CDMX.

2) Se refieren aquellas indagatorias donde no se precisa con exactitud la delegación donde ocurrió el delito, por lo regular son las notificaciones hospitalarias

Fuente: Gobierno de la CDMX, Procuraduría General de Justicia de la CMX, 2019

La **Grafica 2.2** muestra la tasa delictiva de delitos de alto impacto por cada 100 mil habitantes en la Ciudad de México (por alcaldías) Periodo: enero - diciembre 2018



Grafica 2. 2. Tasa delictiva de delitos de alto impacto, Fuente: Gobierno de la CDMX, Procuraduría General de Justicia de la CMX, 2019.

Fuente: Elaboración por la PGJDF-DGPEC con base en la información del Sistema SIAP y la población del Censo de Población y Vivienda 2010 – INEGI.

2.2.2 Condiciones de movilidad de la comunidad del ITTII

La inseguridad en la movilidad en la CDMX es afectada por la delincuencia en todas las alcaldías en diferentes proporciones. En la **Tabla 2.2** (página 23) se muestran los delitos del fuero común, con el porcentaje de alto impacto y bajo impacto del mes de enero – diciembre 2018, donde la alcaldía de Tláhuac cuenta con 5,629 de indagatorias iniciales por delito del fuero común, teniendo 17.7% de alto impacto y 82.3% de bajo impacto, la Alcaldía de Milpa Alta cuenta con 1,697 de indagatorias iniciales por delito del fuero común, teniendo 10.8% de alto impacto y 89.3% de bajo impacto, la Alcaldía de Xochimilco cuenta con 7,227 de indagatorias iniciales por delito del fuero común, teniendo 20.1% de alto impacto y 79.9% de bajo impacto y la Alcaldía de Iztapalapa cuenta con 34,732 de indagatorias iniciales por delito del fuero común, teniendo 19.7% de alto impacto y 80.3% de bajo impacto, estas alcaldías son donde se encuentra la población estudiantil

del ITTII, es evidente que la comunidad tecnológica es afectada directamente e indirectamente por estar expuesta a la inseguridad que se presenta en la CDMX como en el Estado de México.

2.3 Planteamiento general del problema

En el año 2017 se presentaron los países más peligrosos del mundo como se muestra en la **Figura 2.1**, esto fueron clasificados por el gobierno de España del ministro de asuntos exteriores, Unión Europea y cooperación por Rango de máximo peligro, zonas a evitar y precaución.

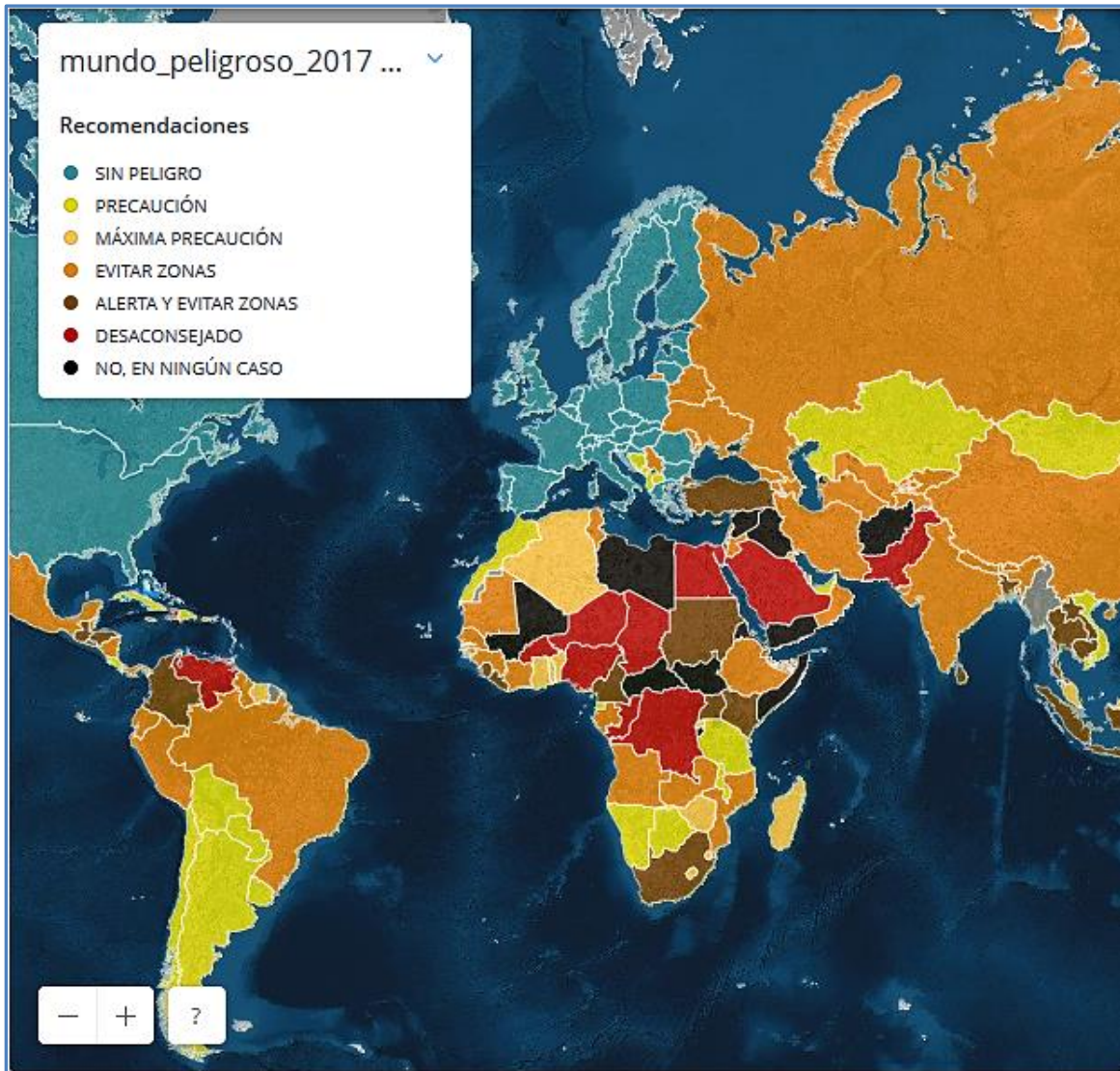


Figura 2. 1. Mapa de los países más peligrosos del mundo en 2017.
Fuente: Gráfico: Luís Cano, (Cano, 2018).

Rango de máximo peligro

Se considera el 12% de los países del mundo y están representados por el color negro, además son considerados como un nivel crítico en la peligrosidad por los conflictos bélicos o por tener un ambiente de inestabilidad como son Burundi, Eritrea y Papúa Nueva

Guinea, Afganistán, Irak, Libia, Malí, República Centroafricana, Siria, Somalia, Sudán del Sur y Yemen, consideran no aptos para viajar.

Los de color rojo se aconseja no ir o que sea por extrema necesidad, Venezuela, Haití, Egipto, Níger, Chad, Arabia Saudí, Corea del Norte y Pakistán son considerados como países de inestabilidad y violencia, el cual es considerado como un riesgo para viajar. Los países Guinea-Bissau, Liberia y Sierra Leona la tensión han disminuido pero también son considerados como un riesgo para viajar.

Son zonas a evitar

Se considera el 39% de los países del mundo y están representados por el color marrón, son considerados como de extrema precaución y no ir a determinadas zonas como son los países de Ucrania, Túnez, Senegal, Etiopía y Argelia, además de disminuir su peligrosidad en ciertas zonas como es Venezuela, Turquía, por ataques terroristas y la inestabilidad en su frontera con Siria; Palestina con la infranqueable Franja de Gaza, Colombia, Honduras, Guatemala, El Salvador, Tailandia, Filipinas, Indonesia, Bangladesh y Sudáfrica.

De color naranja son de considerados como de criminalidad en determinadas áreas, son reportados en los países de Iberoamérica como Brasil, México, Perú y Ecuador, algunos países europeos: Serbia, Chipre, Armenia y Georgia.

Precaución

Se considera el 28% de los países del mundo y están representados por el color ámbar, es recomendado tener extremar la precaución durante el viaje, debido a la

criminalidad. La lista está formada por Togo o Ghana, Trinidad y Tobago, Malasia, Argelia y Guinea, que aumenta su nivel de riesgo.

Finalmente, el color amarillo que también se recomienda viajar con precaución, estos países tiene un alto índice de delincuencia pero es considerado como no alarmante y los países como Marruecos o Guinea Ecuatorial, Chile, Argentina, Uruguay, Bolivia, Cuba, República Dominicana y Costa Rica (Cano, 2018).

El problema de la inseguridad que se presenta a nivel mundial, México está siendo parte de la inseguridad globalizada que se refleja principalmente del crimen organizado que tiene diferentes vertientes como es el secuestro, la corrupción, el comportamiento antisocial, el transporte, la crisis, el comercio, la violación, el robo con violencia, homicidios, extorsión telefónica, por mencionar algunos.

En el año de 2007 el índice de violencia en homicidios aumento el 37 por ciento, que fue en el primer año del sexenio del 2006 al 2012, que inicio una lucha principalmente en los Nuevo León, Tijuana, Michoacán y Guerrero (Gómez-Merelo, s.f.).

México es considerado en Latinoamérica como el segundo país más violento.

La creciente violencia y los altos índices de homicidios, secuestros y extorsiones en el Estado de México, principalmente en las zonas conurbanas con la CDMX, se refleja también en un aumento de delitos y crímenes en la Ciudad de México (Gómez-Merelo, s.f.)

A pesar del clima de inseguridad que se presenta en México, Manuel Sánchez Gómez-Merelo, del Foro de Seguridad, Foro de Profesionales Latinoamericanos de Seguridad comenta lo siguiente:

En cualquier caso, las oportunidades en México hoy son más importantes que la inseguridad pero, si todos estos cambios no se realizan en un corto y medio plazo, está garantizada la recreación de movimientos sociales fuera del sistema, incluso con radicalización de sus componentes.

En definitiva, aunque todos los datos indican que México se encuentra en un estado de grave inseguridad y alarma social y con tendencia hacia un Estado Fallido, con voluntad política y rigurosos proyectos basados en la Seguridad Ciudadana y Nacional, el país está más que capacitado para presentar, sin duda, un futuro inmediato muy positivo y esperanzador. (Gómez-Merelo, s.f.).

2.4 Objetivo general

Establecer la factibilidad técnica para un sistema de transporte escolar, que ayude a reducir el problema de inseguridad en el transporte usado por la comunidad del ITTI, diseñando una red de transporte.

2.5 Objetivos particular

Proponer una alternativa de solución para la inseguridad que presenta la comunidad estudiantil en el transporte.

Identificar la ubicación de la demanda.

Diseñar las rutas para la satisfacción de la demanda.

Proponer una alternativa de ubicación de las paradas para el ascenso de los alumnos.

Definir la capacidad y el tipo de vehículos a utilizar.

Proponer alternativas para facilitar la gestión de recursos.

2.6 Justificación

Dada la problemática que existe de inseguridad en la CDMX como sus alrededores, la comunidad estudiantil del ITTII se ve afectada durante el trayecto a la institución, ante el problema de inseguridad que se vive, se propone una alternativa de solución que consiste en diseñar una red de transporte escolar, para disminuir los riesgos que se presentan al trasladarse por los diferentes medios colectivos de transporte.

Capítulo 3.

Marco teórico

En la tesis se busca tener el valor de los recorridos mínimos basados en la búsqueda de las rutas que sea óptimas utilizando algoritmos como son: el algoritmo de Traveling Salesman Problem (TSP), el algoritmos de Warshall (Roy-Warshall), y el algoritmos de Dijkstra, que permiten encontrar los valores de las rutas mínimas de los nodos de un grafo conexo compuesto por arcos dirigidos, no dirigidos o mixtos.

3.1 Problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem (TSP)).

El algoritmo del agente viajero consiste en visitar k ciudades con la finalidad de recorrerlas solo una vez, no importa con cual se comience, pero tiene que regresar al origen de su partida.

Sea un conjunto finito de k ciudades $V = \{1, 2, 3, \dots, k\}$, las ciudades están unidas por un conjunto de caminos.

Sea el camino (i, j) que pertenece a E . Las ciudades pueden estar comunicadas o no entre sí, c_{ij} define la distancia entre las ciudades. La distancia que puede tomar c_{ij} no necesariamente es igual a c_{ji} , se define una variable X_{ij} el cual indica que fue utilizado el recorrido por el arco de la ciudad i a la ciudad j . La finalidad del algoritmo es encontrar una ruta que pasa una sola vez por cada ciudad k que minimice el costo del recorrido.

$$\min \left\{ z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \right\}$$

Sujeto a las restricciones

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1 \dots n$$

Además de asegurar de que llegue a cada ciudad una sola vez (Erika Gineth Espinosa Téllez, 2016).

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1 \dots n$$

Algoritmo base

El Problema del Agente Viajero (TSP), es considerado como un conjunto de grafos cuyas aristas son los posibles caminos que puede seguir la entidad para visitar todos los nodos (Öncan, 2009), y cuyo algoritmo se puede representar de la siguiente manera:

Algoritmo en pseudocódigo

Definir el número de nodos, su posición y el costo por cada arista (i, j) donde i = ciudad 1 y j = ciudad 2

Elegir el nodo inicial i

Hacer

 Si el nodo más cercano no se ha visitado

 Visitar nodo j

 Actualizar lista de nodos visitados

 Costo_total = costo_total + costo_{ij}

 Nodo i = nodo j

Hasta haber visitado todos los nodos (Fuentes, 2009)

Ejemplo del problema del agente viajero

Se tiene un conjunto de ciudades como las distancias entre ellas, se observa en la **Figura 3.1**, se desea obtener el camino mínimo usando el algoritmo TSP, el cual inicia y

termina la llegada a la misma ciudad, recorriendo todas las ciudades y pasando solamente una sola vez por cada una.

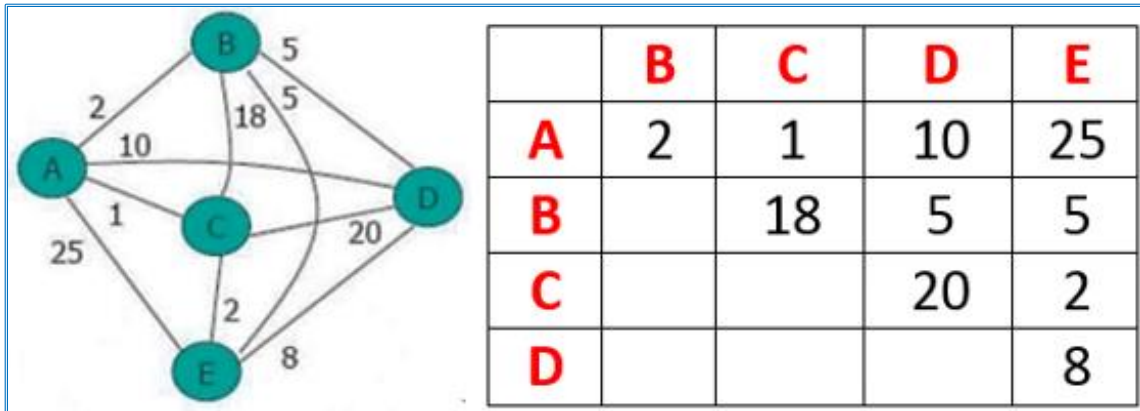


Figura 3. 1. Representación inicial de las ciudades a estudiar.
Fuente: (Fernández, 2018).

Iniciando por encontrar el camino mínimo de la ciudad A y las ciudades que son adyacentes. Observe la tabla de la **Figura 3.2**, se obtiene que el mínimo es de 1, corresponde a la ciudad C.

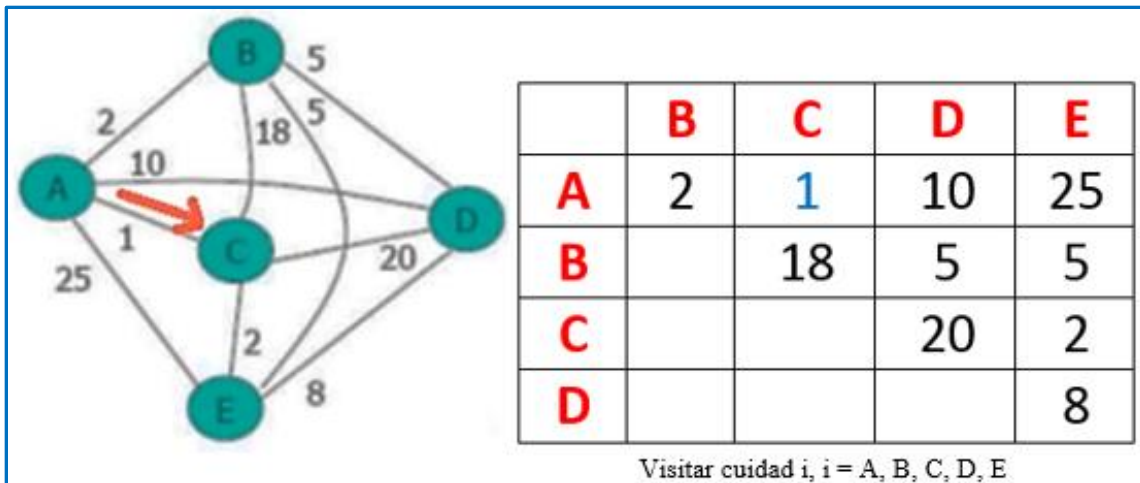


Figura 3. 2. Representación del mínimo de la ciudad A.
Fuente: (Fernández, 2018).

La ruta queda $i = \{A, C, A\}$ con un costo de $k=2$ y quedando por visitar $R_i = \{B, D, E\}$.

Estando en la ciudad C se elige la ruta más cercana desde allí, para este caso sería E mostrado en la **Figura 3.3**.

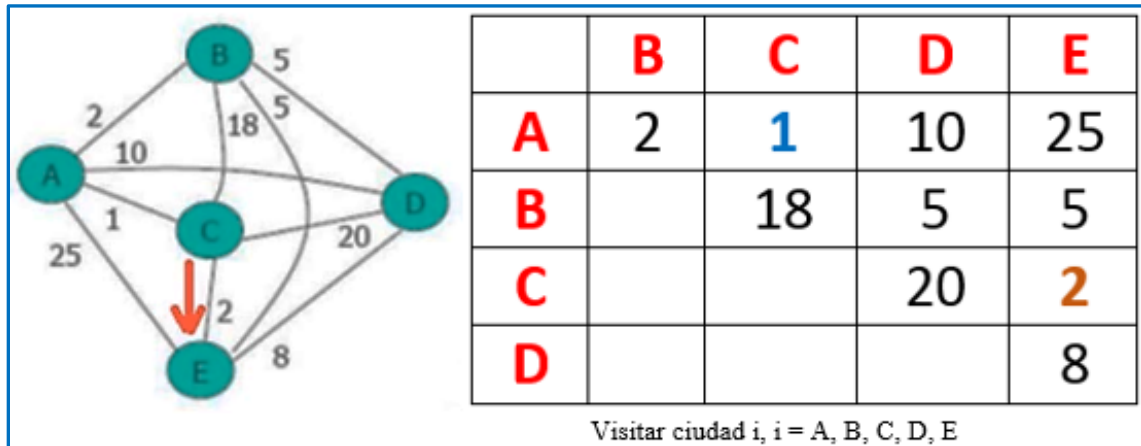


Figura 3.3. Representación de la ruta más cercana entre C y E.
Fuente: (Fernández, 2018).

Calculando la distancia.

$$AC = AE + EC - CA = 25 + 2 - 1 = 26$$

$$k = 2 + 26 = 28$$

$$i = \{A, C, E, A\} \quad R_i = \{B, D, \}$$

Estando en la ciudad E, se elige la ciudad más cercada a E, el cual es B, **Figura 3.4**.

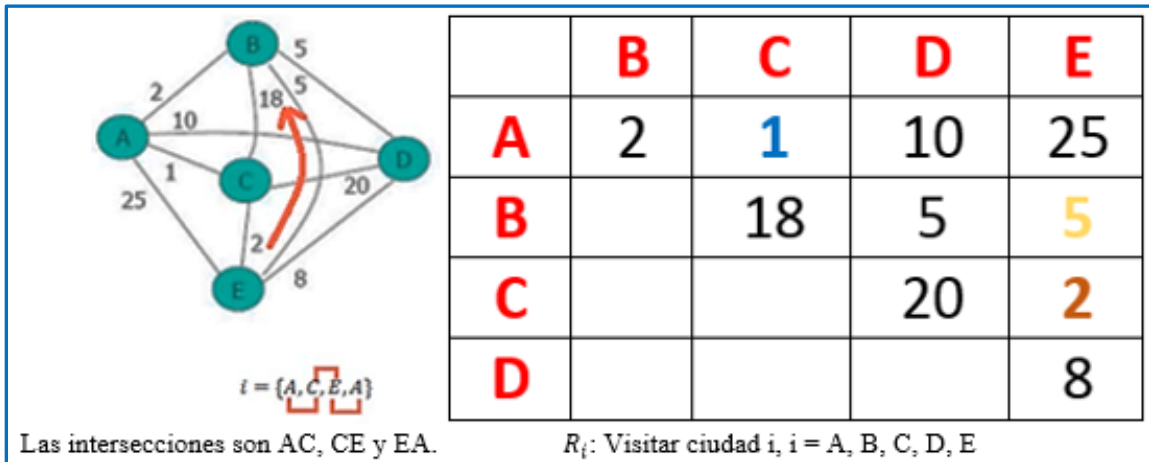


Figura 3. 4. Representación de la ruta más cercana entre C y E.
 Fuente: (Fernández, 2018).

Realizando el cálculo de la distancia marginal de las intersecciones colocando entre los vértices de la nueva ciudad visitada B. Como se muestra en la siguiente **Figura 3.5.**

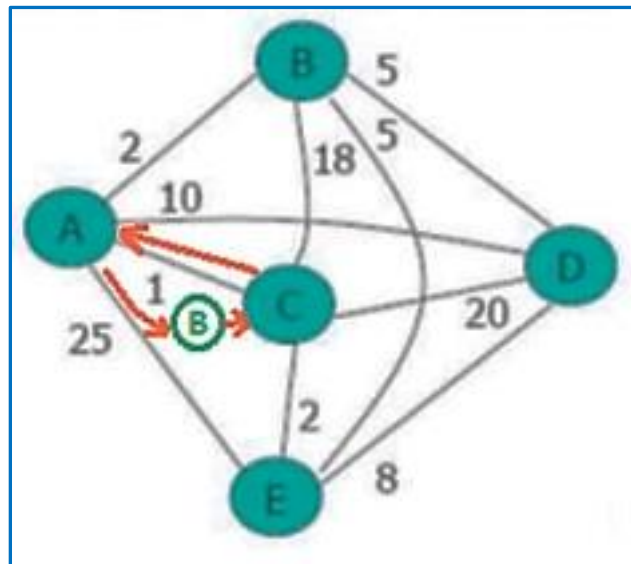


Figura 3. 5. Representación de la trayectoria para el cálculo de la distancia de la interacción.
 Fuente: (Fernández, 2013)

Del grafo de la **Figura 3.5**, se muestra cómo se realiza el cálculo del menor costo.

$$AC = AB + BC - CA = 2 + 18 - 1 = 19$$

$$CE = CB + BE - EC = 18 + 5 - 2 = 21$$

$$EA=AB+BE-EA = 2+5-25 = -18$$

Se elige el que da el menor costo, para este caso sería la intersección EA, como se muestra en la **Figura 3.6**, quedando lo siguientes valores:

$$i = [A, C, E, \mathbf{B}, A]$$

$$k = 28 + (-18) = 10$$

$$R_i = [D]$$

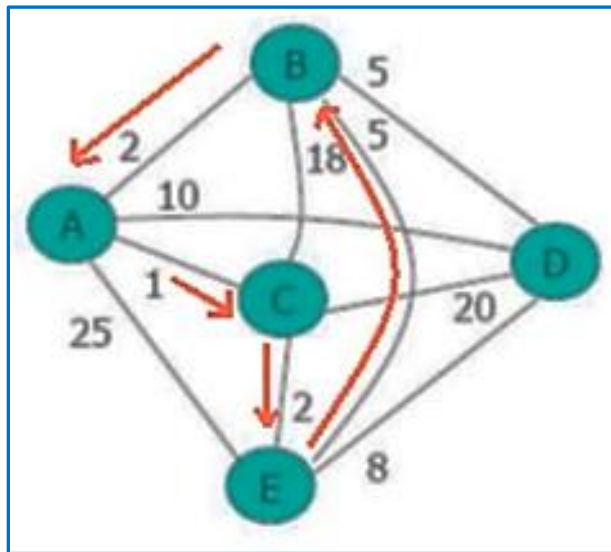


Figura 3. 6. Elección del menor costo entre los nodos [A, C, E, B, A].
Fuente: (Fernández, 2018).

Faltaría solo la ciudad D, por lo tanto se calcularía la Intersección con la distancia marginal menor.

$$AC= AD+DC-CA= 10+20-1=29$$

$$CE= CD+DE-EC= 20+8-2= 26$$

$$\mathbf{EB= ED+DB-BE= 8+5-5= 8}$$

$$BA= BD+DA-AB= 5+10-2= 13$$

Por tanto se selecciona la intersección EB con un costo de 8 que se muestra finalmente en la **Figura 3.7**, dando como resultado final:

$$i = \{A, C, E, D, B, A\}$$

$$k = 10 + 8 = 18$$

$$R_i = \{ \}$$

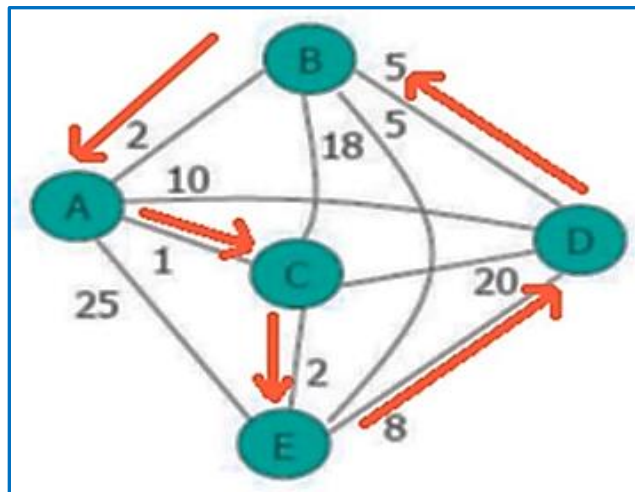


Figura 3. 7. Resultado de la ruta más costa entre los nodos [A, C, E, D, B, A].
Fuente: (Fernández, 2018).

3.2 Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall)

Kenneth H. Rosen. En su libro. Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall).
Matemáticas discretas y sus aplicaciones. Trata el tema sobre algoritmo Warshall:

El algoritmo de Warshall permite obtener el camino mínimo entre vértices, el proceso hace uso de una matriz que se apoya en los pesos mínimos de las aristas. Es decir que si tenemos un grafo con pesos mínimo, el algoritmo Warshall encontrará la matriz correspondiente.

Se define a R como una relación de un conjunto con n elementos. Los vértices v_1, v_2, \dots, v_n son una lista de n elementos en un orden arbitrario. El algoritmo Warshall usa los vértices interiores de un camino. Si $A, x_0, x_1, \dots, x_{m-1}, B$ es un camino, los vértices interiores son x_0, x_1, \dots, x_{m-1} . Por ejemplo, los vértices interiores de un camino a, c, d, f, g, h, b, j en un grafo dirigido son c, d, f, g, h y b . Los vértices interiores de a, c, d, a, f, b son c, d, a y f , son vértices que se necesitan para llegar de un punto a otro.

El algoritmo de Warshall se basa en la construcción de una sucesión de matrices booleanas.

Estas matrices son W_0, W_1, \dots, W_n , siendo $W_0 = M_g$ la matriz booleana de la relación, y $W_k = [W_{ij}^{(k)}]$ donde $w_{ij}^{(k)} = 1$ si existe un camino de v_i a v_j tal que todos los vértices interiores de este camino están en el conjunto $\{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ (los k primeros vértices de la lista) y 0 en caso contrario (el primer vértice y el último pueden no estar en el conjunto de los k primeros vértices de la lista). Téngase en cuenta que $W_n = M_R$ ya que el elemento en la posición (i, j) de la matriz M_R , es 1 si, y sólo si, existe un camino de v_i a v_j con todos sus vértices interiores en el conjunto $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ (pero éstos son los únicos vértices del grafo dirigido) (Rosen, 2004, p 469).

Algoritmo en pseudocódigo

Considerar $distancia[i]$ como la distancia más corta del vértice origen ingresado al vértice i .

método Dijkstra(Grafo, origen):

creamos una cola de prioridad Q

agregamos origen a la cola de prioridad Q

mientras Q no este vacío:

sacamos un elemento de la cola Q llamado u

si u ya fue visitado continuo sacando elementos de Q

Marcamos como visitado u

para cada vértice v adyacente a u en el Grafo:

sea w el peso entre vértices (u, v)

si v no ha sido visitado:

Relajacion (u, v, w)

método Relajacion(actual, adyacente, peso):

si $distancia[actual] + peso < distancia[adyacente]$

$distancia[adyacente] = distancia[actual] + peso$

agregamos adyacente a la cola de prioridad Q (Figuroa, 2012)

Ejemplo algoritmo de Dijkstra

Dado un grafo ponderado, se quiere encontrar el camino mínima entre dos vértices cualesquiera. Para eso se usa una tabla que considera las ponderaciones de las distancia que hay entre cada vértices, como se muestra en la siguiente **Figura 3.8**.

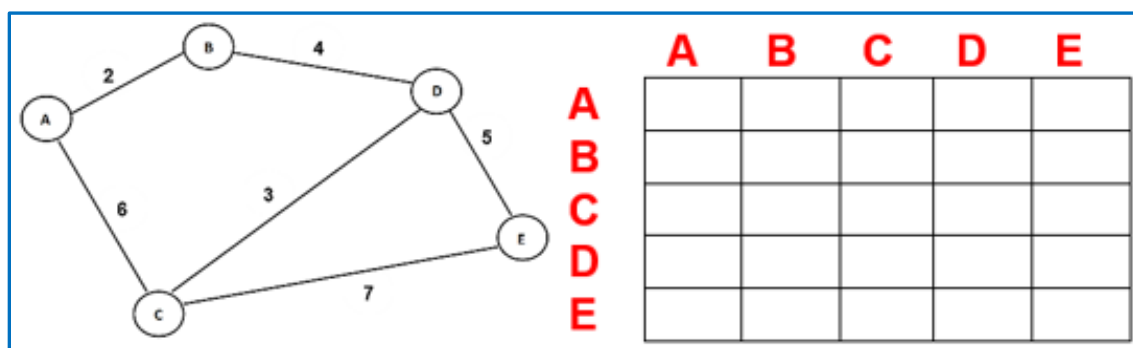


Figura 3. 8. Representacion grafica del minimo camino.

Fuente: Elaboración propia (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004).

Para llenar el primer renglon de la tabla, los valores son la suma de los pesos que tienen los vertices (representados por la columna de la tabla) que estan involucrados.

El peso para la columna 0 y renglón cero es 0, para el primer renglón y segunda columna su peso es de dos, para el primer renglón y tercera columna el resultado es la suma de los pesos de cada uno de ellos $0 + 6 = 6$, para el primer renglón y cuarta columna es $2 + 4 = 6$, etc, es mostrado en la **Figura 3.9**.

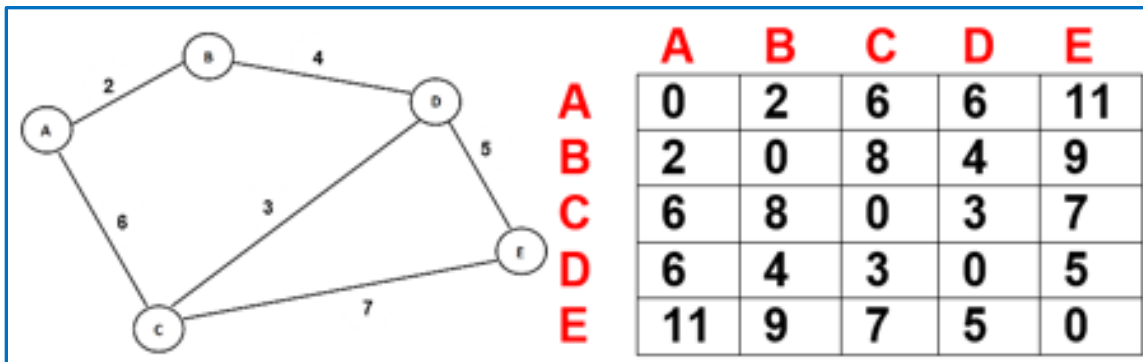


Figura 3.9. Representacion del los pesos del grafo en la tabla del minimo caminoio.
 Fuente: Elaboración propia (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004).

Con esto se obtiene el camino mínimo entre dos vértices cualesquiera. Si queremos ir del vértice A al E, observamos que el camino mínimo es 11, si se toma otro camino, este no sería el mínimo.

3.3.1 Algoritmo de Dijkstra

También llamado algoritmo de camino mínimo, este algoritmo permite determinar el camino más corto, dado un vértice de origen, hacia los demás vértices en un grafo que tiene pesos en cada arista.

Kenneth H. Rosen. (2004). Algoritmo de Dijkstra. Matemáticas discretas y sus aplicaciones. Muestra el algoritmo de Dijkstra.

Algoritmo en pseudocódigo

Procedimiento *Dijkstra* (G grafo ponderado simple y conexo, con todos los pesos positivos)

{ G tiene vértices $a = v_0, v_1, \dots, v_n = z$ y pesos $w(v_i, v_j)$.

donde $w(v_i, v_j) = \infty$ si $\{v_i, v_j\}$ no es una arista de G }

Para $i := 1$ **hasta** n

$L(v) := \infty$

$L(a) := 0$

$S := \emptyset$ {Los valores iniciales de las etiquetas se asignan de modo que la etiqueta de a es 0 y todas las demás etiquetas son ∞ y S es el conjunto vacío}

donde $z \notin S$

Comienza

$U :=$ vértice con $L(u)$ mínima entre los vértices que no están en S

$S := S \cup \{u\}$

Para todos los vértices v que no están en S

Si $L(u) + w(u, v) < L(v)$ **entonces**

$L(v) := L(u) + w(u, v)$ {Esto añade a S un vértice con etiqueta mínima y actualiza las etiquetas de los vértices que no están en S }

fin { $L(z) =$ longitud del camino más corto entre a y z } (Rosen, 2004, p (556-558))

Ejemplo algoritmo de Dijkstra

Se quiere la ruta más corta que va como punto de origen Cuemanco y como punto final a San Juan, como se muestra en la siguiente **Figura 3.10**.

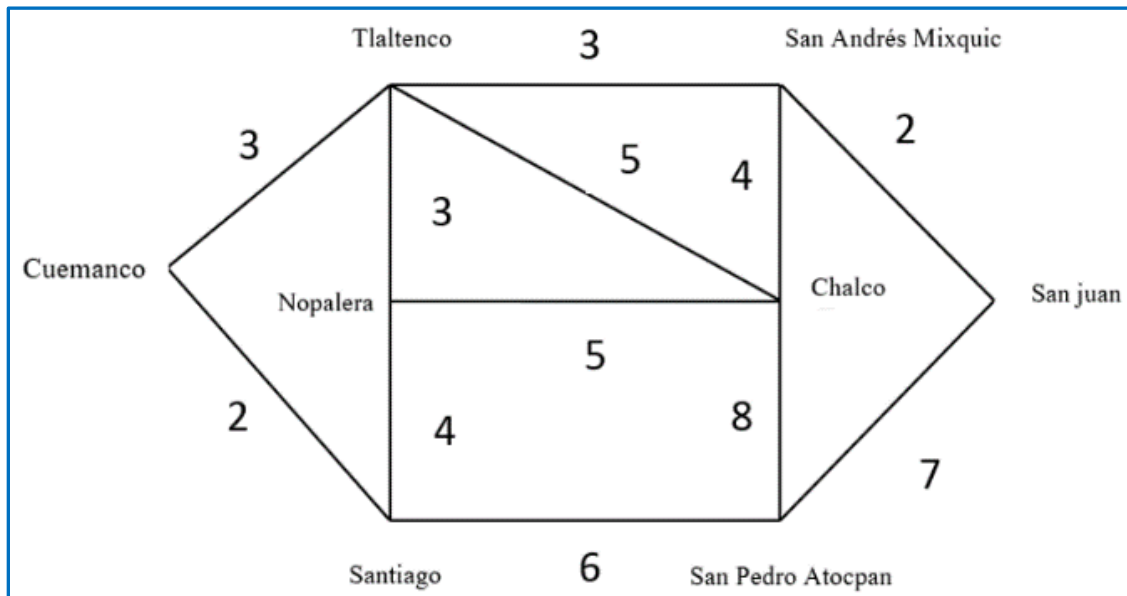


Figura 3. 10. Representación inicial del algoritmo Dijkstra.

Fuente: Elaboración propia (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004)

1.- Inicialización del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.

Se inicializa el algoritmo de la ruta más corta usando el algoritmo Dijkstra con el vértice llamado **Cuemanco**, el cual es encerrado en un círculo como el punto de partida, los demás vértices son etiquetados con el símbolo de infinito ∞ , como es mostrado en la siguiente **Figura 3.11**.

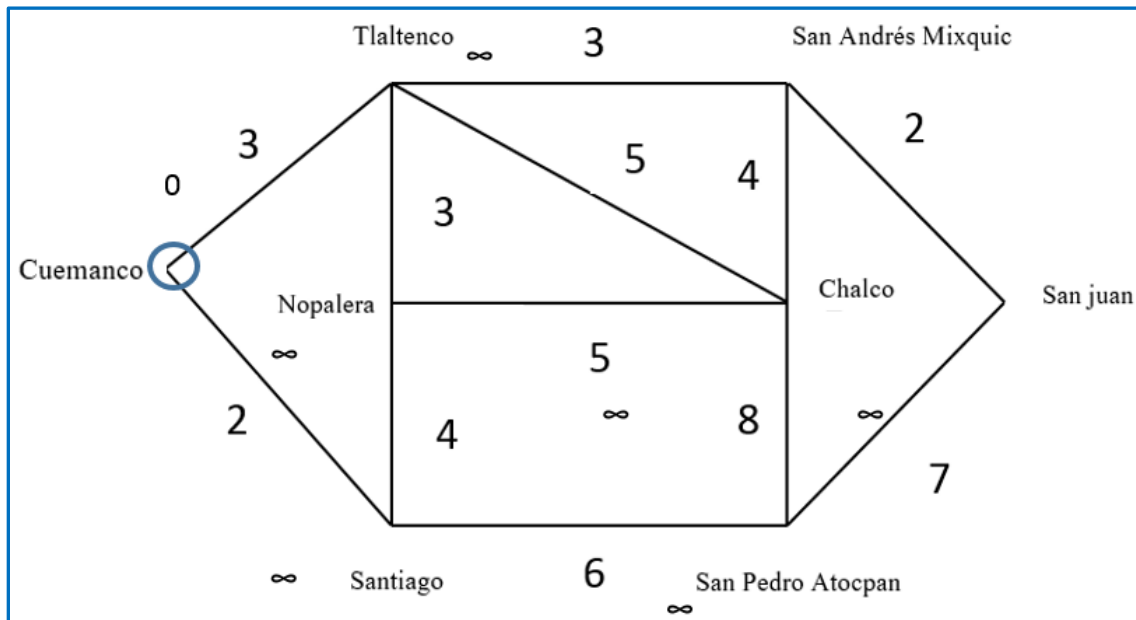


Figura 3. 11. Primera iteración del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.

Fuente: Elaboración propia con (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004)

2.- Se realiza la primera iteración del algoritmo para encontrar la ruta más corta usando el algoritmo de Dijkstra, entre el vertice de **Cuemanco** que está en cerrado con un círculo, y los vértices que no contienen círculo que son **Tlaltenco** y **Santiago**, son vértices adyacentes al vertice **Cuemanco**.

3.- Para calcula la ruta corta se usa la siguiente expresión.

$$L(\mathbf{Tlaltenco}) = \min \{ \infty, \mathbf{0} + \mathbf{3} \} = \mathbf{3}$$

$$L(\mathbf{Santiago}) = \min \{ \infty, \mathbf{0} + \mathbf{2} \} = \mathbf{2}$$

3.- El vertice Cuemanco es el vertice de origen, por lo cual es encerrado en un circulo.

4.- Se para el algoritmo hasta que este encierre en un circulo el vertice **San Juan** que es el destino.

5.- Como se observa, el vertice **San Juan** no esta encerrado en un circulo, por tal motivo se continúa eligiendo el siguiente vertice que esta unido a **Cuemanco**, los vertices son **Santiago** y **Tlaltenco**, el vertice a elegir debe ser el de menor ponderacion y encerrado en un circulo, el cual es **Santiago**, como se muestra en la **Figura 3.12**.

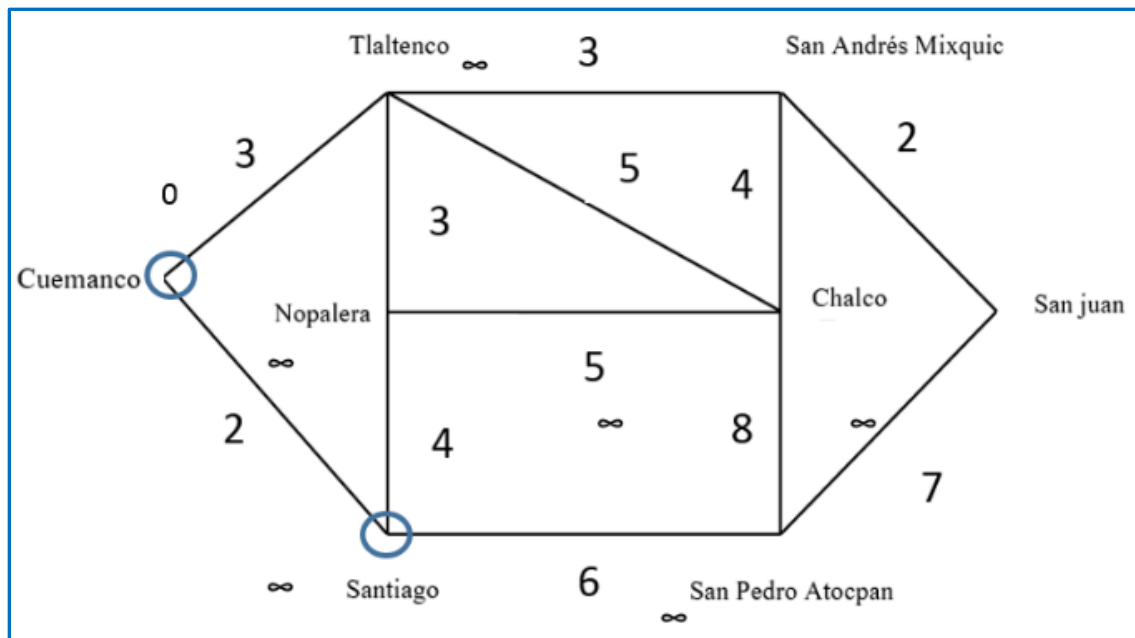


Figura 3. 12. Segunda iteración del algoritmo de la ruta más cortada de Dijkstra.
Fuente: Elaboración propia (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004).

Como los vértices *Nopalera* y *San Pedro Atocpan* no están encerrados en un círculo y además de ser adyacentes a *Santiago*.

Debe verificarse que la siguiente iteración del algoritmo produce las etiquetas dadas en la siguiente figura y que termina el algoritmo, *San Juan* tiene la etiqueta 8, lo que indica que la longitud de la ruta más corta de *Cuemanco* a *San Juan* es de 8. Se concluye que la

ruta más corta está dada por (**Cuemanco, Tlaltenco, San andres Mixqui, San Juan**). Ver

Figura 3.13.

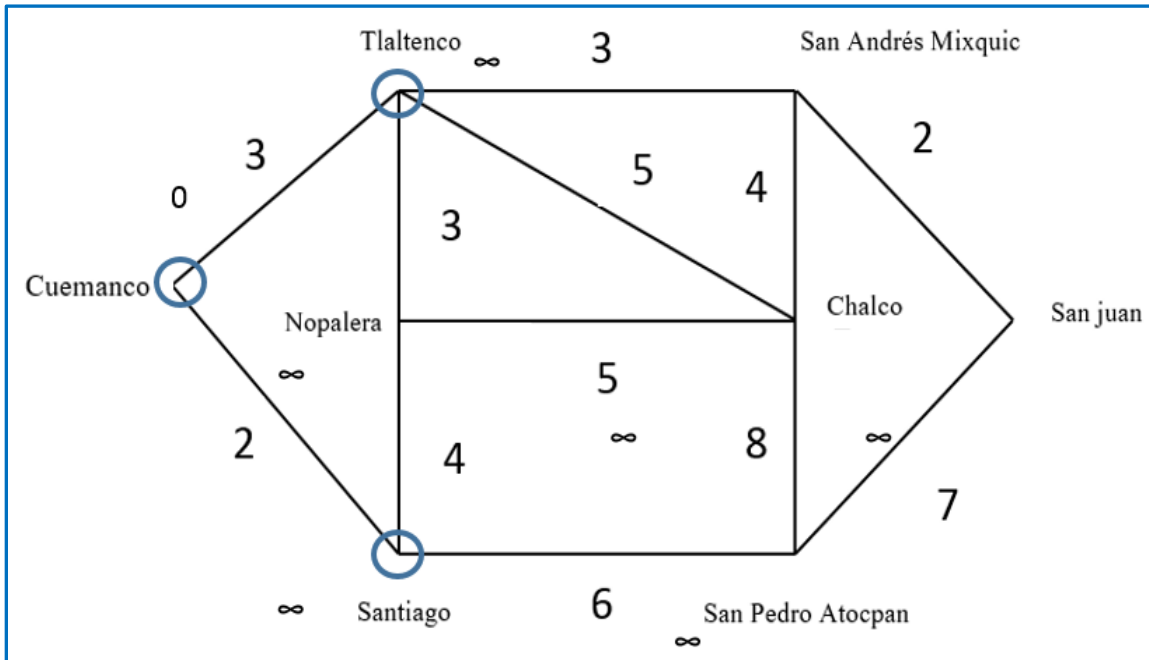


Figura 3. 13. La tercera iteración del algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra.
Fuente: Elaboración propia (Rosen, Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones, 2004).

3.4 Tecnología ArcGis

3.4.1 ArcGis

La tecnología ArcGis usa la referencia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es desarrollada por ESRI (Enviromental Systems Research Institute) desde hace más de 30 años.

ARCGIS es una tecnología para la elaboración de mapas, ARCGIS aprovecha la tecnología para hacer uso de la nube con la función de poder colaborar y compartir la información geográfica.

ArcGis permite hacer el análisis y el procesamiento de los datos espaciales para hacer un tratamiento de la información geográfica.

ArcGis cuenta con una gama de productos para el análisis, manipular, editar, administrar que permite distribuir la información geográfica, permitiendo: La creación de datos geográficos con una digitalización asistida, el poder dibujar y editar mapas creados, actualizar los datos en tiempo real de dispositivos móviles, concentrar datos de diferentes fuentes, el almacenamiento de información en una base de datos geográficos, operaciones y análisis especial, calcular redes y diseñar, la automatización de Geoprocesos y la creación de visualizaciones con propiedades espaciales de 2D y 3D (Bermejo, 2014).

3.4.2 ArcMap

ArcMap es la aplicación donde se visualiza y se explora los datasetSIG, donde se utiliza símbolos para diseñar mapas. Además ArcMap también es utilizado para la creación y edición. Los dataset ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas que utiliza los datos para la creación de estos.

3.4.3 Algoritmos Dijkstra en ArcMap

Los solucionadores de enrutamiento de la Extensión ArcGIS Network Analyst, en concreto los solucionadores Ruta, Instalación más cercana y Matriz de coste OD, se basan en el conocido algoritmo de Dijkstra para buscar las trayectorias más cortas. Cada uno de estos tres solucionadores implementa dos tipos de algoritmos de búsqueda de trayectorias. El primer tipo es la trayectoria exacta más corta y el segundo es un solucionador de trayectorias jerárquicas para un mejor rendimiento. El algoritmo de Dijkstra clásico

resuelve un problema de trayectoria más corta en un gráfico sin dirección, no negativo, ponderado. Para utilizarlo dentro del contexto de los datos de transporte del mundo real, este algoritmo se ha modificado para respetar configuraciones de usuario tales como restricciones unidireccionales, restricciones de giro, impedancia de confluencias, barreras y restricciones de lado de calle, mientras se minimiza un atributo de coste especificado por el usuario. (esri, ArcGis Desktop, 2019)

Ejemplo:

Se tiene un conjunto de alcaldías como se observa en la **Figura 3.14**, se desea obtener el camino mínimo usando el algoritmo TSP, el cual inicia y termina en la misma alcaldía, recorriendo todas las alcaldías y pasando solamente una sola vez por cada una de ellas.

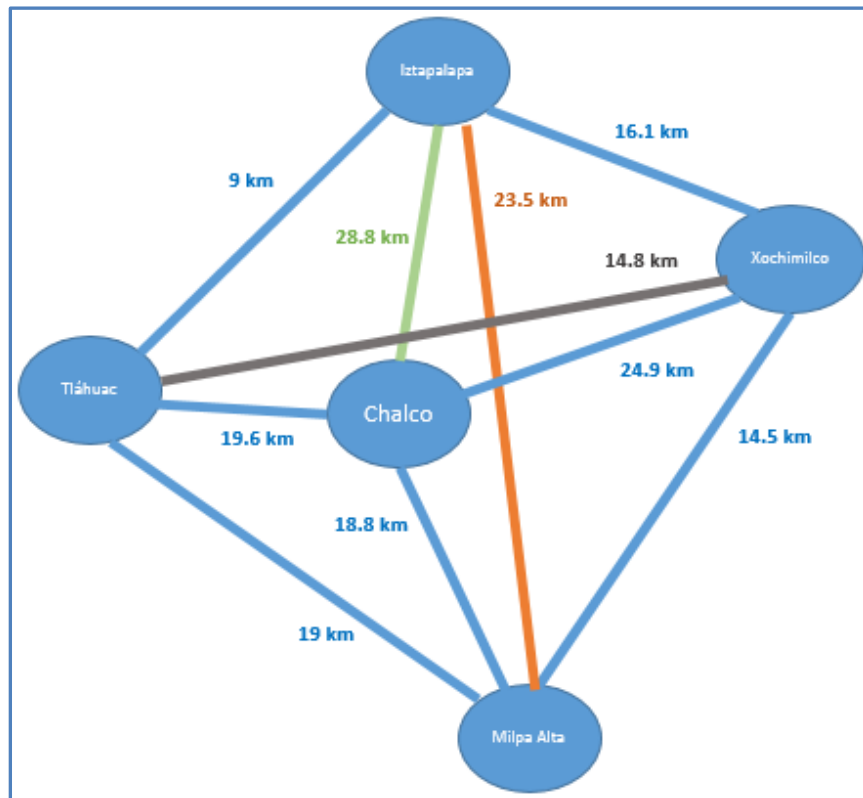


Figura 3. 14. Representación de las alcaldías.
Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018)

En la **Tabla 3.1** se muestra las distancias que hay entre cada alcaldía.

	Iztapalapa	Chalco	Xochimilco	Milpa Alta
Tláhuac	9 km	19.6 km	14.8 km	19 km
Iztapalapa		28.8 km	16.1 km	23.5 km
Chalco			24.9 km	18.8 km
Xochimilco				14.5 km

Tabla 3. 1. Distancias entre alcaldías.

Fuente: Elaboración propia.

Se inicia por buscar el camino mínimo de la alcaldía de Tláhuac con las alcaldías adyacentes. En la **Tabla 3.2** se muestra la distancia mínima encontrada entre el nodo de la alcaldía de Tláhuac y la alcaldía de Iztapalapa. En la **Figura 3.15**, se muestra el camino mínimo entre el nodo de la alcaldía de Tláhuac y el nodo de la alcaldía de Iztapalapa.

	Iztapalapa	Chalco	Xochimilco	Milpa Alta
Tláhuac	9 km	19.6 km	14.8 km	19 km
Iztapalapa		28.8 km	16.1 km	23.5 km
Chalco			24.9 km	18.8 km
Xochimilco				14.5 km

Tabla 3. 2. Distancia mínima entre las alcaldías de Tláhuac e Iztapalapa.
Fuente: Elaboración propia.

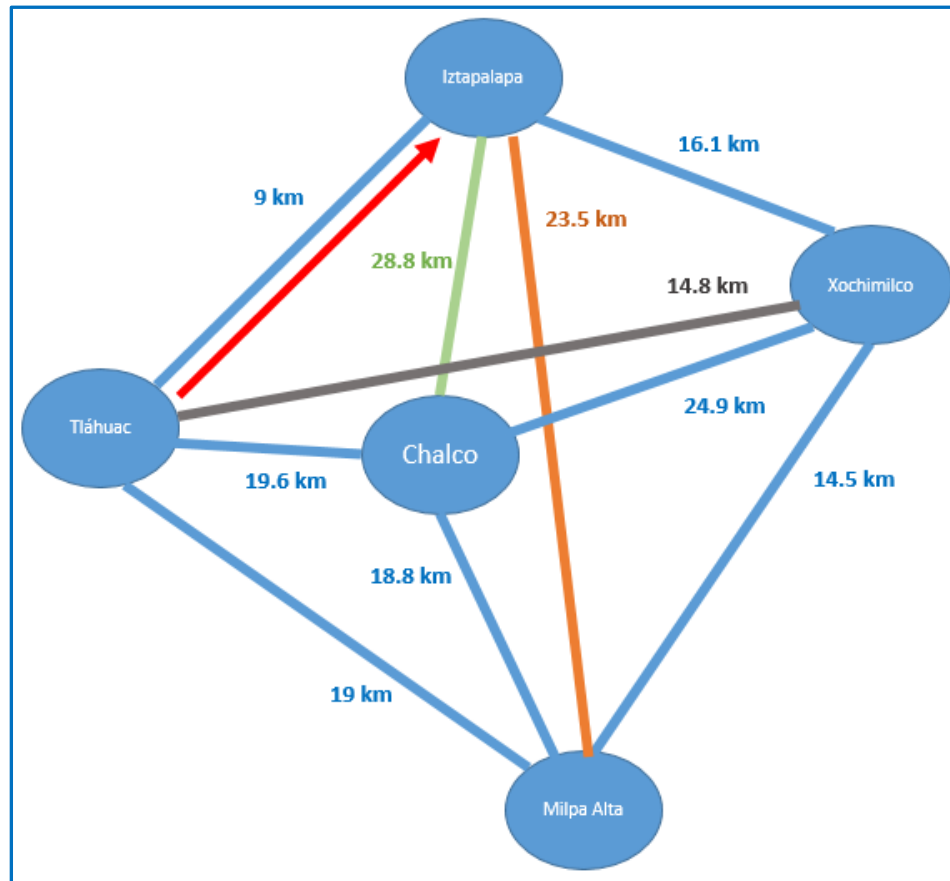


Figura 3. 15. Representación de la distancia mínima entre las alcaldías de Tláhuac e Iztapalapa.
Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018)

La ruta recorrida sería $i = \{Tláhuac, Iztapalapa, Tláhuac\}$, donde se regresa al punto de origen, con un costo de ida y vuelta de $k = 9 + 9 = 18$, quedando por visitar las alcaldías de $R_i = \{Xochimilco, Chalco, Milpa Alta\}$.

Estando en el nodo de la alcaldía de Iztapalapa, se elige la ruta más corta entre los nodos adyacente¹, el nodo con menor distancia es de 16.1 km (alcaldía de Xochimilco) como se muestra en la **Figura 3.16** y **Tabla 3.3** donde se muestra la distancia mínima.

	Iztapalapa	Chalco	Xochimilco	Milpa Alta
Tláhuac	9 km	19.6 km	14.8 km	19 km
Iztapalapa		28.8 km	16.1 km	23.5 km
Chalco			24.9 km	18.8 km
Xochimilco				14.5 km

Tabla 3. 3. Distancia mínima entre los nodos de las alcaldías de Xochimilco – Iztapalapa. Fuente: Elaboración propia.

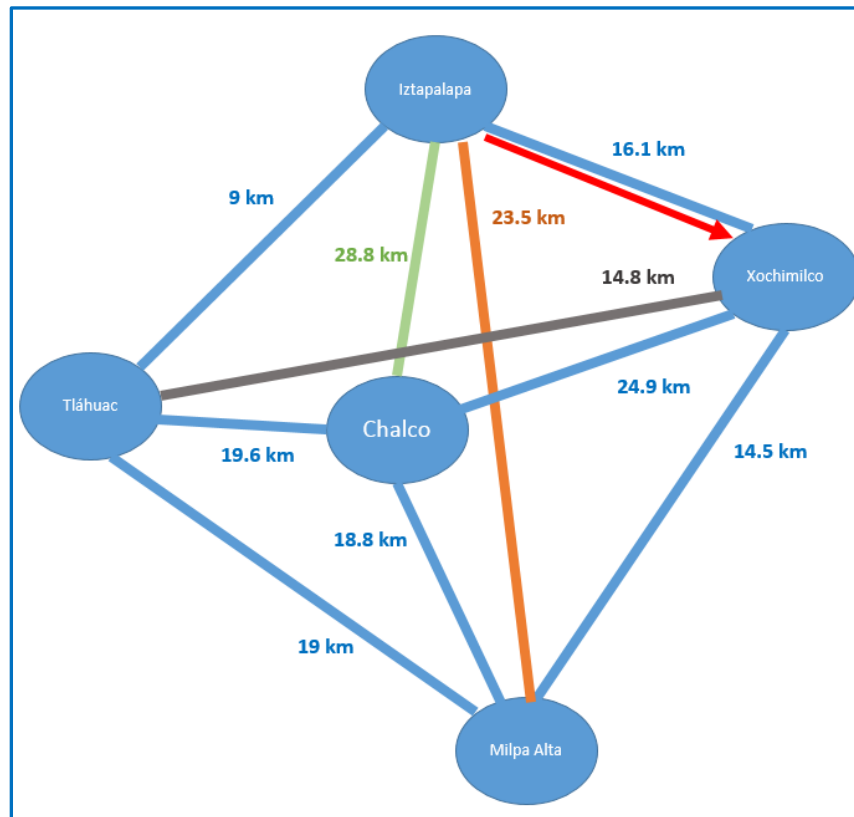


Figura 3. 16. Representación de la mínima distancia ente las alcaldías de Iztapalapa-Xochimilco. Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

¹ Se dice que dos nodos son adyacentes o vecinos si hay un arco que los conecta.

Encontrando las primeras alcaldías se calcula la distancia marginal, el resultado se sumara al recorrido del último nodo, como son dos alcaldía es independiente de donde se realice el retorno al punto de origen, el resultado no es afectado, **Figura 3.17**.

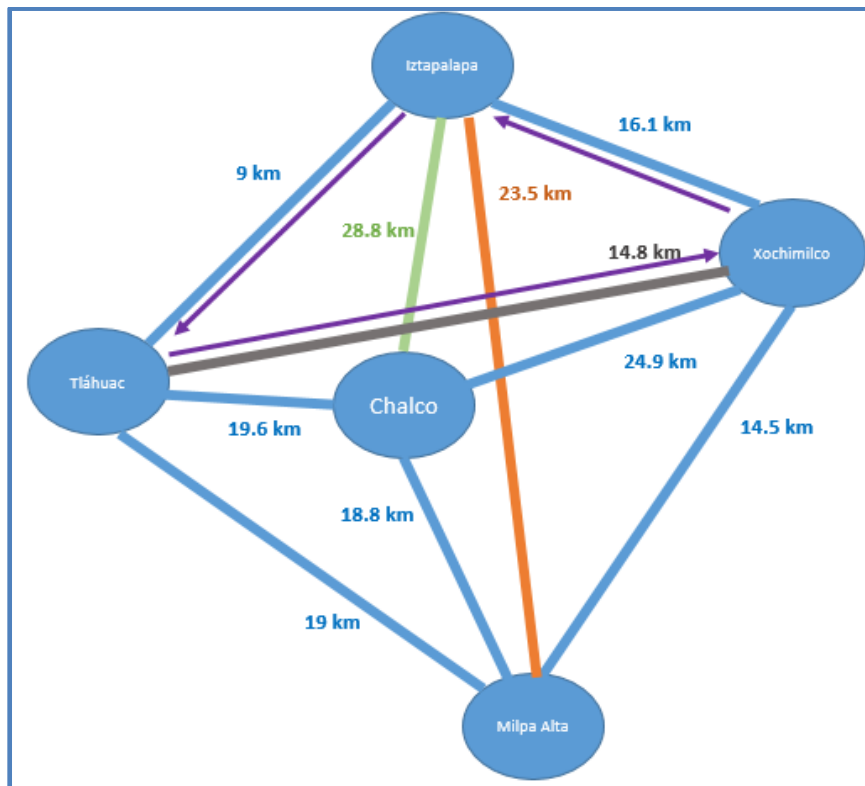


Figura 3.17. La distancia margina.
Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

La distancia margina es:

$$(Tláhuac-Iztapalapa) = (Tláhuac-Xochimilco) + (Xochimilco-Iztapalapa) - (Iztapalapa - Tláhuac) = 14.8 + 16.1 - 9 = 21.9$$

El resultado se suma al costo del recorrido que se tiene (Iztapalapa – Xochimilco) **Figura 3.16** (página 50).

$$k = 16.1 + 21.9 = 38$$

El recorrido que se tiene hasta este momento es de:

$i = \{ \text{Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Tláhuac} \}$

Quedan por visitar las alcaldías

$R_i \{ \text{Chalco, Milpa Alta} \}$

Estando en la alcaldía de Xochimilco, se elige la alcaldía más cercana a Xochimilco, que es la alcaldía de Milpa Alta, **Figura 3.18** y **Tabla 3.4** donde se muestra la distancia mínima.

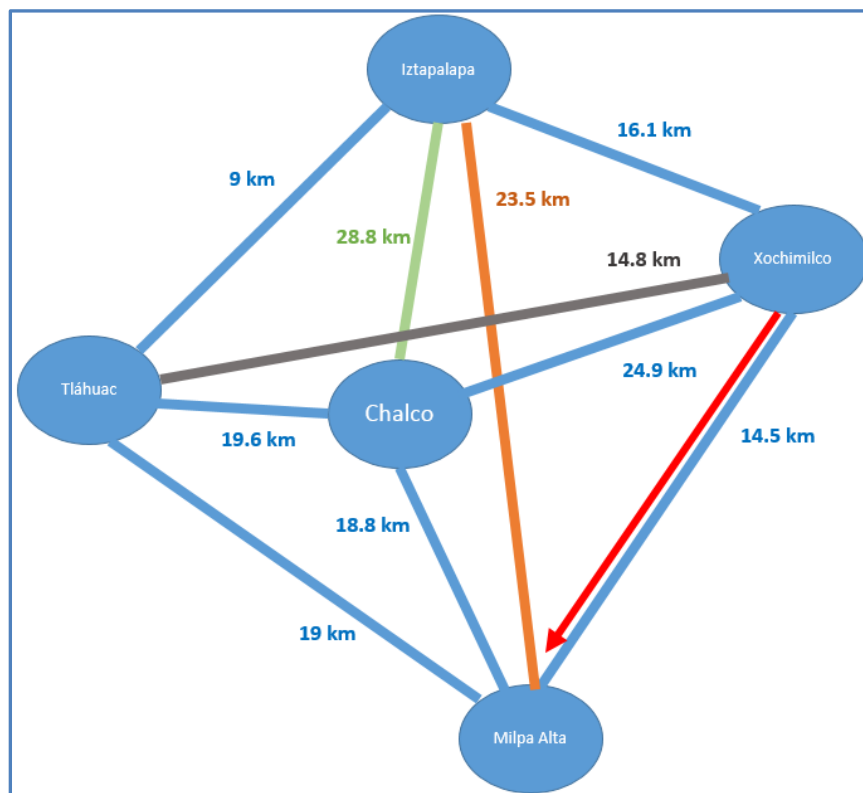


Figura 3. 18. Representación de la mínima distancia ente la alcaldía de Xochimilco – Milpa Alta.

Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

	Iztapalapa	Chalco	Xochimilco	Milpa Alta
Tláhuac	9 km	19.6 km	14.8 km	19 km
Iztapalapa		28.8 km	16.1 km	23.5 km
Chalco			24.9 km	18.8 km
Xochimilco				14.5 km

Tabla 3. 4. Distancia mínima entre las alcaldías de Iztapalapa y Milpa alta.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se realiza el cálculo de la distancia marginal para la nueva intersección (alcaldía de Milpa Alta) que pueden ser entre los nodos de (Tláhuac-Xochimilco), (Xochimilco-Iztapalapa) o (Iztapalapa – Tláhuac).

Para lo anterior, se hace el cálculo de la distancia marginal de la intersección colocado entre los nodos de la nueva alcaldía visitada de Milpa Alta.

La siguiente **Figura 3.19** se muestra como queda la intercesión del nodo de la alcaldía de Milpa Alta para calcular la distancia marginal.

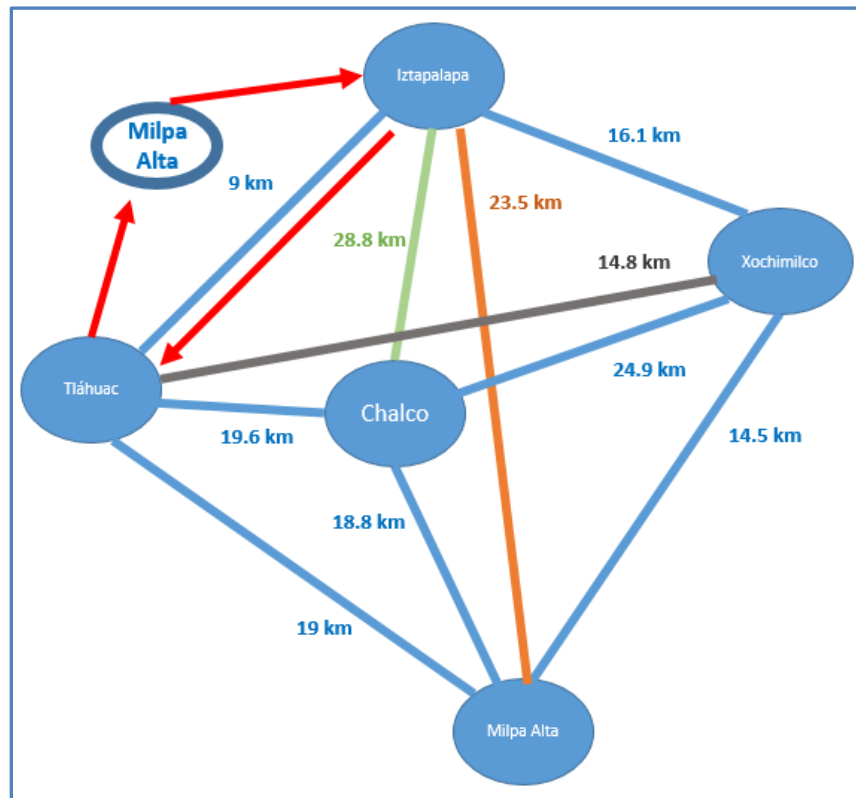


Figura 3. 19. Intersección del nodo de Milpa Alta, entre Tláhuac e Iztapalapa.
Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

Del nuevo grafo de la **Figura 3.19** se muestra cómo se realiza el cálculo del menor costo del recorrido de todas las alcaldías involucradas hasta este momento.

$$\begin{aligned} (\text{Tláhuac} - \text{Iztapalapa}) &= (\text{Tláhuac} - \text{Milpa Alta}) + (\text{Milpa Alta} - \text{Iztapalapa}) - (\text{Iztapalapa} - \\ &\text{Tláhuac}) = 19 + 23.5 - 9 = 33.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Iztapalapa} - \text{Xochimilco}) &= (\text{Iztapalapa} - \text{Milpa Alta}) + (\text{Milpa Alta} - \text{Xochimilco}) - (\text{Xochimilco} - \\ &- \text{Iztapalapa}) = 23.5 + 14.5 - 16.1 = 21.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Xochimilco} - \text{Tláhuac}) &= (\text{Tláhuac} - \text{Milpa Alta}) + (\text{Milpa Alta} - \text{Xochimilco}) - (\text{Xochimilco} - \\ &\text{Tláhuac}) = 19 + 14.5 - 14.8 = 18.7 \text{ (es el de menor costo de todos)} \end{aligned}$$

Con los resultados anteriores, la inserción se hace entre las alcaldías de Xochimilco y Tláhuac que son los de menor costo, quedando como se indica a continuación.

$i = \{\text{Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Tláhuac}\}$, como se muestra en la **Figura 3.20**.

El costo margina² o distancia marginal es:

$$k = \text{costo obtenido anterior} + \text{el costo menor} = 38 + 18.7 = 56.7$$

Solo falta considerar el nodo de la alcaldía de Chalco.

$$R_i = \{\text{Chalco}\}$$

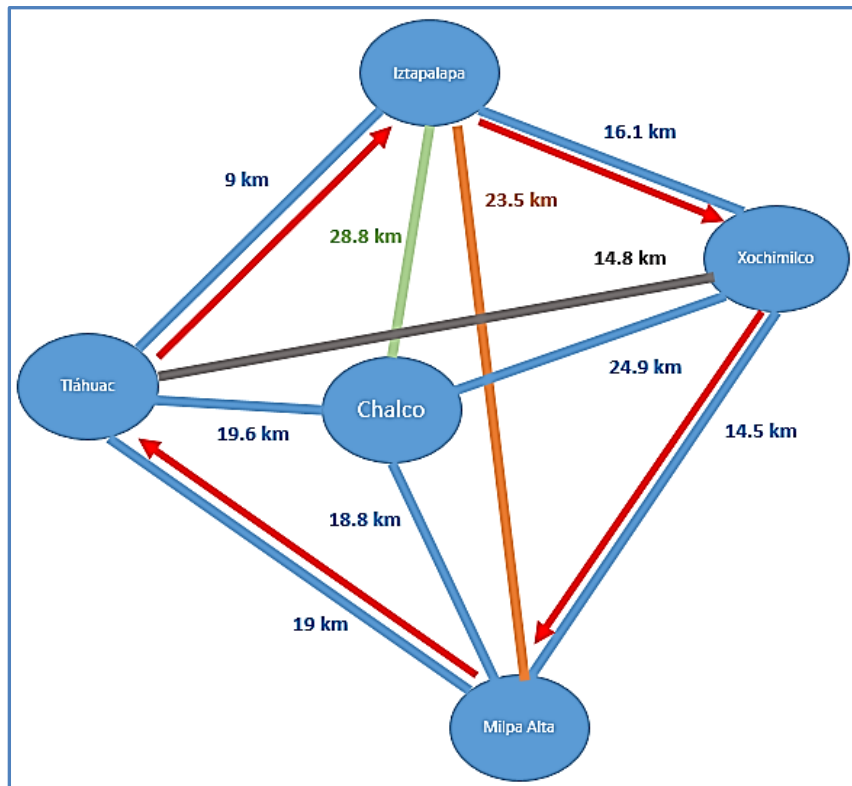


Figura 3. 20. Elección del menor costo entre las alcaldías {Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Tláhuac}.
Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

² El **costo marginal** es la variación en el **costo** total, ante el aumento de una unidad en la cantidad producida, es decir, es el **costo** de producir una unidad adicional.

Como solo falta en nodo de la alcaldía de Chalco, se calcularía la intersección con la distancia marginal menor, la cual sería:

$$\begin{aligned} (\text{Tláhuac} - \text{Iztapalapa}) &= (\text{Tláhuac} - \text{Chalco}) + (\text{Chalco} - \text{Iztapalapa}) - (\text{Iztapalapa} - \text{Tláhuac}) = 19.6 \\ &+ 28.8 - 9 = 39.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Iztapalapa} - \text{Xochimilco}) &= (\text{Iztapalapa} - \text{Chalco}) + (\text{Chalco} - \text{Xochimilco}) - (\text{Xochimilco} - \\ &\text{Iztapalapa}) = 28.8 + 24.9 - 16.1 = 37.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Xochimilco} - \text{Milpa Alta}) &= (\text{Xochimilco} - \text{Chalco}) + (\text{Chalco} - \text{Milpa Alta}) - (\text{Milpa Alta} - \\ &\text{Xochimilco}) = 24.9 + 18.8 - 14.5 = 29.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Milpa Alta} - \text{Tláhuac}) &= (\text{Milpa Alta} - \text{Chalco}) + (\text{Chalco} - \text{Tláhuac}) - (\text{Tláhuac} - \text{Milpa Alta}) \\ &= 18.8 + 19.6 - 19 = 19.4 \text{ (es el de menor distancia).} \end{aligned}$$

Por lo cual se selecciona la intersección Milpa Alta – Tláhuac con un costo de 19.4 que se muestra en la **Figura 3.21**, dando como resultado final:

$$i = \{\text{Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Chalco, Tláhuac}\}$$

Obteniendo el costo final de:

$$k = 56.7 + 19.4 = 76.1$$

Como ya no hay alcaldías que visitar se concluye el algoritmo.

$$R_i = \{ \}$$

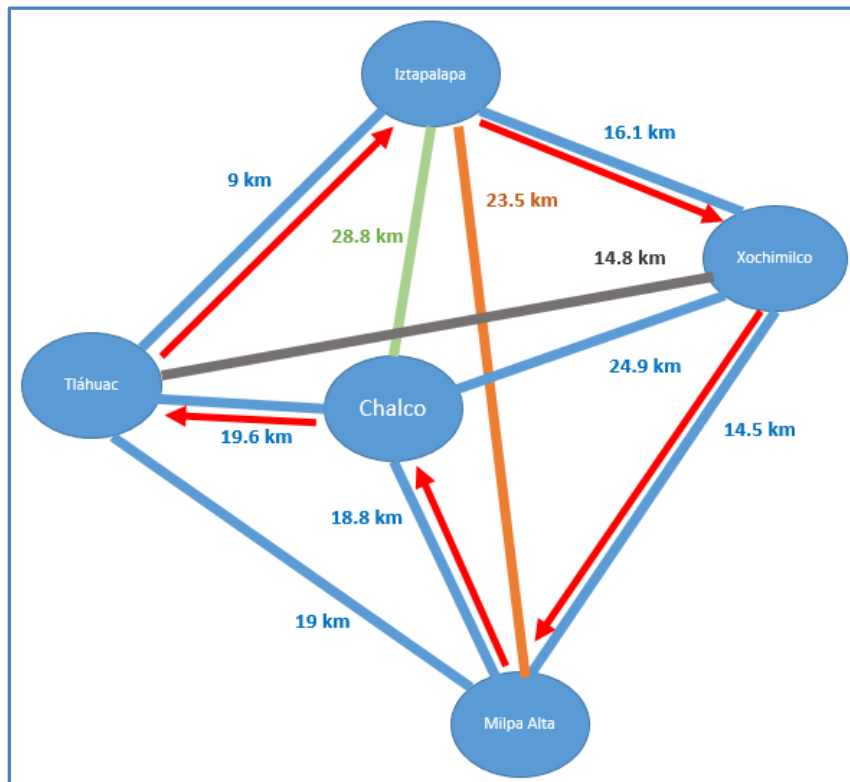


Figura 3. 21. Resultado del grafo de las rutas más cortas ente los nodos {Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Chalco, Tláhuac}. Fuente: Elaboración propia (Fernández, 2018).

3.4.4 Sistema de transporte viable

En este punto se muestra la viabilidad del sistema de transporte, no es parte de los objetivos de la tesis, sin embargo es un acercamiento a considerar como un punto de referencia para tratarse para tema de otra tesis o continuar con esta.

Un estudio de viabilidad simboliza el concepto de un problema u oportunidad de ser llevado al estudio, una descripción de requisitos, un análisis actual del funcionamiento, un análisis de alternativas (esri, esri, 2019). Las tareas para la elaboración del estudio de viabilidad suelen ser comunes y es posible emplearse en cualquier proyecto: Este consiste

de una Viabilidad Comercial, una Viabilidad Técnica, una Viabilidad Administrativa, una Viabilidad legal, una Viabilidad ambiental, una Viabilidad Comercial y una Viabilidad financiera.

Viabilidad Comercial

Evaluar la viabilidad comercial de un proyecto, consiste en analizar el mercado, si existe demanda, si la demanda será sostenida, creciente o decreciente en el tiempo, si existen competidores y cuál es su estrategia, si existen bienes sustitutos o complementarios y como afectan la demanda de nuestro producto, que tan sensible es la demanda al precio del producto y a las variables macroeconómicas.

Viabilidad Técnica

Busca determinar si es posible, física o materialmente, “hacer” un proyecto, determinación que es realizada generalmente por los expertos propios del área en la que se sitúa el proyecto.

Consiste en analizar los requerimientos de materiales, maquinarias, insumos, etc.; tanto para “preparar o construir” el proyecto como para la operación del mismo, una vez que se haya puesto en marcha.

De este estudio surgirán los montos de inversiones a realizar en cada periodo de la vida útil del proyecto, así como los costos de operación del mismo vinculados con el proceso productivo, compra de insumos, etc.

Viabilidad Administrativa

Busca determinar si existen capacidades gerenciales internas en la empresa para lograr la correcta implementación y eficiente administración del negocio. En caso de no ser así, se debe evaluar la posibilidad de conseguir el personal con las habilidades y capacidades requeridas en el mercado laboral. Cuando se trata de un proyecto de una empresa nueva, se trata de determinar la estructura que adoptará la organización, sus distintos departamentos y las funciones específicas de sus miembros.

Viabilidad legal

Se refiere a la necesidad de determinar tanto la inexistencia de trabas legales para la instalación y operación normal del proyecto, como la falta de normas internas de la empresa que pudieran contraponerse a alguno de los aspectos de la puesta en marcha o posterior operación del proyecto.

Viabilidad ambiental

Busca determinar el impacto que la implementación del proyecto tendría sobre las variables del entorno ambiental como, por ejemplo, los efectos de la contaminación.

Viabilidad Comercial

Evaluar la viabilidad comercial de un proyecto, consiste en analizar el mercado, si existe demanda, si la demanda será sostenida, creciente o decreciente en el tiempo, si existen competidores y cuál es su estrategia, si existen bienes sustitutos o complementarios y como afectan la demanda de nuestro producto, que tan sensible es la demanda al precio del producto y a las variables macroeconómicas.

Viabilidad financiera

Todos los análisis anteriores, debes ser traducidos en números y consolidados para obtener un indicador financiero que nos permita tomar la decisión final sobre la realización o no del proyecto.

Cuando un proyecto es rentable, esto significa que está generando utilidades (Ganancia) y justamente esto se genera cuando los ingresos, son mayores que los egresos de dinero. (Eloiza, 2018)

Capítulo 4.

Metodología

Para la propuesta de las paradas y rutas por donde pasará la red de transporte, es considerado las diferentes colonias, alcaldías y municipios, de donde procede la comunidad del ITTII. Para esto se hace un análisis ajustado a las necesidades del usuario. El propósito de este análisis consiste en buscar las rutas para la red de transporte que maximice la mayor demanda con relación a la densidad estudiantil de cada colonia y municipio a través de un sistema de información geográfica (SIG), que consiste en conocer los lugares de origen de los estudiantes.

La metodología está sustentada por Network Analyst, esta es una herramienta de análisis de redes que está incluida en el sistema de información geográfica ArcGIS. Se inicia con la localización de los polígonos donde se encuentra la comunidad del ITTII, esto polígonos están ubicados en las diferentes colonias pertenecientes a las alcaldías de la CDMX y municipios del estado de México.

4.1 Generación de la demanda

Para conocer la demanda de la comunidad del ITTII, se utiliza la ubicación geográfica de procedencia, utilizando los Códigos Postales (CP) que fueron proporcionados por el ITTII; como son datos confidenciales solo se trabajó con Códigos Postales.

En el año del 2009 inició el Instituto Tecnológico de Tláhuac II, abrió sus puertas a la comunidad estudiantil con una población de 57 alumnos, del cual el 86% es pertenecientes a la CDMX **Figura 4.1.**

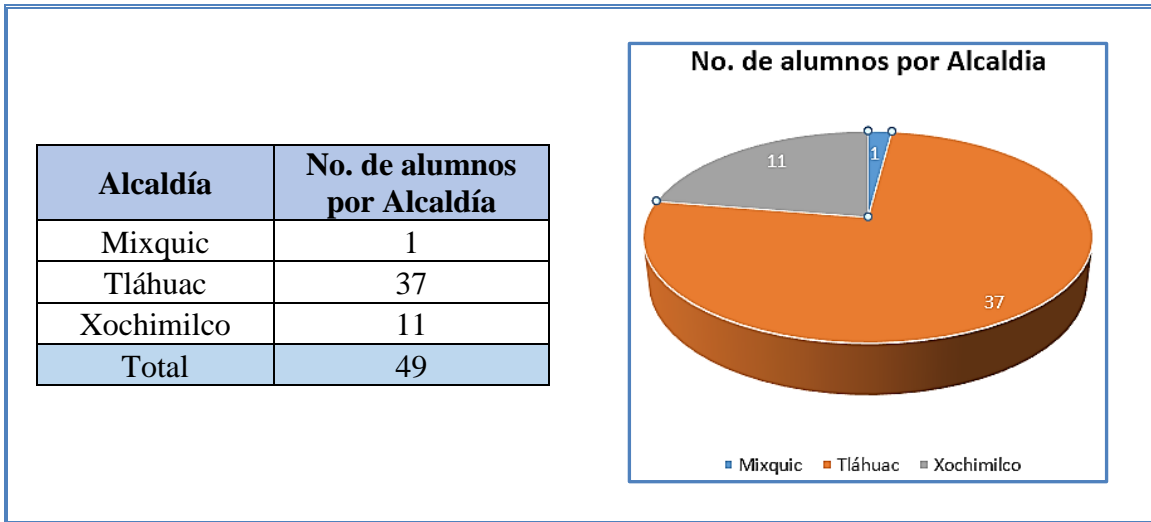


Figura 4. 1. No. de alumnos del ITTII del año 2009 de las Alcaldía de la CDMX.
Fuente: Elaboración propia.

El 14% de la comunidad viene de los municipios pertenecientes al Estado de México **Figura 4.2.**

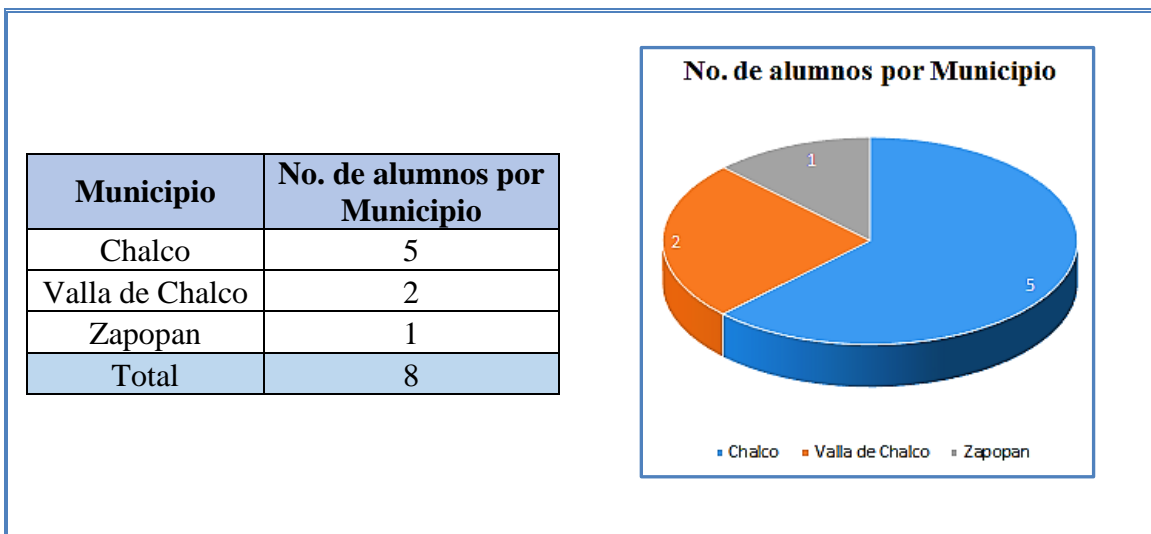


Figura 4. 2. No. de alumnos del ITTII del año 2009 de los Municipios del Estado de México.
Fuente: Elaboración propia.

En el año del 2017, el Instituto tecnológico de Tláhuac II creció en ocho años su población estudiantil de 59 alumnos a 1184 alumnos, provenientes de la CDMX y del Estado de México. Para representar la población estudiantil se usó el software de ArcGis, el módulo de ArcMap como se muestra en la **Figura 4.3**, en la figura se muestra el origen de la comunidad del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, perteneciente a la CDMX, las alcaldías son Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Iztapalapa, Milpa alta, Tláhuac y Tlalpan; los alumnos que vienen del Estado de México son de los municipios de Chicoloapan, Chimalhuacán, Ixtapaluca, Ozumba, Temamatla, Tepetlixpa, Tlalmanalco, Chalco, Ixtapaluca, Nezahualcóyotl y Valle de Chalco.

En el mapa de la **Figura 4.3**, se muestra la representación de la comunidad estudiantil con polígonos en colores, el color blanco indica el número de alumnos que es de 1, el de color melón es de 2 a 7 alumnos, el de color menta es de 9 a 30 alumnos, el de color celeste es de 60 y el de color azul acero es de 110; y el número dentro del polígono representa el total de alumnos. Como es de esperarse la concentración estudiantil se encuentra en los alrededores de la alcaldía de Tláhuac, donde se encuentra el Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

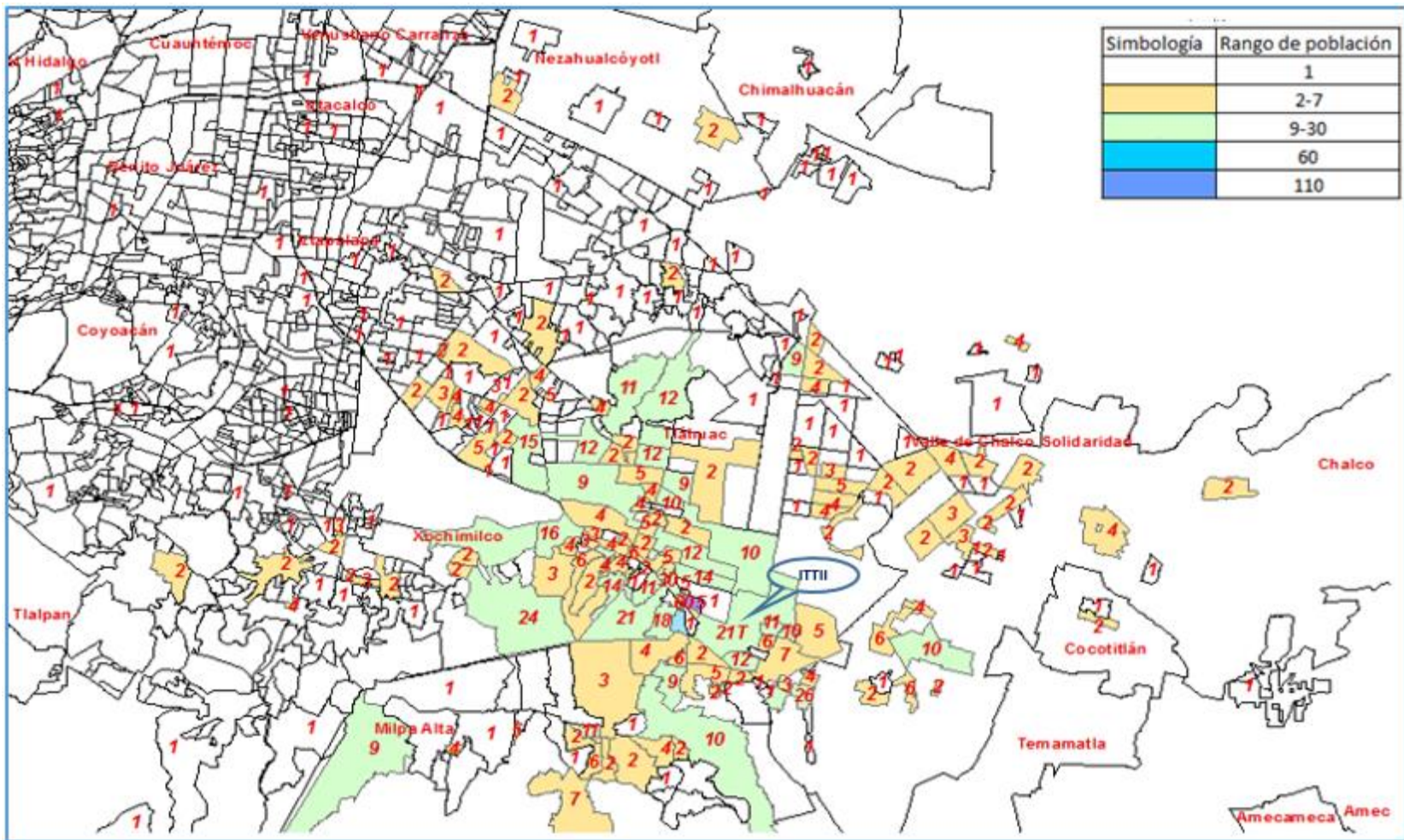


Figura 4. 3. Mapa de la procedencia de la comunidad del ITTII del año 2017.
 Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

En la **Figura 4.4**, se muestra el número de alumno que procede de cada Alcaldía de la CDMX, en donde la mayoría están concentrados en la alcaldía de Tláhuac con 566 alumnos, Milpa Alta con 219 alumnos, Xochimilco con 155 alumnos e Iztapalapa con 46 alumnos.

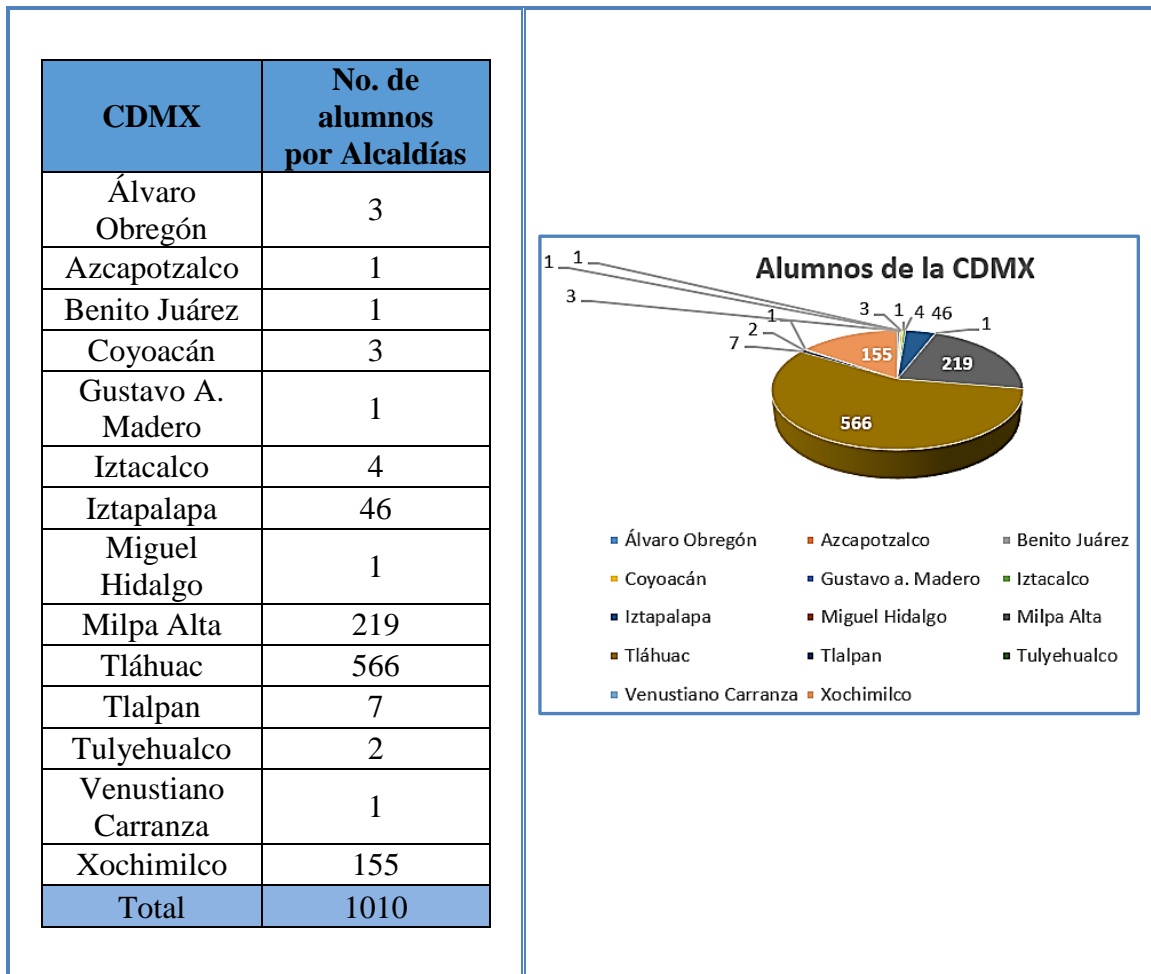


Figura 4. 4. Alumno procedente de la Alcaldía de la CDMX el año 2017.
Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 4.5**, se muestra el número de alumnos que procede de cada municipio del Estado de México, en donde la mayoría viene de Chalco con 92 alumnos y Valle de Chalco con 51 alumnos.

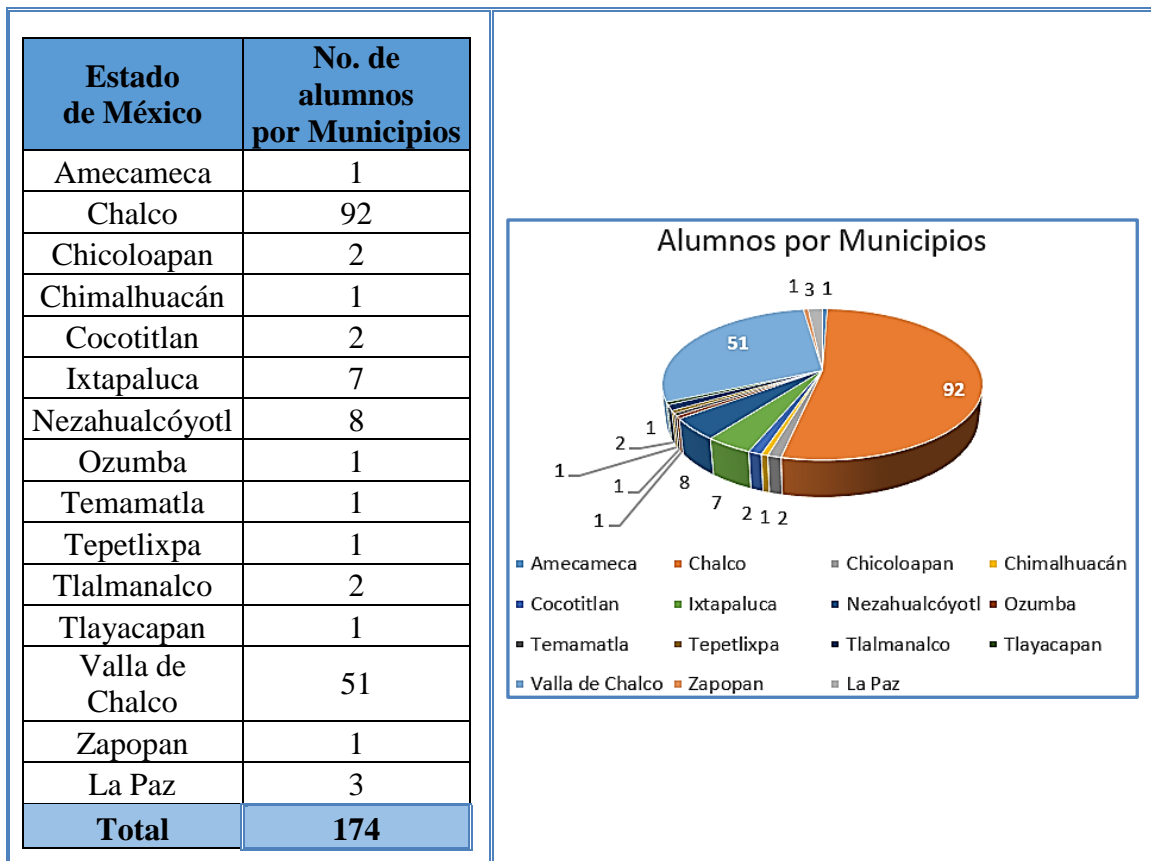


Figura 4. 5. Alumnos procedentes de los municipios del Estado de México del año 2017.
Fuente: Elaboración propia

4. 2 Distribución espacial de la demanda

4.2.1 Distribución espacial de la densidad de población del ITTII

Para la georreferenciación de la población estudiantil se usó el módulo de ArcMap del software de ArcGis. En la **Figura 4.6** se muestra la distribución espacial de la población de los diferentes polígonos, usando el Código Postal de la comunidad del ITTII, para

georreferenciarlos en el mapa de la Ciudad de México (CDMX) y de los municipios del Estado de México,

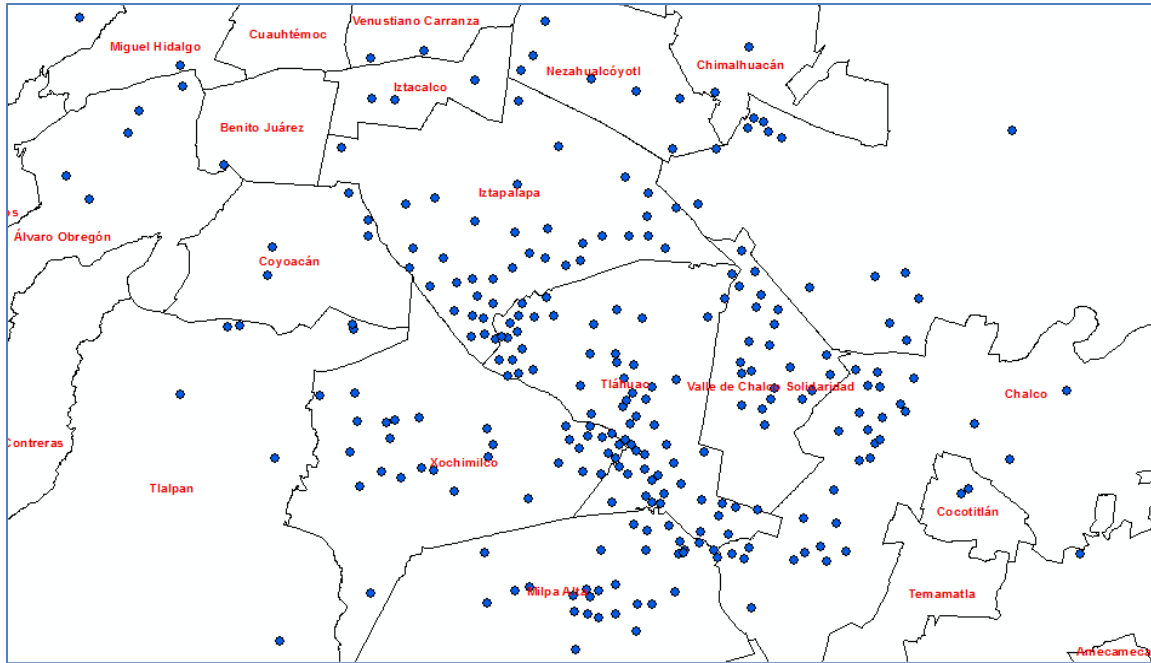


Figura 4. 6. Distribución geoespacial de la comunidad del ITTII en el Mapa de la CDMX y Estado de México.

Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018)

En la **Figura 4.7** se representa la dispersión cuantitativa de la población tecnológica, mostrando dentro de cada polígono el total de los códigos postales que pertenecen a los alumnos del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, de las diferentes alcaldías de la CDMX, como de los municipios del Estado de México. Como se observa, las alcaldías de la CDMX donde se concentra la mayor población estudiantil son: Tláhuac, Xochimilco, Milpa Alta, Iztapalapa. De igual manera, los municipios del Estado de México donde se concentra la mayor población estudiantil son: Valle de Chalco Solidaridad y Chalco.

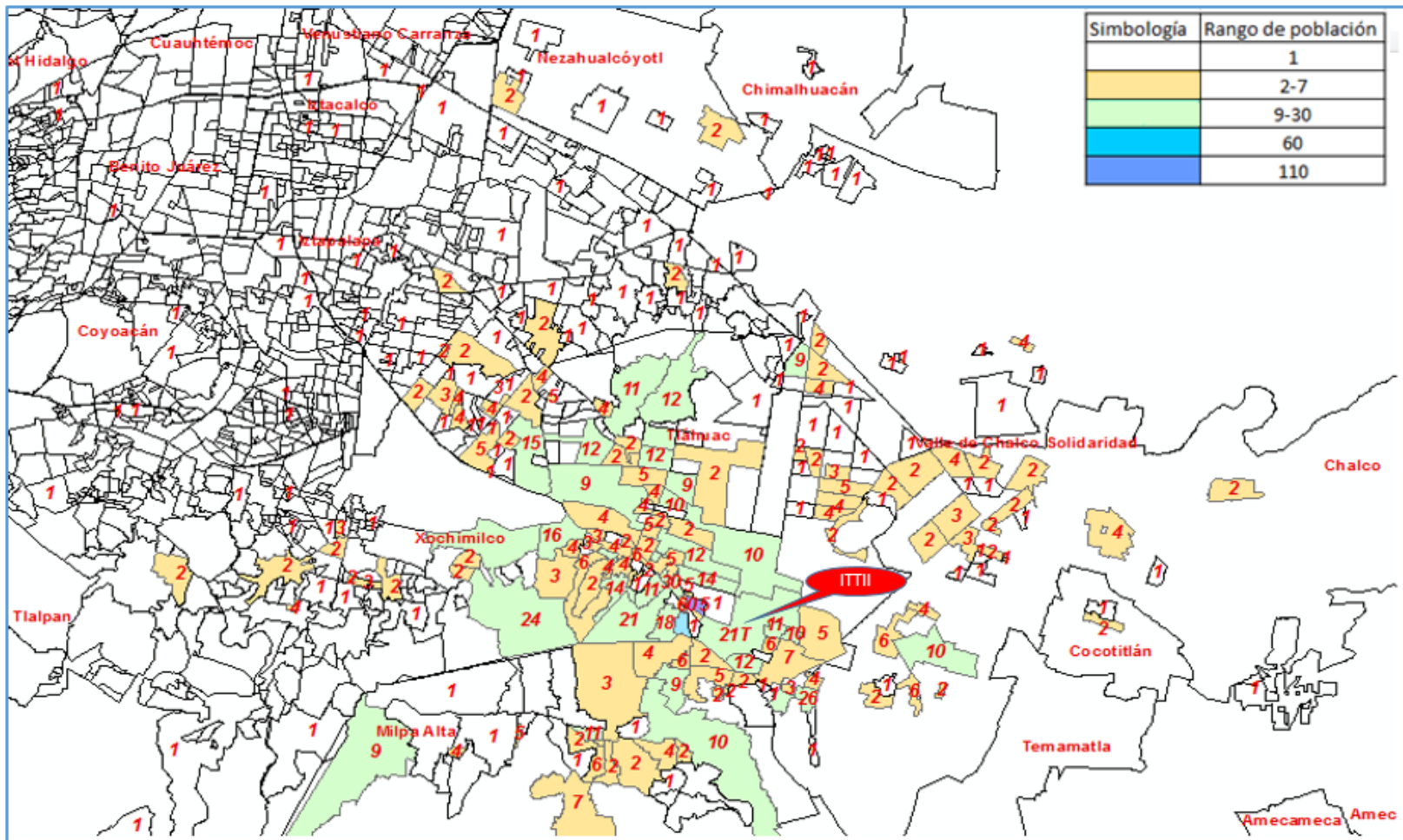


Figura 4. 7. Representación cuantitativa de la dispersión de la población del ITTI en alcaldías de la CDMX y municipios del Estado de México.
Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018)

4.2.2 Ubicación de centroides

Una vez detectado la cantidad y la georreferenciación de la comunidad tecnológica, se procedió nuevamente hacer uso del módulo de ArcMap del software de ArcGis, para proponer los centroides que permite la ubicación de las paradas por donde pasara las rutas propuestas del transporte escolar.

Los centroides propuestos tienen un radio de 500 metros (un peatón camina en promedio a una velocidad de 5 km/h, por lo cual la distancia que le toma en recorrer 500 metros es aproximadamente de 6 minutos) representados con los círculos de mayor radio, para estos se considera la demanda poblacional como las rutas con accesibilidad para el transporte escolar, como se muestra en la **Figura 4.8**, los círculos con menor radio representan las paradas propuestas para las rutas, donde se concentraran los estudiantes para la espera del transporte.

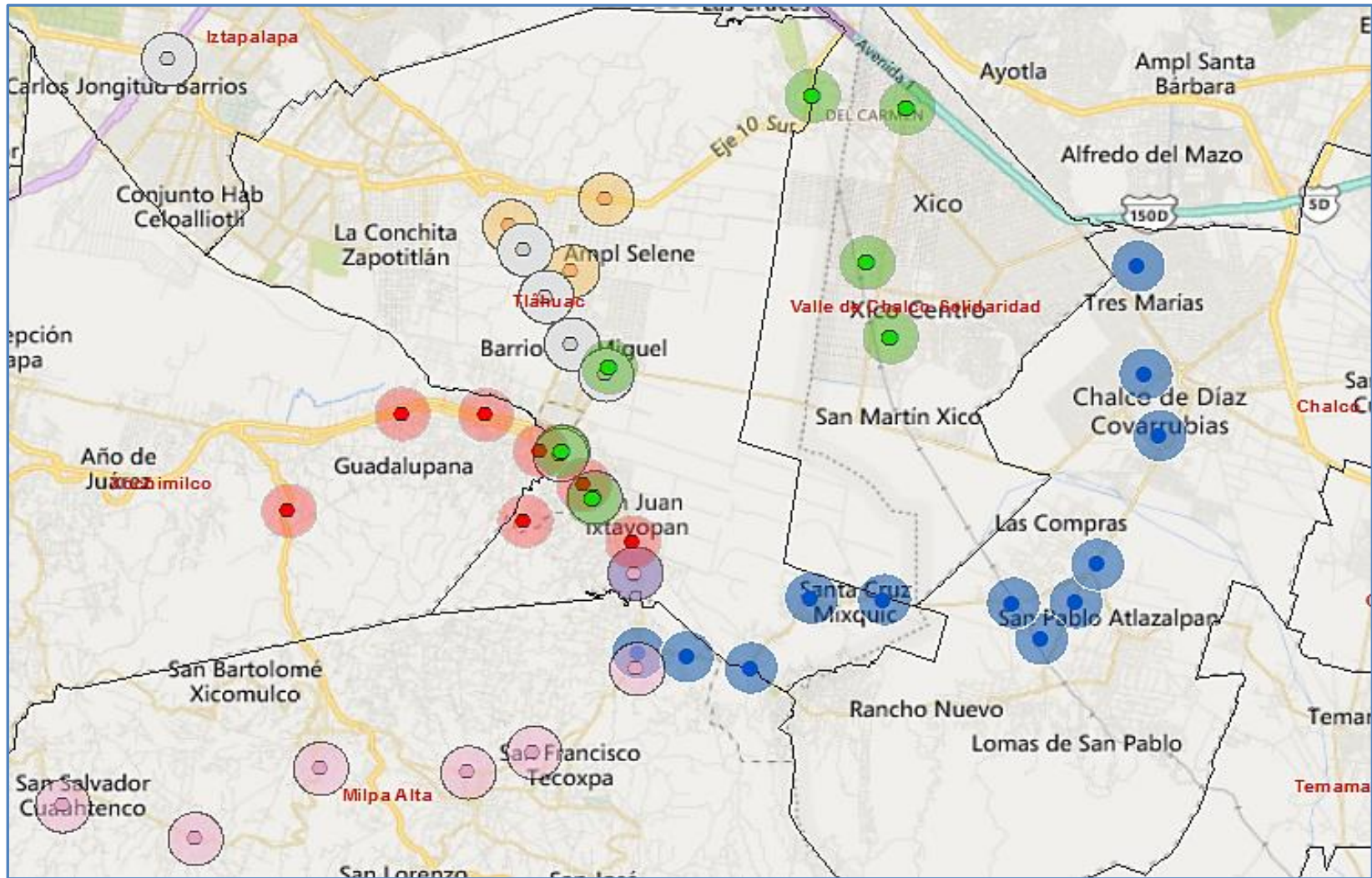


Figura 4. 8. Representación de los centroides y paradas para las rutas del ITII.
 Fuente: Elaboración propia con ArcToolBox de ArcGis (Esri, 2018).

Hay centroides como paradas omitidas, estas paradas van en “paralelo” con la línea 12 del sistema de transporte colectivo Metro (Mixquic - Paradero Tláhuac representados en color gris) como se observa en la **Figura 4.8** (página 70), la demanda serán atendidos por la misma Línea 12 del metro.

Con base a lo indicado anteriormente, se omiten los centroides como las paradas que están en color gris, quedando finalmente los centroides como las paradas propuestas para las rutas del transporte escolar para el ITTII, **Figura 4.9**.

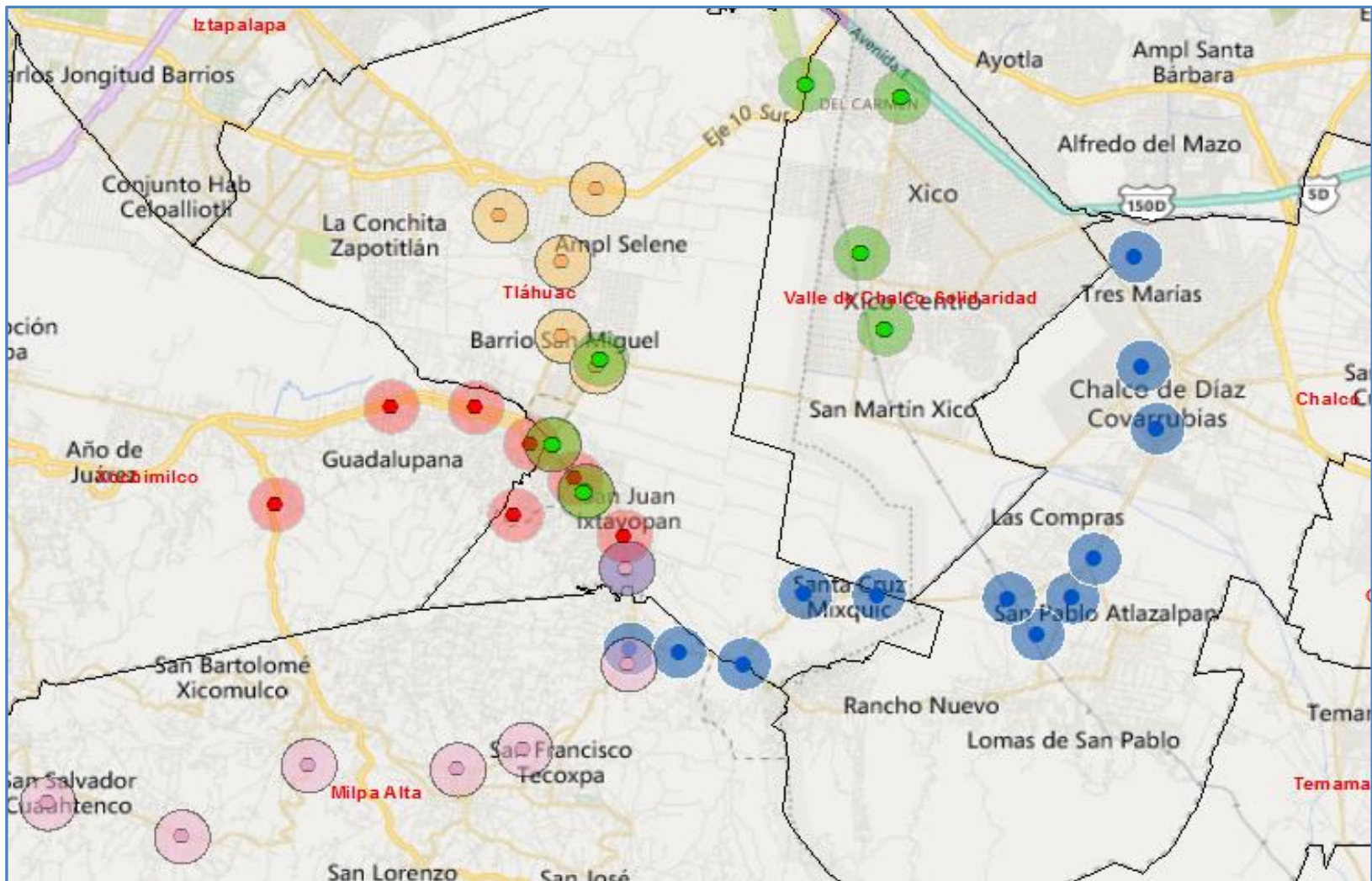


Figura 4. 9. Propuestas de centroides y paradas finales para la red de transporte escolar para el ITTII
 Fuente: Elaboración propia con ArcToolBox de ArcGis (Esri, 2018).

4.2.3 Densidad de pasajeros a transportar

Con base a la información obtenida de los centroides **Figura 4.9** página 72), como la información proporcionada por la **Figura 4.7** (página 68), el total de pasajeros a transportar desde su lugar de origen al ITTII es de 1184, en la **Tabla 4.1** muestra el total de cada alcaldía de la CDMX como los municipios del estado de México a transportar. Las siguientes alcaldías son las que tiene una población mayor a seis, en la CDMX son: Xochimilco con 155, Tláhuac con 566, Mixquic con 16, Milpa alta con 203, Iztapalapa con 46 y municipios del Estado de México son: Valle de Chalco con 51, Nezahualcóyotl con 8, Ixtapaluca con 7 y Chalco con 92, en la **Figura 4.10** se muestra solamente la representación estudiantil del Instituto Tecnológico de Tláhuac II con una densidad de mayor a seis.

CDMX	No. de alumnos por Alcaldías	Estado de México	No. de alumnos por Municipios
Álvaro Obregón	3	Amecameca	1
Azcapotzalco	1	Chalco	92
Benito Juárez	1	Chicoloapan	2
Coyoacán	3	Chimalhuacán	1
Gustavo A. Madero	1	Cocotitlan	2
Iztacalco	4	Ixtapaluca	7
Iztapalapa	46	Nezahualcóyotl	8
Miguel Hidalgo	1	Ozumba	1
Milpa Alta	219	Temamatla	1
Tláhuac	566	Tepetlixpa	1
Tlalpan	7	Tlalmanalco	2
Tulyehualco	2	Tlayacapan	1
Venustiano Carranza	1	Valla de Chalco	51
Xochimilco	155	Zapopan	1
Total	1010	La Paz	3
		Total	174

Tabla 4. 1. Demanda estudiantil por zona que está alrededor del ITTII
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Análisis de Rutas.

Los atributos de la red proporcionan elementos básicos como es la distancia de cada tramo de vía, la direccionalidad de las calles (un sentido o doble sentido) y el nivel de jerarquía (autopista, arterial, carretera local). (Conrado Augusto, 2016)

En la **Figura 4.11** se muestra una propuesta de las diferentes rutas encontradas con la extensión Network Analyst de la aplicación de ArcMap del software de ArcGIS. La red contempla las alcaldías de Xochimilco, Tláhuac, Milpa alta, Iztapalapa que pertenecen a la CDMX; y a los municipios de Valle de Chalco solidaridad y Chalco pertenecientes al Estado de México.

Sin embargo hay rutas que no se tomaran en cuenta por ser recorridos largos, y ser solventadas por el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la línea 12, son las ruta de color violeta con una longitud de 42.7 Km. que parte del municipio de valle de Chalco Solidaridad pasando por la alcaldía de Iztapalapa y la ruta de color café con una longitud de 23.33 Km. que también es solventada por el sistema de transporte colectivo metro de la línea 12 como se muestra en la **Figura 4.11**

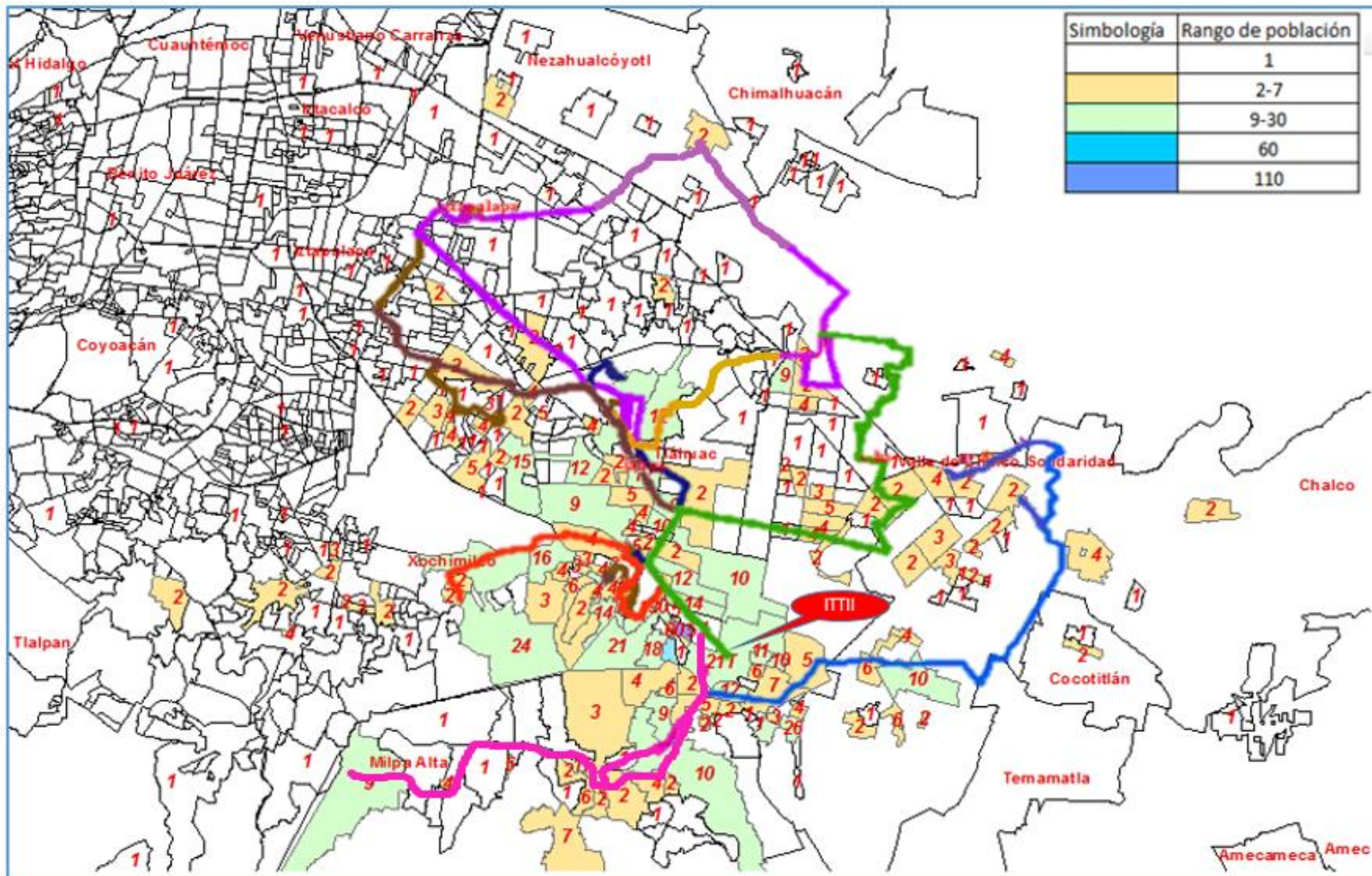


Figura 4. 11. Rutas propuestas para la red de transporte del ITTI
Fuente: Elaboración propia con la extensión ArcGIS Network Analyst (Esri, 2018)

4.2.5 Conectividad.

En la **Figura 4.12**, se muestra la propuesta de red de transporte para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II. La red de transporte tiene seis rutas, cuatro están en la CDMX, en las alcaldías de Xochimilco, Tláhuac, Milpa alta, Iztapalapa; y dos rutas que vienen del Estado de México de los municipios de Valle de Chalco solidaridad y Chalco.

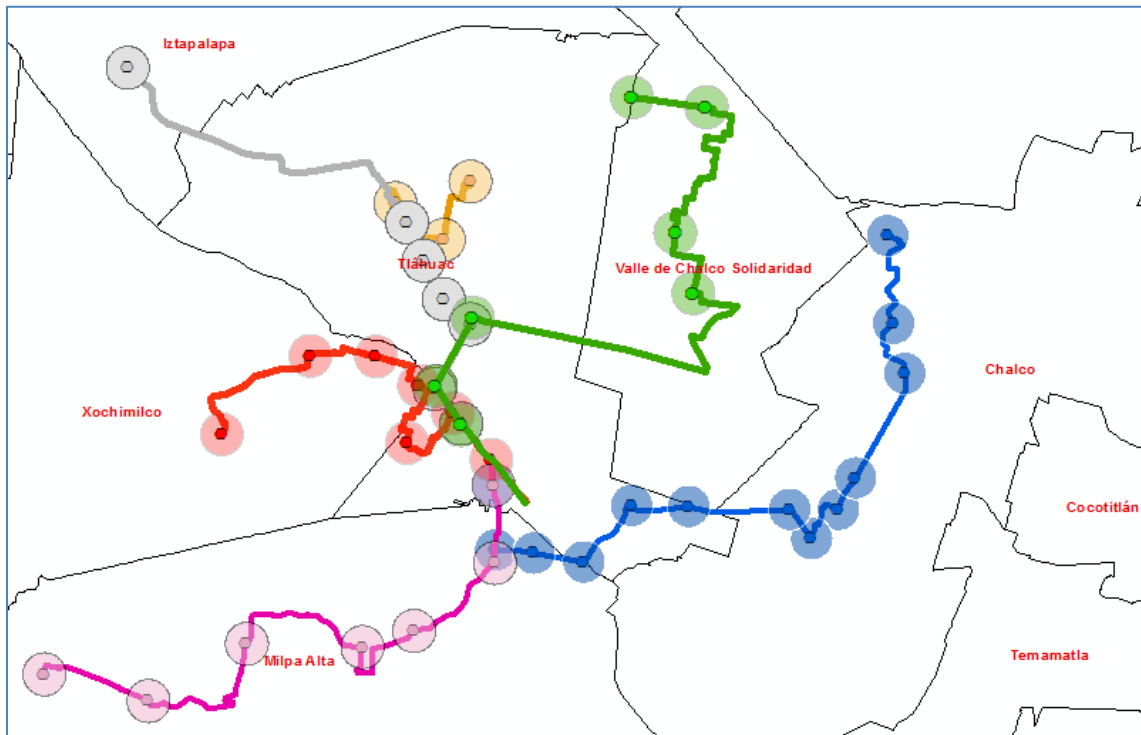


Figura 4.12. Rutas para la red de transporte del ITTII

Fuente: Elaboración propia con la extensión ArcGIS Network Analyst (Esri, 2018).

Sin embargo la ruta que se encuentra en la alcaldía de Iztapalapa, va en paralelo con la Línea 12 de Sistema de Transporte Colectivo Metro, por este motivo, no se considera como una ruta para la red de transporte para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

En la **Figura 4.13**, se muestra finalmente las rutas propuestas para la red de transporte para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

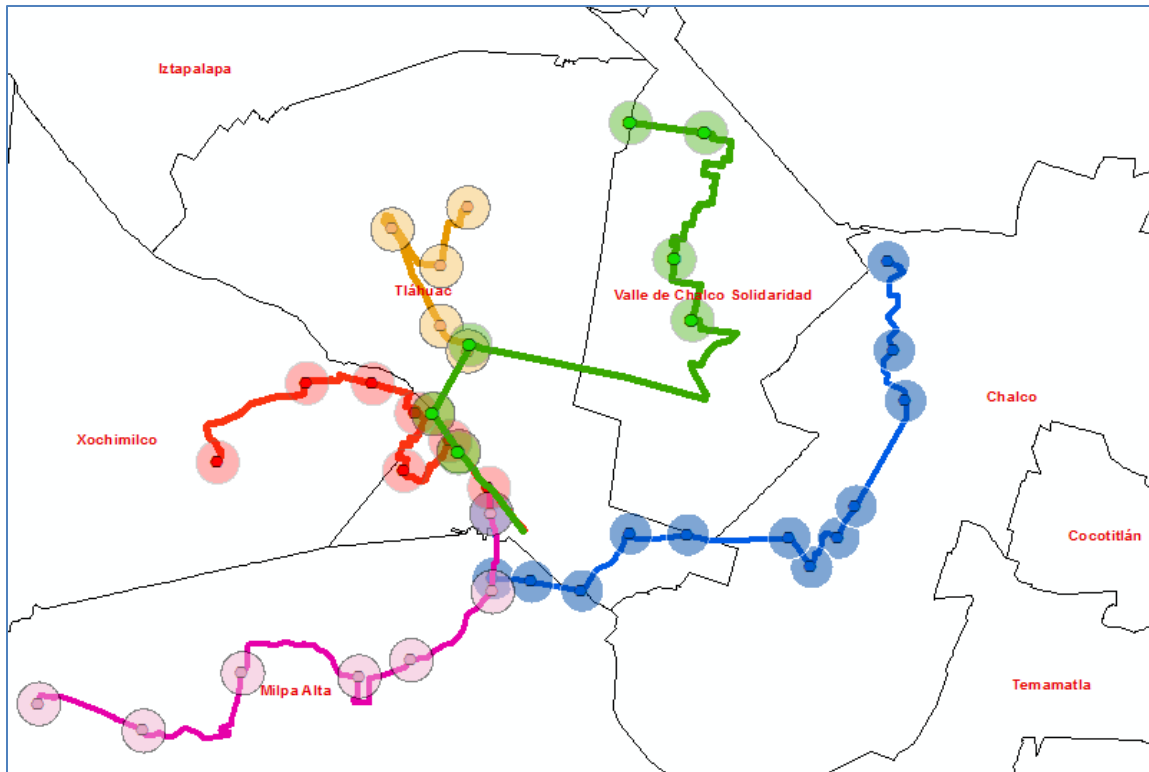


Figura 4. 13. Rutas propuestas para la red de transporte sin incluir la ruta de la alcaldía de Iztapalapa

Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

Con base a las rutas propuestas se obtiene la longitud total de la red de 73.13 km para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II como se muestra en la **Tabla 4.2**, la representación de cada ruta es con base a la simbología mostrada en la **Figura 4.14** (página 82).

Longitud de la línea:	Km.	
L_{AF}	23.478403	
L_{EG}	7.619137	
L_{CH}	10.852538	
L_{BI}	18.412921	
L_{DI}	12.767486	
Longitud de la red:	$L_{AF}+L_{EG}+L_{CH}+L_{BI}+L_{DI}=$	73.1304873 Km.

Tabla 4. 2. Longitud de cada ruta de la red
Fuente: Elaboración propia.

La longitud de línea es la suma total de los tramos de vialidades por donde circula el transporte que es de 90.21 k m, esto se muestra en la **Tabla 4.3.**

Longitud de las línea:	Km.	
L_{AF}	12.67	
L_{AG}	23.47	
L_{AH}	13.51	
L_{AJ}	20.93	
L_{AI}	19.62	
		Longitud total de la línea:
		$L_{AF}+L_{AG}+L_{AH}+L_{AJ}+L_{AI}=90.21 Km$

Tabla 4. 3. Longitud de la línea de la red
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 4.4** se muestra la simbología utilizada en la **Tabla 4.3**, donde se considera las rutas propuestas para la red de trasporte para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II, donde se puede ver en la **Figura 4.14** (página 82) las rutas que pasan por los diferentes lugares de origen de la comunidad estudiantil

Letra	Entre calle/avenida	Colonia	Alcaldía
A	Camino Real	El llano	Tláhuac
B	Blvd. José López Portillo y Educación Tecnológica	U. H. Tlaltepa	Milpa Alta
C	Camino Real y Monte Real	Francisco	Tláhuac
D	Av. More y Barranca Seca	Xochitepec	Milpa Alta
E	Av. Acueducto y Primera Camino Real	San Andrés	Tláhuac
F	Av. Pípila y Carretera Santa Catarina	La concepción	Vale de Chalco
G	Carr. A Sta. Catarina y Cráter Atlas	Tezontitlan	Tláhuac
H	Carr. Xochimilco - Oaxtepec 113 y el mirador	San Miguel	Xochimilco
I	Agustín de Iturbide	San Salvador Cuauhtémoc	Milpa Alta
J	Ote. 46 y Nte. 14	Col. Unión de Guadalupe Chalco	Chalco

Tabla 4. 4. Simbología utilizada para las rutas
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Tamaño de la Flota

El tamaño de la flota a seleccionar para un número de vehículos necesarios para la operación de la red, es necesario tomar en cuenta la satisfacción de la demanda existente para el mejor servicio posible. (Sergio Alberto Damián Hernández y Pascual Romo de Vivar Ubaldo, 1992).

En la **Tabla 4.5**, se muestra diferentes tipos de autobuses con diferentes características como son: el número de asientos, capacidad total de pasajeros y la vida útil.

Considerando la hora pico en el que se tiene la máxima demanda de transporte por parte de la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Tláhuac II y una población menor a 1200 alumnos, tomando en cuenta el análisis que se muestra en la unidad cinco, de la demanda estudiantil por rutas **Figura 5.1** (página 112). Se proponer una unidad por ruta, es decir que el tamaño de la flota es de seis camiones, se puede preguntar si solamente se observan cinco rutas como se muestra en la **Figura 4.14** (página 82), recordando que se excluye la ruta que va en paralelo el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Línea 12 **Figura 4.12** (página 78); del paradero de la Línea 12 del Sistema Colectivo de Transporte Metro, se propone una ruta que sale del paradero del Metro Tláhuac al ITTII, donde se concentrara los alumnos que llegan por este medio; la ruta a seguirá es la que está en color verde como se muestra en la **Figura 4.12** (página 78).

Tipo de Autobús	No. de Asientos	Capacidad Total (pasajeros)	Vida útil (años)
Minibús/Microbús	12	20	8
Pequeño	20	30	10
Estándar	40	80	12
Grande de un piso	50	100	*15
Grandes de dos pisos	80	120	*15
Extragrande de dos pisos	80	170	*15
Articulado	55	120	*15
Extragrande articulado	55	190	*15

Tabla 4. 5. Capacidad de Autobuses

*Estas cifras parten de la hipótesis de que es posible reconstruir el vehículo

Fuente: Sistema de Transporte Público, Alan Armstrong-Wright, New Jery-1987

La ocupación del autobús está relacionado con la influencia de la capacidad del sistema.

Se utilizarán vehículos con frente plano y motor trasero preferentemente, con capacidad máximo de 100 pasajeros. Los vehículos deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

Autobús, que de acuerdo a su longitud, tendrá una capacidad nominal de 100 pasajeros como máximo, la disposición de los asientos debe ser de una mancuerna en lado izquierdo y fila de un asiento en costado derecho del vehículo, además de asientos en la parte interior trasera del vehículo (Jalisco, 2014, p 26 y 27).

4.3.1 Cálculo y dimensionamiento de las flotas.

Para calcular la capacidad de la flota vehicular está relacionada con la demanda de las rutas. Considerando la demanda de servicio del transporte antes de que ser intersectadas cada una de ellas, la capacidad máxima de una de las rutas es de 155 pasajeros. Con base a la anterior **Tabla 4.5** (página 84), se propone un transporte con capacidad de 100 pasajeros, una unidad por cada ruta, como se muestra en la **Figura 4.14** (página 82).

4.4 Diseño, asignación y operación de la ruta

4.4.1 Propuestas de rutas hacia el Instituto Tecnológico de Tláhuac II

Para proponer las rutas que conectan al Instituto Tecnológico de Tláhuac II con base a la demanda estudiantil, se toma en cuenta las paradas propuestas como la velocidad de desplazamiento promedio de 30 km/h que se presenta por la mañana, y haciendo uso del software de ArcGis del módulo de ArcMap, se obtiene la red de transporte para el ITTII como se muestra en la **Figura 4.15**.

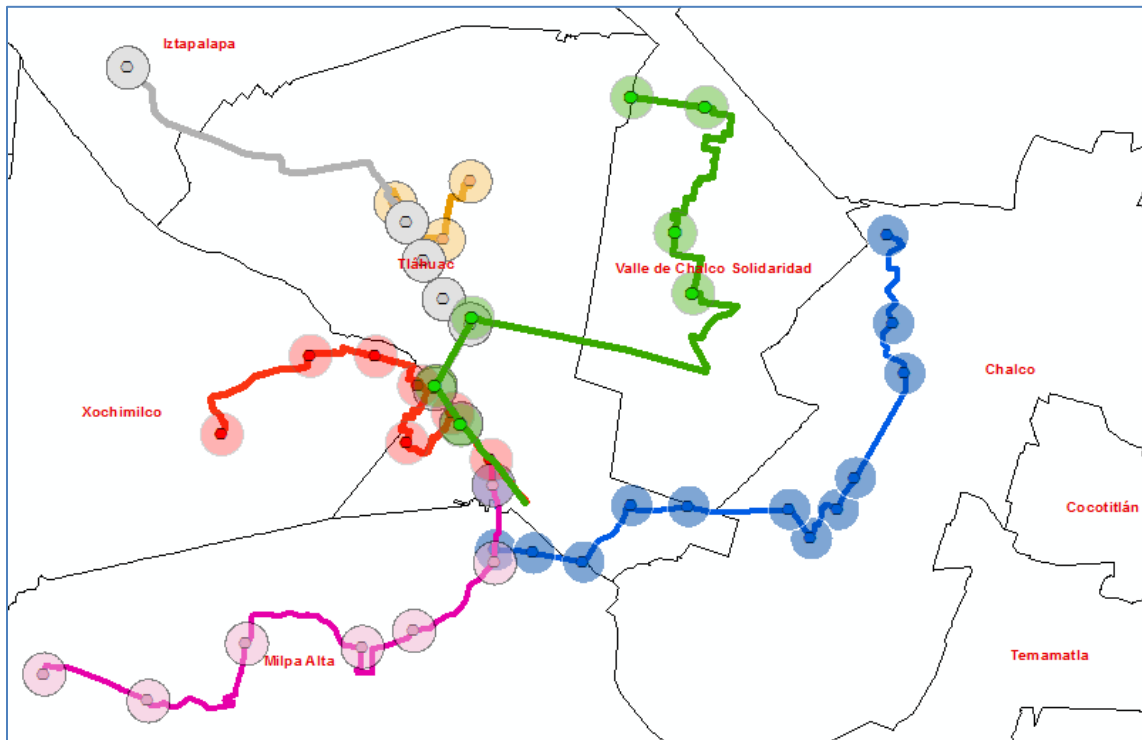


Figura 4. 15. Propuesta de paradas y rutas para la red de transporte del ITTII
Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

4.4.2 Selección de rutas para el ITTII

En la **Figura 4.15** (página 86), se muestra la ruta que van desde la alcaldía de Iztapalapa a la alcaldía de Tláhuac, esta ruta no es considerada como una más para la propuesta al Instituto Tecnológico de Tláhuac II, debido a que la ruta va en paralelo con la línea de Transporte Colectivo Metro de la Línea 12, la ruta coincide con las estaciones del Metro que son Periférico, Tezonco, Olivos, Nopalera, Zapotitlán, Tlaltenco y el paradero de Tláhuac. En la **Figura 4.16** se muestra las rutas a considerar, para el ITTII.

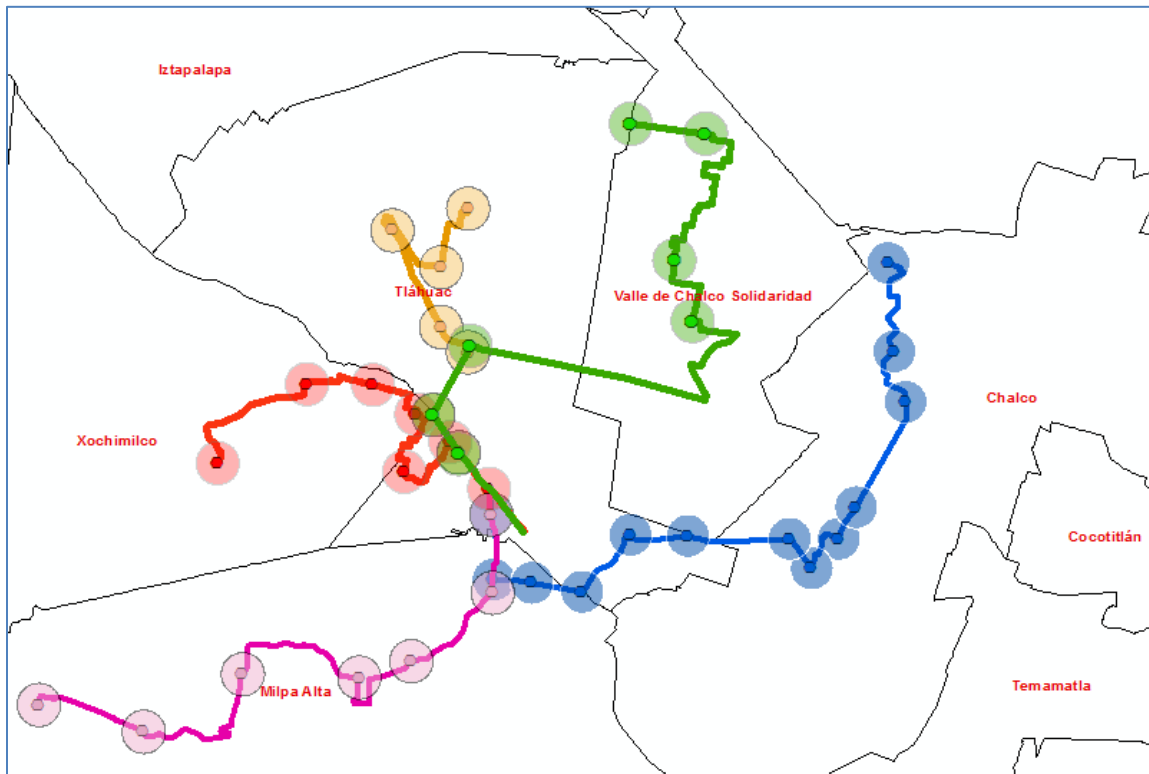


Figura 4. 16. Rutas propuestas para el ITTII

Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

4.5 Optimización de las rutas para el ITTII

La optimización de las rutas se basa en el trazo a partir de la impedancia³ para llegar en tiempo al ITTII, la impedancia depende de la velocidad con el cual se traslada el transporte motorizado, así como la ruta por la cual se desplazará. Esta ruta tiene la característica de contar con las condiciones que permitan un acceso apropiado al transporte escolar que se propone (existen alcaldías como la de Milpa Alta, donde el acceso no es conveniente para el transporte escolar propuesto). La velocidad de operación es un factor

³ Medida que combina tiempo, costes y distancias para representar la resistencia o impedimento para viajar en un enlace o ruta particular. (Real Academia de Ingeniería, 2019)

importante que puede afectar al usuario, la cual es la que se logra a lo largo de una ruta entre dos puntos terminales, por lo que, la velocidad promedio de circulación propuesta se encuentra 38% por debajo del promedio óptimo. Esta velocidad propuesta es de 30 km/h, debido a las condiciones del tránsito en horas pico de la mañana.

Con la impedancia mencionada, las rutas que se propone tienen las características de tomar en cuenta el costo mínimo, con la combinación de arcos consecutivos que unen a las paradas con los puntos de origen de los alumnos, se obtienen las rutas a considerar para las diferentes zonas de la demanda. Se proponen cinco rutas bajo las condiciones mencionadas, las rutas son de los municipios de Chalco y Valle de Chalco Solidaridad del Estado de México, de la CDMX son las alcaldías de Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta, como se muestra la **Figura 4.16** (página 87). La alcaldía de Iztapalapa que está en la CDMX, no se considera como una ruta más, por estar cubierta por la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro, que va de la estación de Mixcoac al paradero de Tláhuac, con una Longitud de 23 kilómetros con 722 metros, de los cuales 20 km con 278 metros que están en servicio y el resto para maniobras, con un total de 20 estaciones, de las cuales cuatro son de correspondencia (una es Terminal), 15 de paso y una terminal (Gobierno de la Ciudad de México, 2019), como se observa en la **Figura 4.15** (página 86) la ruta que no se considera esta en color gris.

4.5.1 Ubicación de la parada.

La ubicación de las paradas se realizó considerando la ubicación geográfica de la comunidad estudiantil como la demanda y la distancia de acceso a la ruta de transporte escolarizado.

Para la localización de las paradas se consideró dos factores básicos que influyen en la ubicación estas son:

Acceso de pasajeros. La ubicación y características de la parada deben enfatizar la seguridad del usuario. Por ello, es recomendable que las paradas estén localizadas donde el usuario esté protegido del movimiento de los vehículos y tenga espacio suficiente para circular sin que esto provoque interferencias a los flujos peatonales.

Asimismo, en lugares donde concurren dos o más rutas, deben localizarse de tal manera que la distancia por caminar para lograr la transferencia, sea la mínima, sobre todo si existen grandes volúmenes de transferencias.

Condiciones de tránsito. Este es un factor que debe estar presente en la ubicación de una parada, puesto que es deseable localizar las paradas de tal forma que minimicen las interferencias con el tránsito vehicular así como los movimientos peatonales. Por ello, es importante estudiar las interferencias que se presentan con los movimientos direccionales de otros vehículos, la facilidad del autobús de converger con el tránsito y la visibilidad que se tiene en puntos de cruce peatonal (Arellano, 2002, p 112 y 113).

A continuación, se presentan las rutas desarrolladas, así como el número de paradas que tiene cada una de ellas y los nombres de las calles en donde se ubicaron las paradas.

En la **Figura 4.17** se muestra la ruta que va de Milpa Alta al ITTII, con un total de 7 paradas, con una longitud de 19.6 km, haciendo un tiempo de recorrido de 47 minutos a una velocidad promedio de 30 km/h, la **Tabla 4.6** se muestra los nombres de las vialidades como la colonia donde están ubicadas las paradas.

Paradas	Entre las vialidades		Colonia
1	Agustín de Iturbide	Agustín de Iturbide	Sección I- IV
2	Av. Fabián Flores	Arroyo	San Miguel
3	Niños Héroe	Avenida Cuauhtémoc	Ocotitla
4	Avenida More	Blvd. Nuevo León Ote.	Centro
5	Bulevar José López Portillo	Tecoxpa	Santa Cruz
6	Avenida More	Barranca Seca	Cruztitla
7	Bulevar José López Portillo	Educación Tecnológica	Tecaxtitla

Tabla 4. 6. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Milpa Alta – ITTII

Fuente: Elaboración propia.

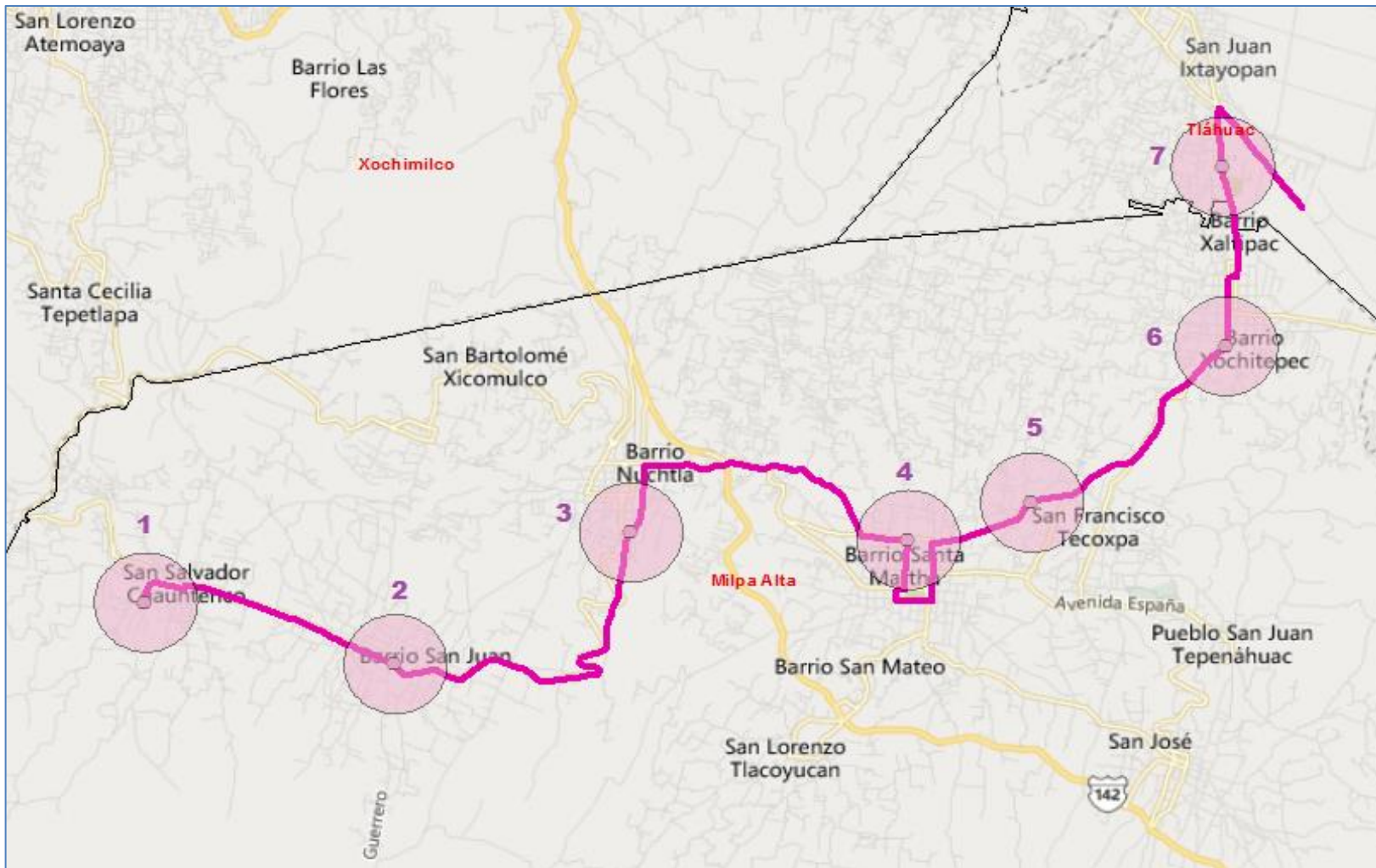


Figura 4. 17. Ruta Milpa Alta - ITTII

Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

En la **Figura 4.18** se muestra la ruta que va de Xochimilco al ITTII, con un total de 7 paradas, con una longitud de 13.5 km, haciendo un tiempo de recorrido de 39 minutos a una velocidad promedio de 30 km/h, la **Tabla 4.7** se muestra los nombres de las vialidades como la colonia donde están ubicadas las paradas.

Parada	Entre las vialidades		Colonia
1	Carretera. Xochimilco - Oaxtepec 113	El mirador	San Miguel
2	Avenida 5 de Mayo	Calvario	San Juan
3	Avenida Aquiles Serdán	Amaranto	Quirino Mendoza
4	Nicolás Bravo	Avenida de la Paz	Nativitas
5	Tehutli	Ecuador Nacional	La Soledad
6	Camino Real	Monte Real	San. Francisco
7	Camino Real	Bulevar José López Portillo	La Conchita

Tabla 4. 7. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Xochimilco – ITTII

Fuente: Elaboración propia.

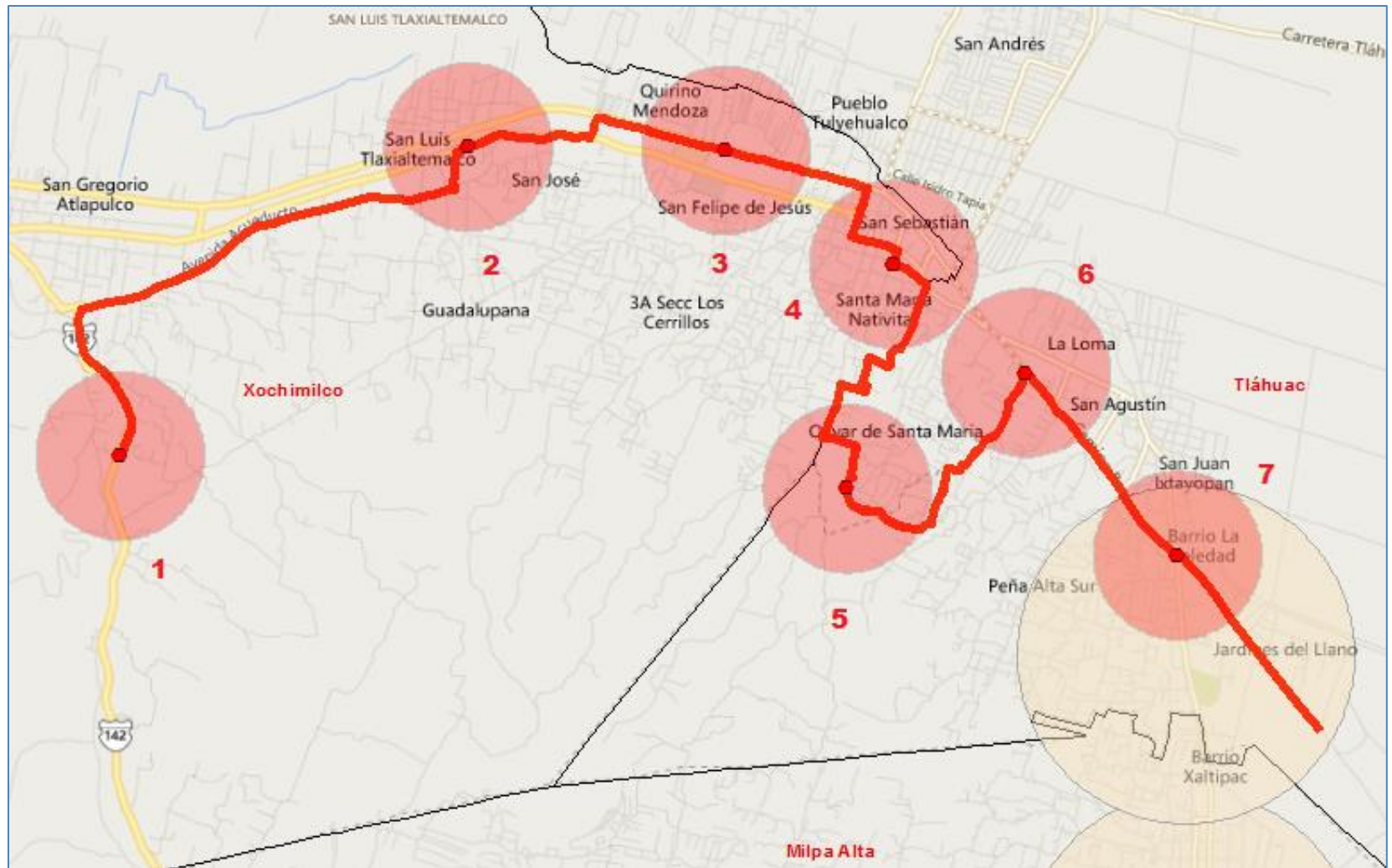


Figura 4. 18. Ruta Xochimilco - ITTII
 Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

La **Figura 4.19** se muestra la ruta que va de Chalco al ITTII con un total de 13 paradas, con una longitud de 20.9 km, haciendo un tiempo de recorrido de 63.8 minutos a una velocidad promedio de 30 km/h, en la **Tabla 4.8** se muestra los nombres de las vialidades como la colonia donde están ubicadas las paradas.

Parada	Entre las vialidades		Colonia
1	Oriente 46	Norte 14	Union de Guadalupe Chalco
2	Huehucoyotl	Mazahuas	Chalco Centro
3	Calle san Sebastián	3 de Mayo	Alfredo Baranda
4	Chalco - Mixquic	Avenida Popo	San Martin Xico Nuevo
5	Carretera Chalco - Ayotzingo	Cantorías	Santa Cruz
6	Temoca	Temoca	Santa Cruz
7	Chalco - Mixquic	Temoca	Santa Cruz
8	Plutarco Elías Calles	San José	Santa Cruz
9	Plutarco Elías Calles	Nezahualcóyotl	San Agustín
10	Avenida 5 de Mayo Ote.	Emiliano Zapata	Las Arboledas Noxcalco
11	Avenida 5 de Mayo Ote.	Barraca Seca	Xochitepetl
12	Avenida Morelos	Avenida 5 de Mayo Pte.	Tenantitla
13	Blvd. José López Portillo	Tecoxpa	Santa Cruz

Tabla 4. 8. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Chalco – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

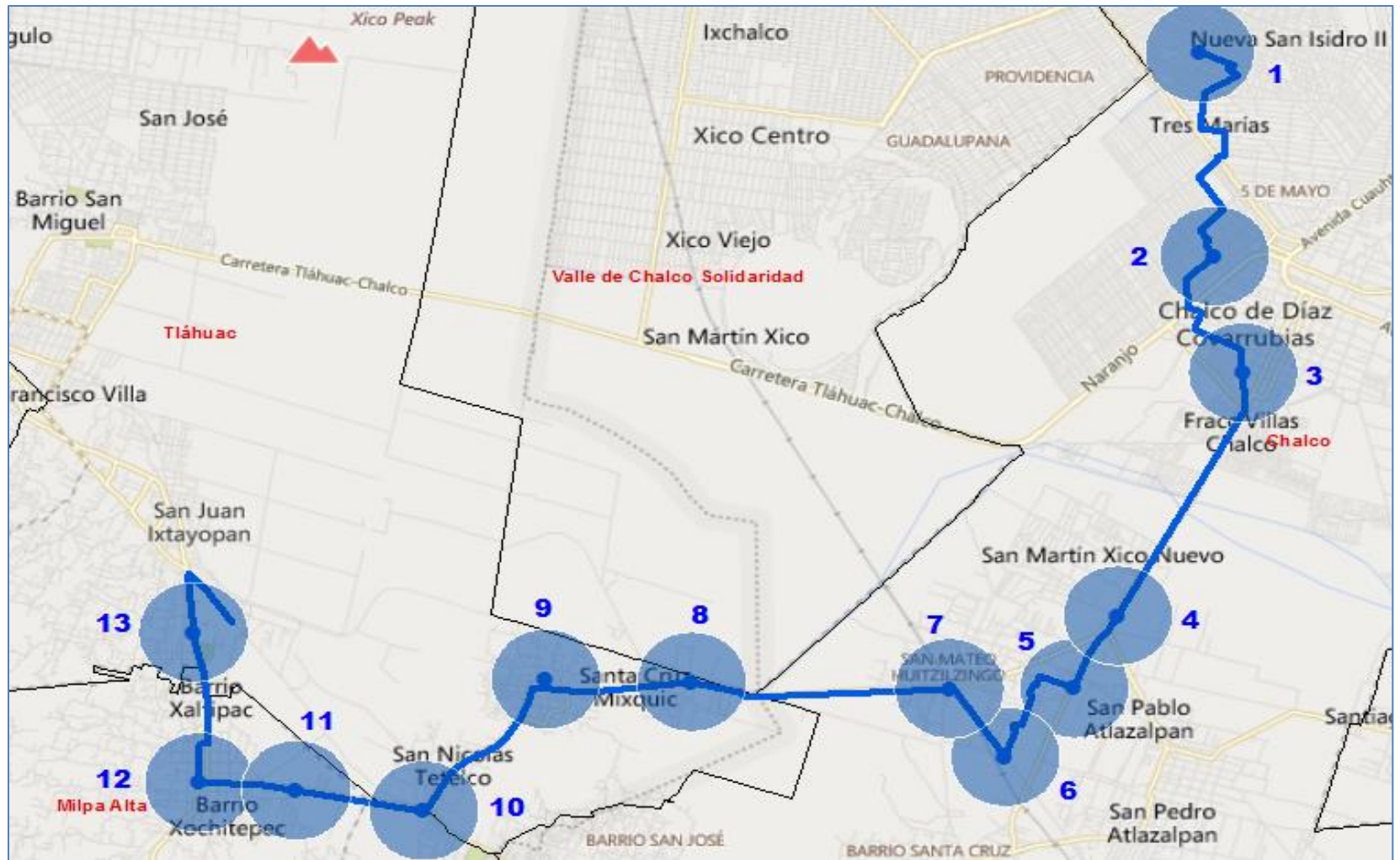


Figura 4. 19. Ruta Chalco – ITTII

Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

La **Figura 4.20** se muestra la ruta que va del Eje 10 Tláhuac al ITTII con un total de 7 paradas, con una longitud de 12.6 km, haciendo un tiempo de recorrido de 37 minutos a una velocidad promedio de 30 km/h, en la **Tabla 4.9** se muestra los nombres de las vialidades como la colonia donde están ubicadas las paradas.

Parada	Entre las vialidades		Colonia
1	Carretera Sta. Catarina	Cráter Atlas	Tezontitlan
2	Mar del Néctar	Montes Apeninos	Selene 2da Secc.
3	San Rafael Atlixco- Av. Tláhuac	Ojo de Agua	Las Puertas
4	Avenida Tláhuac	San Juan	Santa Ana
5	Avenida Acueducto	Primera Camino Real	San Andrés
6	Camino Real	Avenida de la Monera	Nativitas
7	Camino Real	La Barranca	Ampliación El rosario

Tabla 4. 9. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Eje 10 Tláhuac – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

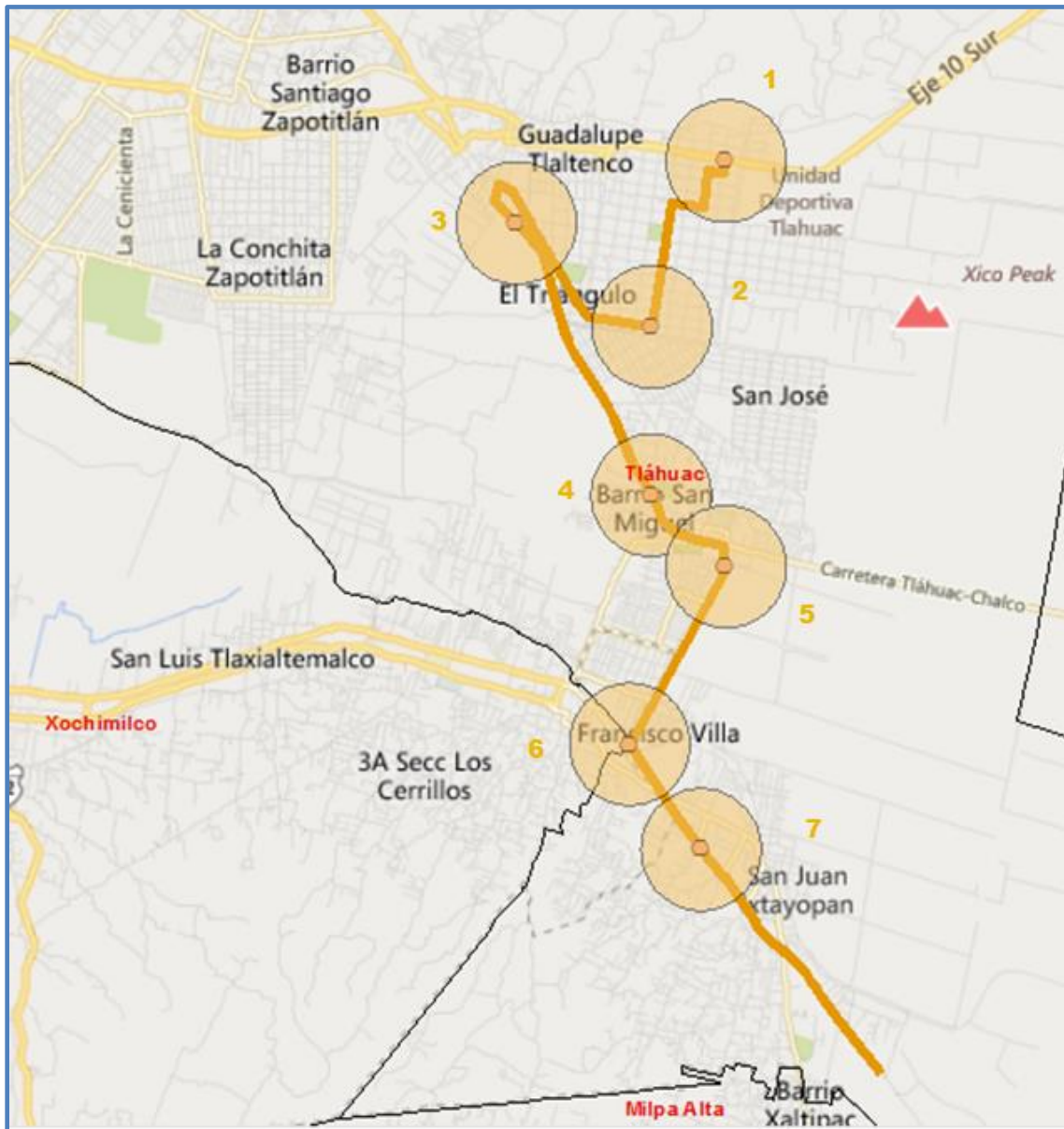


Figura 4. 20. Ruta Eje 10 Tláhuac - ITTII
 Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

La **Figura 4.21** se muestra la ruta que va de Valle de Chalco al ITTII con un total de 7 paradas, con una longitud de 49.9 km, haciendo un tiempo de recorrido de 63.9 minutos a una velocidad promedio de 30 km/h, en la **Tabla 4.10** se muestra los nombres de las vialidades como la colonia donde están ubicadas las paradas.

Parada	Entre las vialidades		Colonia
1	Avenida Pípila	Carretera Santa Catarina	La concepción
2	Avenida Guadalupe Posada	Avenida Cuauhtémoc	Del Carmen
3	Avenida Cuauhtémoc	Calle Pte. 15	Américas I y II
4	Poniente 7	Sur 20	Américas II
5	Avenida Acueducto	Calzada Tláhuac Chalco	San Andrés
6	Camino Real	Avenida de la Monera	Nativitas
7	Camino Real	La Barranca	Ampliación El rosario

Tabla 4. 10. Nombre de la calle o avenidas de las paradas de la ruta Valle de Chalco – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Velocidad de operación

La velocidad de operación (V_o) es la velocidad promedio que se considera cuando una unidad de transporte experimenta demoras debido a problemas de tránsito, el tiempo que le toma estar parado en la estación, así como el tiempo de ascenso y descenso del pasajero, factores por lo que se ve afectada la velocidad.

Se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_o = \frac{60 \times L}{t_r}$$

Donde:

V_o = Velocidad de operación [km/h]

L = Longitud de la ruta [km]

t_r = Tiempo de recorrido [min] (Arellano, 2002, p 396)

Para el calcular la velocidad de operación V_o , el tiempo que se toma para recorrer cada ruta, se obtiene directamente del software del ArcMap, se considera el tiempo de espera en cada parada, como el tiempo desde que se abre las puertas y cierra, de dos minutos. Vuchic, (2005).

En la **Tabla 4.11** se muestra las características de la ruta Valle de Chalco – ITTII, donde el tiempo total del recorrido es de 64 minutos y una longitud de 23.4 km, con un total de 7 paradas, como se muestra en la **Figura 4.21** (página 99).

Longitud de la ruta	23.47	km
Tiempo de recorrido sin paradas	49.95	minutos
Velocidad promedio	30	km/h
Velocidad de operación V_o	22.02	km/min
Paradas	7	
Tiempo de servicio por parada	2	minutos
Tiempo de servicio por 7 paradas	14	minutos
Tiempo servicio del viaje	64	minutos

Tabla 4. 11. Características de la movilidad de la ruta Valle de Chalco – ITTII

En la **Tabla 4.12** se muestra las características de la ruta Xochimilco – ITTII donde el tiempo total del recorrido de la ruta es de 39 minutos y la longitud de 13.5 km, con un total de 6 paradas. La ruta se muestra en la **Figura 4.18** (página 93).

Longitud de la ruta	13.51	km
Tiempo de recorrido sin paradas	27	minutos
Velocidad promedio	30	km/h
Velocidad de operación V_o	20.78	km/min
Paradas	6	
Tiempo de servicio por parada	2	minutos
Tiempo de servicio por 6 paradas	12	minutos
Tiempo servicio del viaje	39	minutos

Tabla 4. 12. Características de movilidad de la ruta Xochimilco – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 4.13** se muestra las características de la ruta Milpa Alta – ITTII, donde el tiempo total de servicio del recorrido es de 47 minutos, con una longitud de 19.6 km y un total de 4 paradas. La ruta se muestra en la **Figura 4.17** (página 91).

Longitud de la ruta	19.62	km
Tiempo de recorrido sin paradas	39.24	minutos
Velocidad promedio	30	km/h
Velocidad de operación V_o	24.92	km/min
Paradas	4	
Tiempo de servicio por parada	2	minutos
Tiempo de servicio por 6 paradas	8	minutos
Tiempo servicio del viaje	47.24	minutos

Tabla 4. 13. Características de movilidad de la ruta Milpa Alta – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 4.14** se muestra las características de la ruta Eje 10 Tláhuac – ITTII, con un tiempo total de recorrido de 37 minutos, la longitud de la ruta es de 12.6 km y un total de 6 paradas. La ruta se muestra en la **Figura 4.17** (página 91).

Longitud de la ruta	12.67	km
Tiempo de recorrido sin paradas	25.34	minutos
Velocidad promedio	30	km/h
Velocidad de operación V_o	20.36	km/min
Paradas	6	
Tiempo de servicio por parada	2	minutos
Tiempo de servicio por 6 paradas	12	minutos
Tiempo servicio del viaje	37.34	minutos

Tabla 4. 14. Características de movilidad de la ruta Eje 10 Tláhuac – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 4.15** se muestra las características de la ruta Chalco – ITTII, como el tiempo total del recorrido de 63 minutos, la longitud de la ruta es de 20.9 Km y un total de 11 paradas. La ruta se muestra en la **Figura 4.19** (página 95).

Longitud de la ruta	20.93	km
Tiempo de recorrido sin paradas	41.82	minutos
Velocidad promedio	30	km/h
Velocidad de operación V_o	19.67	km/min
Paradas	11	
Tiempo de servicio por parada	2	minutos
Tiempo de servicio por 11 paradas	22	minutos
Tiempo servicio del viaje	63.82	minutos

Tabla 4. 15. Características de movilidad de la ruta Chalco – ITTII
Fuente: Elaboración propia.

4.5.3 La Viabilidad en el Sistema de transporte para el ITTII

En este punto se considera la viabilidad en el sistema de transporte para el ITTII, no es parte de los objetivos de la tesis, sin embargo se da un ejemplo de acuerdo a los recursos que el ITTII puede adquirir, este puede ser considerado como un punto de referencia para otra tesis o continuar con esta.

Viabilidad Comercial y técnica

Actualmente el Instituto Tecnológico de Tláhuac II (ITTII) no cuenta con un sistema de transporte exclusivo para la comunidad, sin embargo la demanda por parte de la comunidad tecnológica es existente, ya que más del 75% provienen de diferentes

Alcaldías y Municipios que están alrededor del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, y hacen uso del sistema de transporte público.

Si la institución no cuenta con los recursos económicos para adquirir sus propios medios de transporte, se puede hacer un convenio con el sistema de transporte de la CDMX y el Instituto Tecnológico de Tláhuac II para hacer uso de los recursos con la que cuenta el gobierno.

Viabilidad Administrativa

El tecnológico es una institución que tienen 10 años desde su creación. No cuenta con grandes recursos, por lo cual no es posible poseer una infraestructura propia para adquirir una flota de transporte y dar el servicio a la comunidad, por lo cual se propone una solución visto en el punto anterior ante la falta de recursos.

Viabilidad legal

Las autoridades del tecnológico muestran interés al momento de plantear el proyecto, están en la disponibilidad para llevarlo a cabo.

Viabilidad ambiental

El beneficio que presenta la implementación del proyecto, es positivo en la disminución de contaminantes. La propuesta de proponer transporte exclusivo para el tecnológico, puede influir para aquellos que usan transporte particular y puedan dejarlo de usar, y contribuir a la disminución de contaminantes.

Viabilidad Administrativas

A falta de recursos propios por parte del Instituto tecnológico de Tláhuac II (ITTII), las autoridades correspondiente tiene que gestionar los recursos ante el Tecnológico Nacional de México (TNM).

Viabilidad Comercial

Actualmente no se cuenta con un sistema de transporte que sea exclusivo para la comunidad del Instituto Tecnológico de Tláhuac II (ITTII). La demanda por parte de la comunidad tecnológica es existente, ya que más del 75% provienen de otras Alcaldías y Municipios que no pertenecen a la Alcaldía de Tláhuac donde está el ITTII. El tecnológico tiende a crecer año con año, por lo cual la demanda crece. Actualmente no se cuenta con un transporte exclusivo que cubra la demanda de los demás tecnológicos que se encuentran en la zona como son los tecnológicos de Tláhuac, Tláhuac III, Milpa Alta I y Milpa Alta II.

La viabilidad financiera

Si el ITTII invierte en la compra de vehículos, tendrá una inversión inicial en pesos mexicano (MXN) de \$4, 200,000, en la compra de 6 unidades de transporte. Se realizó la investigación de precios de diferentes marcas y modelos de transporte con una capacidad de 100 pasajeros. En la **Tabla 4.16** se muestra deferentes marcas como modelos, el precio también está en relación de los kilómetros que tiene la unidad.

Marca	Modelo	km	Valor MXN
Euro V, Euro V+ o Euro IV	2019	0	1,885,004
Dina	2008	50,000	250,000
Volvo 9700	2006	100,000	700,000
Urbano 2008	2015	200000	1,700,000
Urbanos A Gnv /Cng	2019	0	2,300,000

Tabla 4. 16. Propuestas de unidades de transporte para ITTII Fuentes: (Libre, 2019)
Fuente: Elaboración propia.

Considerando una inversión inicial en la compra de seis autobuses, uno por cada ruta propuesta, uno para cada alcaldía de Xochimilco, Iztapalapa, Milpa Alta y Tláhuac, de la misma forma uno para cada municipio de Chalco y Valle de Chalco. Las unidades cuentan con un valor que oscila entre \$250,000 MXN a \$2, 300,000 MXN por unidad, el valor de las unidades se consultó en el mes de noviembre del año 2019, en la **Tabla 4.17** se muestra los precios de tres unidades.

Marca	Modelo	km	Valor \$	Unidades	Total MXN
Dina	2008	50,000	250,000	6	1,500,000
Volvo 9700	2006	100,000	700,000	6	4,200,000
Urbanos A Gnv / Cng	2019	0	2,300,000	6	13,800,000

Tabla 4. 17. Inversión inicial en la compra de unidades de transporte
Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el Instituto Tecnológico de Tláhuac II no cuenta con unidades, se proponer dos montos cero de \$13, 800,000 MXN de acuerdo a la **Tabla 4.17**, son seis unidades con un valor unitario de \$2, 300,000 MXN.

En la **Tabla 4.18** se muestra diferentes tarifas de cobros de pasaje.

cobro de pasaje	\$10 MXN	\$15 MXN	\$20 MXN
100 pasajeros	\$1,000	\$1,500	\$2,000
5 días a la semana	\$5,000	\$7,500	\$10,000
16 semanas de clases	\$80,000	\$120,000	\$160,000
2 periodos de clase al año	\$160,000	\$240,000	\$32,0000
El total de las 6 unidades	\$960,000	\$1,440,000	\$1,920,000

Tabla 4. 18. Cálculo de recuperación y ganancia
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.19** se muestra el periodo de recuperación de lo invertido y el periodo de ganancias si el usuario pagara la inversión, es importante recalcar que en los cálculos no se considera los gastos del costo del desgaste que sufre una unidad en la medida en que es utilizada, la vida útil de la unidad, los pagos de intereses, la depreciación, los sueldos y salarios del equipo humano. Costos de operación o de consumo como son los costos de mantenimiento, el consumo de combustible y lubricantes, impuestos de la unidad de transporte, rodamiento, costos por concepto de garaje cuando el equipo está inactivo (usualmente en horas nocturnas), la incidencia de la mano de obra (conductor u operario), no sólo se debe considerar el jornal básico, sino las prestaciones sociales y las pérdidas de tiempo en que el operario recibe salario sin que opere el transporte. Las prestaciones sociales dependen de las leyes laborales vigentes y de las convenciones colectivas de trabajo. Deben además tenerse en cuenta otros costos, como los recargos por horas extras, trabajo nocturno, trabajos en domingos y feriados y otras bonificaciones. El costo correspondiente al combustible depende del tamaño (potencia) del motor, de las condiciones de trabajo y del valor unitario del combustible (kilómetros recorridos con un litro de gasolina o

consumo de combustible durante una hora de trabajo). El consumo de lubricantes se incluye el aceite de motor, aceite para controles hidráulicos, aceite de transmisión, grasa, filtros. Los costos de estación; aseo y lavado del equipo. La vida útil de las llantas, el mantenimiento del equipo como es el desgaste de las piezas que están sujetas a fallas debido al desgaste ocasionado por el uso. Gastos de administración (directivos y personal administrativo, gastos de oficina, asesorías, publicidad); administración y gastos generales de operación (honorario de personal de talleres, despacho); gastos de financiación (intereses por empréstitos⁴, comisiones bancarias). Imprevistos, seguro de la unidad, seguro para el usuario (pasajero), etc. (Maza, 1999)

Para el cálculo de recuperación solo se está considerado un pasaje de \$ 20.00 MXN por usuario, como se muestra en la **Tabla 4.19**, la inversión inicial (momento cero) es de \$13, 800,000 MXN, para el primer año falta por pagar \$11, 880,000 MXN de inversión o deuda si se pide crédito, en el cuarto año el ingreso es de \$7, 680,000 MXN, para el octavo año el proyecto es rentable, generando una ganancia de \$1, 560,000 MXN.

⁴ Préstamo que un particular concede al Estado, a un organismo oficial o a una empresa, y que se materializa en bonos, cédulas, pagarés, obligaciones, etc.

Número de años	Ingresos MXN	Recuperas MXN	Ganancia MXN	pago de crédito MXN
Momento Cero	13,800,000	0	0	0
Año 1	1,920,000	1,920,000	0	11,880,000
Año 2	3,840,000	3,840,000	0	9,960,000
Año 3	5,760,000	5,760,000	0	8,040,000
Año 4	7,680,000	7,680,000	0	6,120,000
Año 5	9,600,000	9,600,000	0	4,200,000
Año 6	11,520,000	11,520,000	0	2,280,000
Año 7	13,440,000	13,440,000	0	360,000
Año 8	15,360,000	15,360,000	1,560,000	0
Año 9	17,280,000	172,80,000	16,920,000	0

Tabla 4. 19. Periodo de recuperación de la inversión.

Fuente: Elaboración propia

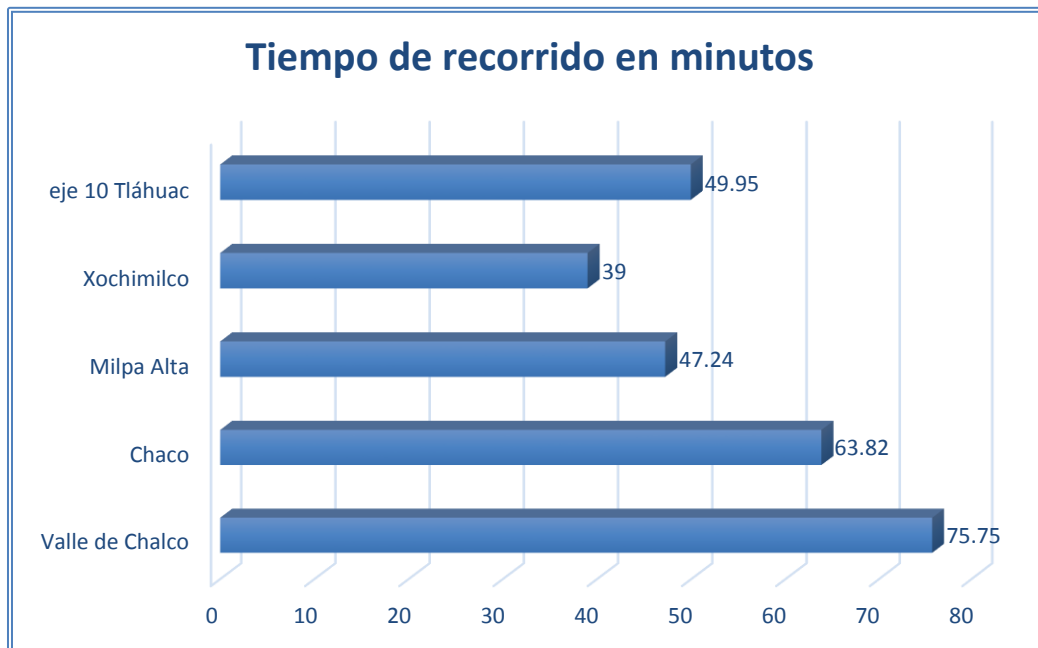
Capítulo 5.

Resultados

En este capítulo se comentan los resultados obtenidos para la propuesta de las rutas que pasan por las zonas de demanda por parte de la comunidad del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, por donde pasará el transporte escolar que dará a la comunidad tecnológica la seguridad en el traslado.

Se proponen cinco rutas que abarcan los municipios de Chalco, Valle de Chalco Solidaridad, pertenecientes al Estado de México, las alcaldías de Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta que se encuentran en la CDMX, como se observa la **Figura 4.16** (página 87) la alcaldía de Iztapalapa no se considera como una propuesta de ruta, por estar solventada por la Línea 12 de Sistema de Transporte Colectivo Metro (Mixcoac - paradero de Tláhuac), como se muestra en la **Figura 4.15** (página 86).

En la **Gráfica 5.1** se muestra el resumen de los tiempos de viaje de cada ruta de la zona de demanda de la comunidad estudiantil al ITTII.



Gráfica 5.1 Tiempo de recorrido de las rutas
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la **Gráfica 5.1**, la ruta con mayor tiempo de recorrido es la de municipio de Valle de Chalco y la de menor tiempo es la de la alcaldía de Xochimilco; considerando el tiempo de ascenso (t_a) de dos minutos, el tiempo de espera (t_w) de dos minutos y el tiempo de viaje o servicio depende de cada ruta.

En la **Figura 5.1** se muestran las seis rutas propuestas para el traslado de la comunidad estudiantil al ITTII, el transporte propuesto para la rutas tiene la capacidad para trasportar a 100 pasajeros, 31 pasajeros van sentados y 64 van parados.

Para las rutas de Valle de Chalco, Xochimilco y Tláhuac se necesita solo una unidad de transporte escolar, para las rutas que necesitan dos unidades de transporte escolar son Chalco, Milpa Alta, Xochimilco y el paradero de Tláhuac; son rutas propuestas para las autoridades.

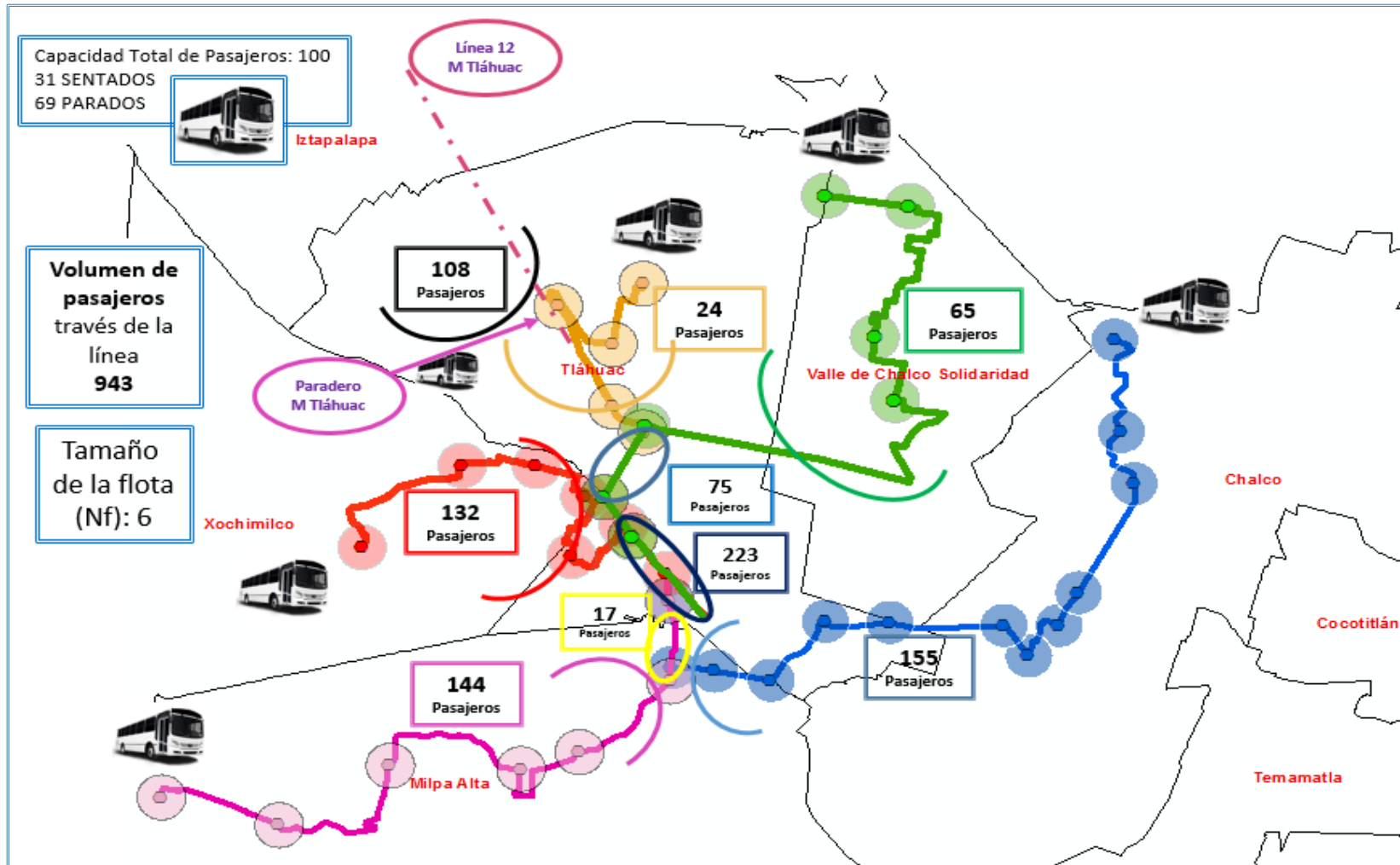


Figura 5. 1. Rutas propuestas para el Instituto Tecnológico de Tláhuac II
Fuente: Elaboración propia con ArcGis del módulo de ArcMap (Esri, 2018).

Conclusiones.

En la investigación realizada se determinan algunos factores que contribuyen a incrementar el clima de inseguridad en el transporte, que afecta a la comunidad del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, ubicada en la alcaldía de Tláhuac en la CDMX, otros factores que pueden contribuir a debilitar la seguridad en su traslado, es establecer la factibilidad técnica de tener un sistema de transporte escolar que ayude a mitigar los problemas de inseguridad a la comunidad.

Lo anterior permite ratificar que la inseguridad que se vive en el transporte público también afecta a la comunidad del Instituto Tecnológico de Tláhuac II, que se encuentra en la Alcaldía de Tláhuac en la CDMX.

No obstante, el hecho de que se tengan inseguridad en el transporte que afecta a la comunidad estudiantil, las autoridades de la Institución deben considerar el problema para mejorar y evitar en un futuro que esto afecte el desarrollo académico.

En este sentido en este trabajo, se propone una alternativa de transporte para la comunidad estudiantil, el cual es un sistema de transporte escolar como solución para mitigar el riesgo que tiene la comunidad en su movilidad al Instituto, que además de la seguridad, los senderos tienen la característica de seguir caminos principales, las paradas se considera en lugares “seguros”, sabemos que por las condiciones que se vive de inseguridad ya no se puede considerar como seguro; se genere un ahorro en el costo económico y en el tiempo de viaje, ya que la mayoría de los estudiantes en su traslado al

Instituto usan más de un modo de transporte, beneficiándolos además con la disminución en su desgaste físico como psicológico, por los diferentes factores debidos a la inseguridad.

En esta propuesta se identificaron la ubicación espacial de la demanda estudiantil, que permite proponer paradas para el ascenso vehicular por donde pasará el transporte escolar, las paradas están cerca del lugar donde se origina la demanda, estos paraderos son los centroides con un radio de 500 metros como límite, analizando en lo posible que el traslado no sea mayor a lo propuesto.

Con la identificación de la demanda y las paradas propuestas se diseñó una red de rutas para el transporte escolar, como una solución ante la inseguridad que se tiene en el transporte, se identificaron cinco rutas que permiten cubrir la demanda estudiantil del Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

Se determina el tipo, capacidad y número de los vehículos necesarios para cubrir las diferentes rutas propuestas que atiendan la demanda.

Finalmente, con los factores técnicos se propone una alternativa para facilitar la ayuda para la gestión de recursos, es decir con la propuesta de las paradas, rutas y tamaño de la flota de vehículos para el transporte escolar; se deja a consideración de las autoridades la propuesta para llevar acabo la gestión necesaria para implementar esta alternativa, ante el problema de inseguridad que se vive con el traslado al centro educativo del Instituto Tecnológico de Tláhuac II.

Recomendaciones.

Se considera las siguientes recomendaciones para llevar a cabo el proyecto propuesto en este trabajo de investigación de manera conveniente.

Pueda servir como apoyo para las autoridades del ITTII, para proporcionar el servicio en la seguridad en el traslado de la comunidad en la CDMX y sus municipios circunvecinos.

Se puede extender el proyecto para los demás Tecnológicos de las alcaldías de Milpa Alta y Tláhuac.

Se puede proponer el proyecto para los tecnológicos de la CDMX.

Se recomienda la adquisición de vehículos para dar servicio a las rutas propuestas.

Se recomienda realizar acuerdos con empresas particulares para cubrir las rutas.

Se recomienda realizar un convenio con el transporte público de la CDMX y Estado de México.

Se recomienda que los vehículos cuenten con cámaras, localizadores GPS y botón de pánico.

Se recomienda que los vehículos deben ir equipados con equipos de monitoreo, conectados a la policía o al Instituto.

Se recomienda que la zona de las paradas esten vigilada por la seguridad del gobierno de la CDMX

Se recomienda que el acceso a las unidades de transporte sea por medio de la credencial oficial del centro educativo y vigente, o una lista de pasajeros que será verificado con un código.

Se propone unidades vehiculares con capacidad de 100 pasajeros, que cuenten con 31 asientos y 69 espacios para personas paradas, sin embargo pueden ser de menor o mayor capacidad, esto depende de las unidades disponibles, y de la economía de la Institución.

Se requiere un presupuesto inicial de \$4,200.00, como se muestra en la **Tabla 4.18** (página 107).

Bibliografía

- Angel, A. (03 de mayo de 2017). *animal politico*. Obtenido de animal politico:
<https://www.animalpolitico.com/2017/05/cdmx-delitos-crimen-robos-denuncias/>
- Ángel, A. (15 de agosto de 2017). *Animal político*. Recuperado el 04 de mayo de 2017,
de Animal político: <https://www.animalpolitico.com/2017/08/inseguridad-delegaciones-cdmx/>
- Ángel, A. (2017). Las denuncias por robo en la CDMX llegan al nivel más alto en 5 años; atracos en Metro y bancos se duplicaron. *Animal político*,
<https://www.animalpolitico.com/2017/05/cdmx-delitos-crimen-robos-denuncias/>.
Recuperado el 15 de agosto de 2017
- Arellano, Á. M. (2002). *Trasporte Público, Planeación, Diseño, Operación Y Administración*. México D.F.: Fundación ICA, A.C.
- Bermejo, E. (05 de mayo de 2014). *Geo innova*. Recuperado el 09 de marzo de 2019, de
¿Qué es ea tecnología Arcgis?: <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-tecnologia-arcgis/>
- Byung-In Kim, J. P. (s.f.). The school bus routing. *European Journal of Operational Research*.
- Cano, L. (03 de enero de 2018). *ABC Internacional*. Recuperado el 08 de junio de 2019,
de ABC Internacional: https://www.abc.es/internacional/abci-mapa-paises-mas-peligrosos-mundo-2017-201712280158_noticia.html

- CDMX, G. d. (1 de Septiembre de 2019). *El Sistema de Información del Desarrollo Social (SIDESO)*. Obtenido de CDMX: <http://www.sideso.cdmx.gob.mx/>
- Chamizo Alberro, Y., Martínez de la Peña, A., & Morales Zaragoza, N. (julio-diciembre de 2013). Ubicación y movilidad hacia la nueva sede de la UAM Cuajimalpa: *Espacialidades. Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura*, págs. pp. 127-162.
- Conrado Augusto, J. G. (2016). Análisis de Rutas de Transporte de Pasajeros Mediante la Herramienta Network Analyst de Arcgis. Caso Aplicado en la Ciudad de Medellín. *Ingenierias USBMed*, 89 - 95.
- Dalila, R. (5 de agosto de 2017). Excélsior. *Caen 64 presuntos delincuentes en Chalco y Valle de Chalco*, pág. <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/08/05/1179826>. Recuperado el 05 de noviembre de 2017
- Edgar Martínez Vargas, M. R. (2016). Implementación paralela de un algoritmo genético para el problema del agente viajero usando OpenMP. *Research in Computing Science*, 9–19.
- Eduardo, V. (24 de noviembre de 2016). *Revista Transporte [CDMX]*. Recuperado el 12 de agosto de 2018, de UAM-Cuajimalpa se une a “Sendero Seguro” del Sistema M1: <https://tyt.com.mx/noticias/uam-cuajimalpa-se-une-a-sendero-seguro-del-sistema-m1/>

- Eloiza, A. V. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una Cooperativa de Transporte Escolar e Institucional en el Cantón Durán. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, 15.
- Erasmus López, Ó. S. (2013). El problema del agente viajero: un algoritmo determinístico usando búsqueda tabú. *Matemática: teoría y aplicaciones*, 127–144.
- Erika Gineth Espinosa Téllez, O. S. (2016). *Problema del agente viajero, Traveling Salesman Problem (TSP)*. Colombia: centra.
- Esri. (2018). *Esri*. Recuperado el 08 de octubre de 2018, de Arc Map:
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm>
- esri. (25 de 12 de 2019). *ArcGis Desktop*. Obtenido de ArcGis Desktop:
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm>
- esri. (29 de 12 de 2019). *esri*. Obtenido de ArcGIS: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/about-arcgis/overview>
- Fernández, E. A. (30 de nov de 2013). *Problema del Agente Viajero*. Recuperado el 23 de septiembre de 2017, de youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=ZnQtzQFTwfA&t=1s>
- Fernández, E. A. (23 de 09 de 2018). *Eduard Andrés Fernández*. Obtenido de youtube:
<https://www.youtube.com/channel/UCPKCAXdY5rVpg80R31EH2EA>

- Figuroa, J. G. (19 de marzo de 2012). *Blog about programming!* Obtenido de Algorithms and More: <https://jariasf.wordpress.com/2012/03/19/camino-mas-corto-algoritmo-de-dijkstra/>
- Fuentes, P. A. (21 de Octubre de 2009). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de uaeh: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e5.html>
- Gobierno de la Ciudad de México. (11 de 17 de 2019). *Línea 12*. Obtenido de Línea 12: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea-12-2>
- Gómez-Merelo, M. S. (s.f.). *Foro de Profesionales Latinoamericanos de Seguridad*. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de Foro de Seguridad: <http://www.forodeseguridad.com/artic/reflex/8182.htm>
- Grimaldi, R. P. (1994). *Matemáticas discretas y combinatorias*. EEUU: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Grimaldi, R. P. (1997). *Matemáticas discreta y combinatoria, Una introducción con aplicaciones*. Estados Unidos: Addison-Eesley Iberoamericana.
- Hits. (28 de noviembre de 2018). *onuhabitat por un mejor futuro*. Recuperado el 27 de mayo de 2019, de onuhabitat: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/violencia-en-inseguridad-en-las-ciudades>
- Instituto Nacional de Estadística, G. e. (1990). *Cuaderno de Información Básica Delegacional*. Aguascalientes, Ags: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

- ITTII. (2012). *Informe de rendición de cuentas 2009-2012*. CDMX: Instituto Tecnológico de Tláhuac II.
- Jalisco, E. e. (09 de mayo de 2014). Acuerdo. *Periódico Oficial*, pág. 26 y 27.
- Jaun de Dios Ortuza, L. G. (2011). *Modelling Transport*. London UK: Wiley.
- Johnson Baugh, R. (2005). *Matemáticas discretas*. México: Person, Prentice Hall.
- Justicia, P. G. (ENERO - DICIEMBRE de 2019). *Dirección General de Política y Estadística Criminal*. Recuperado el 18 de mayo de 2019, de Gobierno de la Ciudad de México:
<https://www.pgj.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Esta./2018/Anual2018.pdf>
- Libre, M. (2 de 9 de 2019). *Mercado Libre*. Obtenido de
<https://listado.mercadolibre.com.mx/>
- Machorro, J. C. (4 de marzo de 2014). *mi ambiente*. Recuperado el 26 de enero de 2018, de mi ambiente: <http://www.miambiente.com.mx/campus/establece-la-uam-x-transporte-express-exclusivo-para-su-alumnado/>
- Maribel, L. E. (24 de Noviembre de 2016). *Transporte seguro*,. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Cuajimalpa: <http://www.cua.uam.mx/news/noticias/transporte-seguro-accesible-y-economico-para-la-comunidad-universitaria-de-la-unidad>
- Maza, V. C. (1999). Modelo para el cálculo de la tarifa en equipos de transporte. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte.*, 33-41.

México, T. N. (2 de 10 de 2019). *TecNM*. Obtenido de TecNM:

<https://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>

Öncan, T. K. (2009). A comparative analysis of several asymmetric traveling salesman problem formulations. *Computers and Operational Research*, 637-654.

Ponce, J. A. (2015). La inseguridad ciudadana como proceso de “territorialización”: Aproximación conceptual y teórica. *De Universidad del Rosario Colombia Base de datos.*, 145-176.

Ramírez, D. (05 de agosto de 2017). *Caen 64 presuntos delincuentes en Chalco y Valle de Chalco*. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de Excélsior:

<https://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/08/05/1179826>

Real Academia de Ingeniería. (25 de 02 de 2019). Obtenido de Diccionario Español de Ingeniería: diccionario.raing.es/es/lema/impedancia-de-viaje

Rosen, K. H. (2004). *Algoritmo de Warshall (Roy-Warshall), Matemáticas discretas y sus aplicaciones*. España: Mc Graw Hill.

Rosen, K. H. (2004). *Matemática discreta y sus aplicaciones*. U. Internacional de la Rioja, UNIR: McGraw-Hill.

Seguí Pons, J. M. (2003). La planificación de rutas de transporte escolar a través de un Sig. *Internacional de ciencia y tecnología*, 58-76.

- Sergio Alberto Damián Hernández y Pascual Romo de Vivar Ubaldo. (1992). Capacidad del transporte público en autobuses interurbanos y suburbanos. *Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, 1.
- Sussman, J. M. (2005). *Perspectives on Intelligent Transportation Systems*. United States of America: Springer.
- Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit Operations, Planning and Economics*. Canada: Wiley.
- Willumsen, J. d. (2004). Programación Operacional en el Transporte Público Organizado. *ix encuentro de mathematics y sus applications* .