

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Propuesta de Diseño e Implementación de
un Sistema Inteligente de Transporte en la
Carretera Picacho Ajusco

T E S I S
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE
TRANSPORTE URBANO

Que para obtener el título de:
Licenciado en Ingeniería en Sistemas de Transporte
Urbano

PRESENTA:
Yair Gómez Resendiz

DIRECTOR:
M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez

Ciudad de México, noviembre 2021.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

“La imaginación es más importante que el conocimiento. El conocimiento es limitado, la imaginación rodea el mundo”.

Albert Einstein

Agradecimientos

A Dios por brindarme la vida, por conservarme con buena salud y facilitar las condiciones necesarias para poder concluir mí ciclo en la Universidad con éxito. En este momento vienen nuevas metas y nuevos retos y sé que estarás conmigo ayudándome en todo momento.

A mi Madre Tomasa Resendiz Juárez, eres una de las personas que más admiro y por lo cual reconozco la dedicación, lealtad, rectitud y valentía con la que afrontas la vida, tus esfuerzos son impresionantes, el amor y el apoyo que le entregas a tus seres queridos es increíble, quiero seguir aprendiendo de ti Mamá, Te Amo.

A mi Padre J. Enrique Gómez Herrera, para mí eres un superhéroe siempre estas intacto, macizo y con una fortaleza increíble, sabes elaborar un sinfín de oficios, eres dedicado, paciente, muy creativo e ingenioso y siempre encuentras soluciones, disfruto mucho de las enseñanzas que me brindas Papá, Te Amo.

A mis Hermanos Enrique Gómez Reséndiz y Everardo Gómez Reséndiz, siempre han estado ahí para mí, para cuidarme, protegerme, enseñarme, apoyarme y brindarme buenos consejos. Gracias por todo su cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida, los Amo. Un cálido abrazo y un beso hasta el cielo Kike.

A mis sobrinos Gael Isaac Gómez Santos y Diego Axan Gómez Santos, a quienes considero como mis hermanos menores, siempre están dispuestos en ayudarme y apoyarme. Así mismo en mis momentos más estresantes siempre están ahí para provocar una carcajada, los Amo.

A mi Tía Ma. Socorro Gómez Herrera quien siempre me brinda un buen consejo, una buena frase, y me ofrece un continuo apoyo, la amo.

A mi Cuñada Marycruz Santos Alejandro, quien continuamente me ha brindado un buen consejo y es una de las principales personas involucradas en apoyarme, gracias.

A mi Par Jimena Galván Romero, eres muy importante en mi vida y te siento muy profundo, gracias por ser paciente, apoyarme, ayudarme, entenderme y por permitirme hacer locuras juntos. Además de proponer hacer cosas diferentes y siempre levantarme el ánimo, Te amo.

A mi amigo Isaías Arellano del Ángel, te considero un hermano, en la carrera hicimos muy buena mancuerna y siempre nos apoyamos en todo. Vamos por más buenos momentos.

A mi Director de Tesis M. En I. Juan Gilberto Salas Márquez por ayudarme en la realización de esta Tesis, por el tiempo dedicado, la orientación y compartir varios puntos de vista, lo cuales mejoraron mi entendimiento sobre los temas realizados.

A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, sé que no fuiste de mis primeras opciones, pero tus excelentes instalaciones y tus magníficos profesores, me adoptaron en uno de los momentos más tristes de mi vida, pero al incorporarme a la institución y día con día me sentí más identificado y me enamoré de la institución, así como de mi carrera Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano.

“Gracias Totales”

	Índice
1	Introducción
2	Problemática
2	Justificación
3	Hipótesis
3	Objetivo general
3	Objetivos particulares
4	Metodología
	Capítulo 1.
	Fundamentos de Sistemas Inteligentes de Transporte
6	1.1 Contexto
6	1.1.1 Invención de caminos
15	1.1.2 Evolución del transporte
15	1.1.3 Seguridad vial
19	1.2 Antecedentes de los Sistemas Inteligentes de Transporte
21	1.3 Principales aplicaciones
	Capítulo 2.
	Carretera Picacho Ajusco
29	2.1 Antecedentes de la Carretera Picacho Ajusco
34	2.2 Ubicación de la Zona de Estudio
39	2.3 Dispositivos de Control del Tránsito
47	2.4 Inconvenientes de los Habitantes de la Zonas Adyacentes
55	2.5 Datos entorno a la Zona de estudio

	Capítulo 3.
	Diseño del ITS para la Carretera Picacho Ajusco
67	3.1 Arquitectura Funcional
68	3.2 Arquitectura Lógica
75	3.3 Arquitectura Física
	Capítulo 4.
	Análisis para la Implementación del ITS
90	4.1 Análisis Financiero del ITS
90	4.1.1 Cálculo del Costo Total del Sistema Inteligente
93	4.1.2 Financiamiento
95	4.2 Costo/Beneficio
97	4.2.1 Estimación de costo por afectaciones en la carretera Picacho Ajusco
98	4.2.2 Beneficiados
98	4.3 FODA
99	Conclusiones
101	Referencias

Introducción

Los Sistemas Inteligentes de Transporte, conocidos internacionalmente como ITS por sus siglas en inglés, tienen como objetivo mejorar la captura de procedimientos, control e información, para operadores y usuarios con el fin de mejorar el nivel de servicio, “el término ITS describe un amplio rango de tecnologías basadas en la informática y las telecomunicaciones, orientadas en resolver los problemas del transporte o de la movilidad” (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003, p. 11). Los ITS favorecen a mejorar la seguridad vial, ahorrar en costo de viaje, tiempos de recorrido, y en ayudar a reducir gases de efecto invernadero.

Uno de los primeros ITS para México fue un Sistema de Identificación Automática Vehicular (IAVE) el cual fue desarrollado por Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), “inicialmente para la identificación y conteo de vehículos que cruzaban las plazas de cobro de peaje y posteriormente, para realizar el pago del peaje de forma electrónica” (SCT, 2020, p.1). Actualmente en las principales carreteras del país ya existe la instalación de Paneles de Mensajería Variable, Sistema de Foto-multas, Aforo Vehicular, Básculas de Pesaje Dinámico, Reconocimiento de Placas (ALPR), Radares Meteorológicos, Detección Automática de Incidentes, Dispositivos de S.O.S., también

existe Infraestructura de Telecomunicaciones y personal capacitado en la utilización de Softwares Especializado.

Acerca de la Ciudad de México y de manera urbana existe tecnología entre las más conocidas son las Foto-cívicas, Reconocimiento de Placas (ALPR), Sistema de CCTV (C5 de la CDMX), Sistema Inteligente de Estacionamientos, Semáforos Inteligentes, entre otros. La aplicación de los ITS en la urbe es relativamente nueva y los podemos encontrar en calles o avenidas específicas, en cuestión a la infraestructura y personal del uso operativo es favorable ya que se encuentra a cargo de la Secretaría de Seguridad Ciudadana.

Es así como en la alcaldía Tlalpan en una de sus arterias Carretera Picacho Ajusco tiene problemas de flujo vehicular en Horarios de Máxima Demanda (HMD), en temporadas de lluvia suele presentar inundaciones poniendo en riesgo a la población, el nivel de respuesta por parte de las autoridades es tardía ante el hecho, los usuarios de la vía no cuentan con información en tiempo real, además que en la zona se contempla la carencia de cultura vial. Por lo cual el objetivo es diseñar e implementar un conjunto de ITS para mejorar el flujo vehicular, mantener informado al usuario en tiempo real sobre lo que pasa en la vía y por

medio de estos artefactos acrecentar la cultura vial y también se realizará un análisis financiero del sistema para saber su rentabilidad.

Por esta razón en el Capítulo 1: Antecedentes de los Sistemas Inteligentes de Transporte se comienza desde la historia de los caminos, transporte y seguridad vial, detallando su evolución de cada uno de estos 3 temas, para así establecer las bases y comprender mejor los ITS. Capítulo 2: Zona de Estudio, Carretera Picacho Ajusco en esta sección se analiza la ubicación, antecedentes, principales conflictos y datos del lugar, es así como se tiene una mejor visión del entorno en donde se aplicarían los ITS. Capítulo 3: Diseño de los Sistemas Inteligentes de Transporte para la Carretera Picacho Ajusco en este apartado se expone la arquitectura funcional, los componentes físicos del sistema, ubicación estratégica y el diseño mediante un software en 3D. Capítulo 4: Análisis financiero para la implementación del sistema inteligente, se realizará el cálculo total del ITS, el financiamiento privado, público y mixto, costo/beneficio, una estimación de los costos por las afectaciones en la Ctra. Picacho Ajusco y los beneficiados.

Problemática

La preferencia de la población actual es habitar en las grandes ciudades, la causa es generar una mejor calidad de vida, pero la realidad es que se crea diferencia social y económica, ya que es costoso habitar cerca de las zonas céntricas de la Ciudad de México, por lo cual los habitantes deciden ir a vivir a las periferias, donde pueden pagar una renta más económica o la posibilidad de adquirir un departamento, casa o terreno propio.

En ese mismo contexto, en las últimas décadas existe un aumento de población en las periferias de la Ciudad de México (INEGI, 2021), un ejemplo es el Cerro de Picacho y los Cerros del Ajusco en la alcaldía de Tlalpan. Este hecho conlleva al alto volumen de vehículos que transitan sobre la Carretera Picacho Ajusco, el alto flujo se convierte en un problema de congestión vial en Horarios de Máxima Demanda (HDM), ya que los habitantes necesitan viajar a las zonas de trabajo, escolares, recreación, compras y más. El tramo más saturado parte de la intersección Conkal hasta el Periférico Sur; como si fuera poco, esta problemática se le suma el estado obsoleto y desincronización de semáforos, la falta de información de la vialidad hacia el usuario, que de acuerdo a la presente investigación se detecta la ausencia de medidas rápidas de protección ante posibles inundaciones y la escasez de cultura vial.

Justificación

De acuerdo al Plan Integral de Movilidad de la Ciudad de México (2019), se pretende reducir los tiempos de traslado, favoreciendo la movilidad peatonal, ciclista, de transporte público y vehicular en general, además de impulsar la innovación y mejora tecnológica, así como políticas de seguridad vial orientados al cambio de conducta, por ello, la presente propuesta se enfocará en el diseño de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) adecuado para la vialidad anteriormente descrita; valorar los alcances de su posible implementación de tal manera que contribuya a la solución de la problemática, por lo que será necesario investigar los antecedentes de los caminos, el transporte, seguridad vial, geografía, los conflictos existentes y finalmente saber los viajes que se realizan, ya que estos

temas convergen de manera estructural para poder llevar una apropiada implementación de los ITS.

Los volúmenes de tránsito en la Ctra. Picacho Ajusco van en aumento, es así como en los últimos años los usuarios que recorren el último tramo de Norte a Sur, el cual tiene una longitud de 3.34 kilómetros, tardan aproximadamente 40 minutos en salir de la zona así mismo al ingresar del territorio en los horarios de máxima demanda (HMD), por lo cual es necesario la implementación de nuevas tecnologías para mejorar el flujo vehicular, mantener informado al usuario y aumentar la seguridad vial. Afortunadamente existen diversas soluciones como: aumentar carriles por sentido, hacer un segundo piso, introducir un sistema de Metrobús, trolebús elevado o sistema de teleférico y más. Pero la realidad es que es costoso, se necesita de bastante planificación, tiempo y los procesos de construcción generan más tránsito al reducir el número de carriles.

Ahora bien, en diferentes países de Europa o en el país de Estados Unidos ya se ha demostrado que los ITS han mejorado el flujo de vehículos, aumentado la velocidad comercial, reducido gases de efecto invernadero y enriquecido la cultura vial, así mismo se han creado normativas y modelos para su correcto uso. Su instalación es de manera rápida y no interrumpe al tránsito, el costo es menor e inclusive se puede pagar por sí solo a corto plazo, mediante un sistema de Foto-multas.

Hipótesis

La implementación de ITS en el tramo de estudio, por su tecnología y la naturaleza de la

vía, ofrecerá mejoras, pues generará un flujo constante de vehículos, aumentará la velocidad comercial, así como el ahorro de combustible, se incrementará la seguridad vial, también se mantendrá informados a los usuarios sobre las condiciones de la vía, así mismo proteger al usuario en posibles inundaciones y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero. Aquí vale la pena decir, que es posible acceder a un financiamiento para el ITS ya sea privado, público o mixto.

Objetivo general

Proponer el diseño e implementación de un Sistema Inteligente de Transporte en la Carretera Picacho Ajusco desde la intersección Conkal hasta el Periférico Sur la cual consta de 13 intersecciones, para mejorar el flujo vehicular, mantener informados a los usuarios en tiempo real, aumentar la cultura vial y saber si es posible su financiamiento de manera privada, pública o mixta y en cuanto tiempo se puede pagar.

Objetivos particulares

- Conocer mejor el contexto de los caminos, transporte terrestre y seguridad vial.
- Investigar sobre los antecedentes de los ITS, así como sus principales aplicaciones.
- Visitar las zonas de la Carretera Picacho Ajusco que tengan mayor flujo vehicular y observar sus principales conflictos.
- Realizar una propuesta de Sistemas Inteligentes de Transporte para la Carretera Picacho Ajusco.

- Mostrar la arquitectura lógica para el correcto funcionamiento de los artefactos del sistema.
- Presentar la arquitectura física de diseño de los dispositivos del ITS mediante el software en 3D.
- Tener una estimación del costo total del Sistema.
- Conocer que financiamiento conviene más (Privado, Público o mixto).
- Saber si el conjunto de ITS es rentable durante la vida útil.

Metodología

- 1.- Saber el contexto y hechos históricos sobre los caminos, el transporte terrestre y seguridad vial, así mismo conocer la ubicación donde se localiza la problemática y saber las condiciones en las que se encuentra la Carretera Picacho Ajusco.
- 2.- La Arquitectura Lógica es un algoritmo de funcionamiento es decir que es un algoritmo de tipo Pseudocódigo el cual sirve para la toma de decisiones del conjunto de componentes antes diseñados, con la posibilidad de suministrar los pasos necesarios para resolver tareas. Con el fin de crear un conjunto entre el diseño y el algoritmo funcional para así tener un mínimo de errores y sea funcional para el usuario de la vía.
- 3.- La Arquitectura Física se refiere a las partes y componentes del sistema, en este caso el poder realizar los diseños necesarios de los artefactos como: El Panel de Mensajería Variable (PMV), Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y Semáforos Inteligentes. Además de modelar en 3D para tener una propuesta visual.
- 4.- Mejorar el flujo vehicular mediante los instrumentos de CCTV en combinación con los Semáforos Inteligentes, este bloque trabajará mediante el algoritmo de funcionamiento establecido y de esta manera dar prioridad de paso a la Carretera Picacho Ajusco.
- 5.- Información en tiempo real con el PMV, hace la función de comunicar al usuario mediante iconos o texto preestablecidos mediante el algoritmo de funcionamiento, pero además tiene la posibilidad de informar lo que ocurre mediante el CCTV o Sensores.
- 6.- Mejorar la cultura vial al configurar el CCTV para la detección oportuna de posibles infracciones y a su vez mejorar la seguridad vial.
- 7.- Estimar el costo total del proyecto, realizar un análisis financiero, de igual manera saber el costo beneficio del ITS, así mismo saber los costos que existen por los vehículos inundados o siniestrados y finalmente a quienes beneficia el sistema.

Capítulo 1.

Fundamentos de Sistemas Inteligentes de Transporte

Contenido:

- 1.1. Contexto
 - 1.1.1. Invención de los caminos
 - 1.1.2. Evolución del transporte terrestre
 - 1.1.3. Seguridad Vial
- 1.2. Antecedentes de los Sistemas Inteligentes de Transporte
- 1.3. Principales Aplicaciones

1.1 Contexto

El tema a desarrollar es una propuesta de diseño e implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) para la Carretera Picacho Ajusco en la Ciudad de México, en el tramo con mayor congestión vehicular. Se identificaron 3 hechos históricos que son fundamentales para los ITS como lo son los caminos, el transporte y la seguridad vial, con estos elementos se entiende de mejor manera la aplicación de la tecnología empleada en las arterias.

1.1.1 Invención de caminos

Se define al concepto de camino de acuerdo con RAE (2020), como “Tierra hollada por donde se transita habitualmente, o vía que se construye para transitar”. Con esta definición se puede inferir que un camino, se puede construir solo con el hecho de caminar varias veces sobre el herbaje hasta secarlo y poder llegar al firme, de esta manera se crea una vereda, además se le puede ir agregando procesos de construcción, como ir desmontando la maleza, tratar de hacer trazos rectos, ensanchar la vía, emparejar el suelo al colocar materiales diversos.

En la antigüedad, las veredas o caminos hacían que las personas tuvieran comunicación con sus semejantes, mejorar su movilidad, poder recorrer distancias más extensas, hacer rápidos y cómodos sus viajes, al mismo tiempo les permitía caminar con seguridad ya que podían ver algún tipo

de percance, como si fuera poco se podía aprovechar el uso de algún artefacto para cargar mayor peso o más volumen y de esta manera transportar una infinidad de objetos de un punto a otro como lo son: agua, granos, cárnicos, leña, materiales de construcción entre otros. En cuanto a la domesticación de los animales, ayudaban a mejorar la transportación de individuos y mercancías. La necesidad de explorar por parte de las personas hacia crear más caminos, con más distancias, permitiendo llegar a otras regiones y tener contacto con otras personas, beneficiándose por el intercambio de productos, tecnologías, costumbres, cultura e ideas. La siguiente Figura 1 representa una vereda, entre el bosque la cual fue capturada en el paraje albergue alpino, km 21, Circuito Ajusco,



Figura 1
Vereda entre el Bosque
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada en San Miguel Ajusco CDMX.

Ampliación San Miguel Ajusco, 14710 Ciudad de México.

De acuerdo con Reyes & Cárdenas (2007) “Los antropólogos basados en los estudios de los restos humanos y reliquias arqueológicas, el ser humano existe cuando menos hace unos

100,000 años” (p.3). Además, mencionan una serie de hechos históricos sobre las primeras vías de comunicación por lo cual se decidió crear la siguientes Figuras 2 y 3 la cuales son líneas del tiempo basadas en los autores antes mencionados.

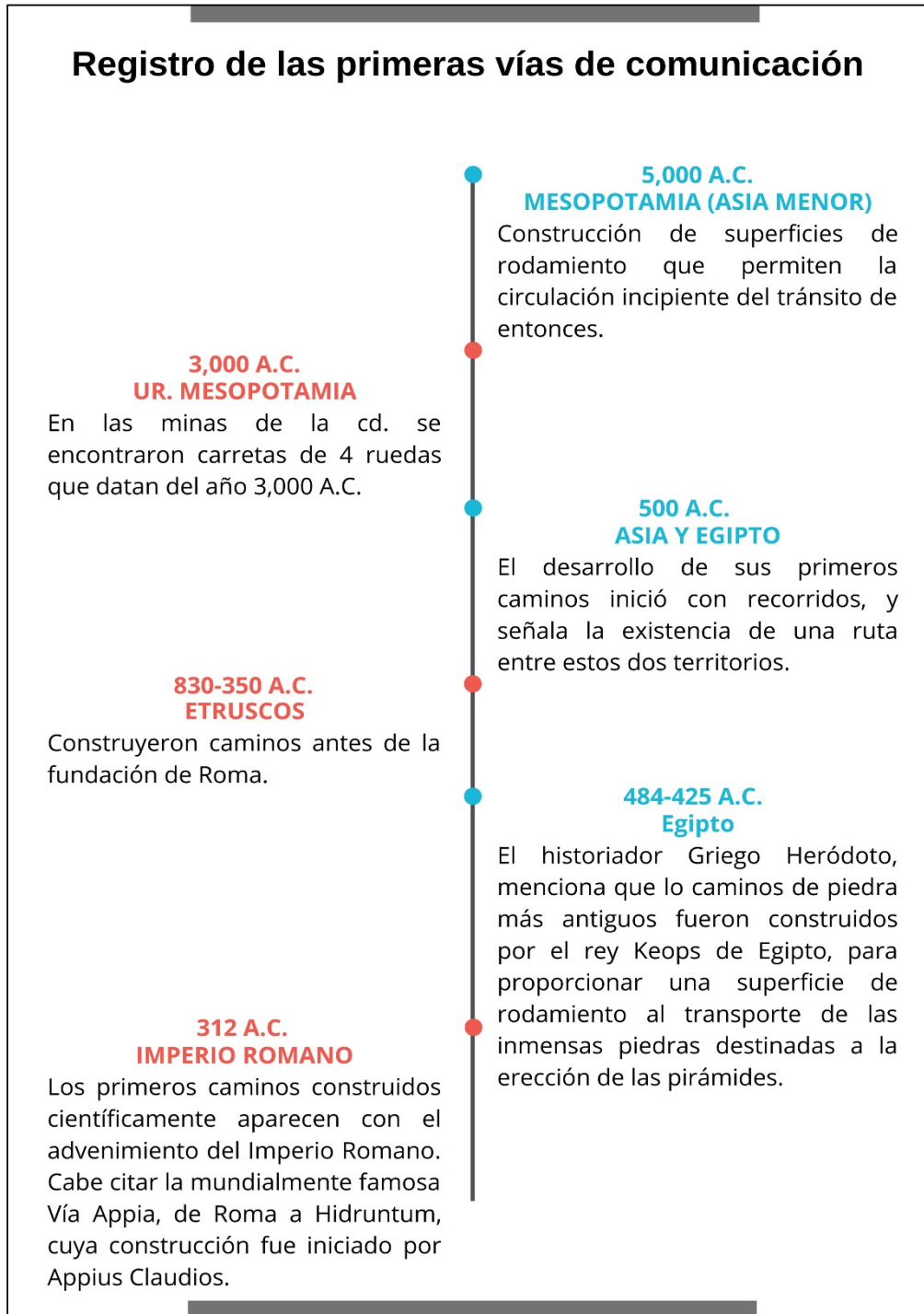


Figura 2
Registro de las Primeras Vías de Comunicación.
Nota: Adaptado, Ingeniería en Tránsito, Reyes & Cárdenas, 2007.

Registro de las primeras vías de comunicación

1521 A.C.

IMPERIO AZTECA

El imperio azteca, en México, pudo extenderse desde la costa del Golfo de México hasta la zona costera del Pacífico, gracias a rutas trazadas por los indígenas. Las crónicas españolas de la época de la conquista mencionan que la capital azteca estaba situada en una isla al centro de un lago y que grandes calzadas la comunicaban con tierra firme. Estas calzadas incluían puentes levadizos por la gran cantidad de barcas que cruzaban de un lado a otro.

752 A.C.

CULTURAS ANTIGUAS DE AMERICA

Entre estas culturas destaca la Maya en el sur de México y norte de Centro de América; la tolteca, que se establecieron en la Meseta Central de México, en el año 1325, los incas 1100 A.C. en el Perú, dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos, siendo notables los llamados Caminos Blancos de los Mayas. Estos últimos, formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación, eran cubiertos con una superficie de piedra caliza, cuyos vestigios existen actualmente en Yucatán, México.

Figura 3
 Registro de las Vías de Comunicación.
 Nota: Adaptado, Ingeniería en Tránsito, Reyes & Cárdenas, 2007.

Con las evidencias anteriores se puede contemplar que los seres humanos y las distintas civilizaciones han tenido grandes avances tecnológicos y uno de los más importantes son las vías de comunicación, ya que por medio de estas se pueden hacer más recorridos en menor tiempo, y las cuales son construidas dependiendo sus necesidades. Actualmente en la Ciudad de México gran parte del territorio cuenta con caminos hechos de pavimento además se agregan aditamentos como el drenaje, tubería de agua potable, banquetas, paso peatonal, ciclo vía, ciclo pista, semáforos, reductores de velocidad, señalamientos horizontales y verticales entre otros. En cuanto al concepto de Pavimento “Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten

a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente” (García, 2020, p. 1).

Los tipos de pavimentos más comunes son rígidos (concreto) y flexibles (asfálticos).

Pavimento rígido.

Se compone de: 1.- losa de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero. 2.- la Base es construida con partículas duras y durables como roca triturada, y 3.- Subrasante es el terreno natural. Tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo, Figura 4.

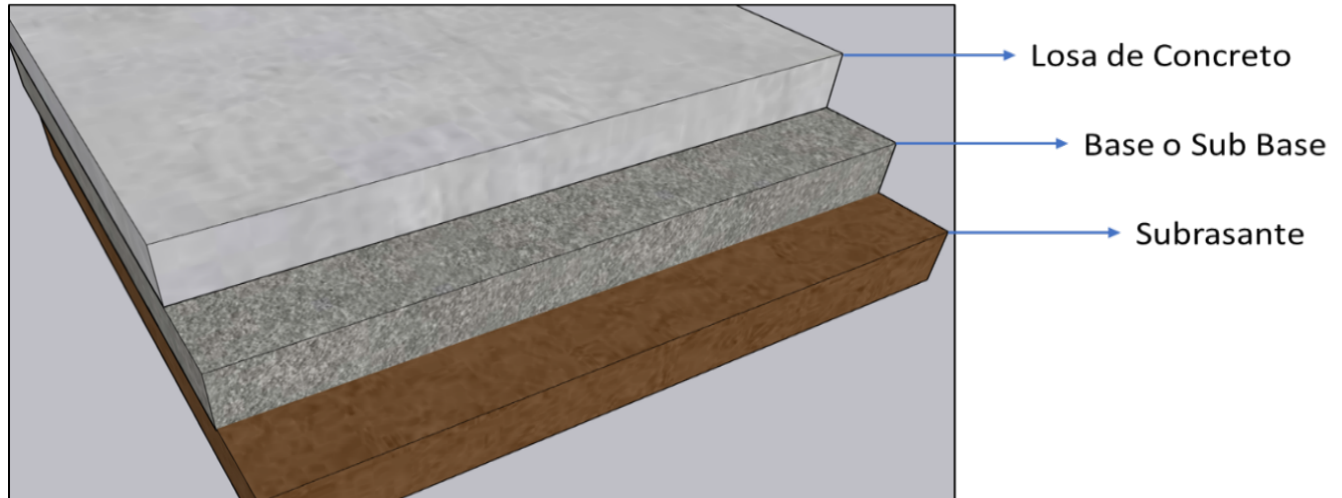


Figura 4
Pavimento Rígido
Fuente: Elaboración propia, diseño hecho en AutoCAD 2021.

El pavimento flexible.

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su

vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, base y subbase, Figura 5.

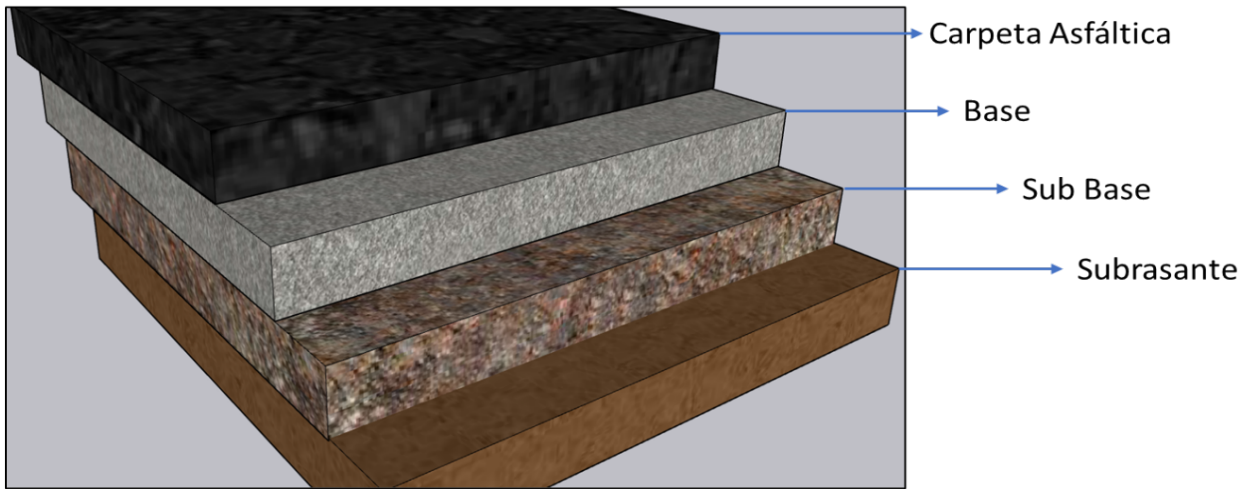


Figura 5
Pavimento Flexible
Fuente: Elaboración propia, diseño hecho en AutoCAD 2021.

Además de contar con estos tipos de pavimentos se le suma la clasificación de vialidades y de acuerdo a los planteamientos de Molinero y Sánchez (2005), pues mencionan “que existen diferentes tipos de derecho de vía, dependiendo la superficie de rodamiento, el transporte y la importancia que le asignamos a esa vialidad” (p.7). Estos son los diferentes derechos de vía:

Derecho de vía tipo C:

Representa la vialidad en que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Es decir, que opera con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales en todo o en algunas partes de su desarrollo (Molinero & Sánchez, 2005, p. 8).



Figura 6
Derecho de Vía Tipo C
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Av. Juárez, Centro Histórico, CDMX.

En el caso de la Ciudad de México, la mayoría de las vialidades son de tipo C, ya que ahí interactúan diferentes tipos de transporte (Autos privados, taxis, taxis de aplicación, autobuses públicos, camiones de carga, bicicletas, peatones y más), como se muestra en la Figura 6.

Derecho de vía tipo B:

Muestra una separación física del tránsito longitudinal a través de elementos fijos, tales como barreras y guarniciones. Sin embargo, mantiene los cruces a nivel con otros vehículos, así como con los peatones (Molinero y Sánchez, 2005, pág. 9).

En la Ciudad de México, un ejemplo que ilustra lo anteriormente expuesto es la Avenida

de los Insurgentes, debido a que esta vialidad cuenta con un carril confinado para METROBÚS, es decir que solo estos autobuses de transporte público y vehículos de rescate pueden transitar por este espacio, pero se ven afectados en las intersecciones porque conviven con otros tipos de vehículos o peatones y reduce su velocidad. La siguiente Figura 7 fue tomada en Av. De la Paz, Estación elevada de Metrobús (La Bombilla), además el carril confinado mediante separadores longitudinales, tiene una carpeta asfáltica especial tipo hidráulica la cual soporta el peso de los autobuses, más el peso de las personas a bordo. Además, se aprecia que en la intersección se ve afectado, por el semáforo, paso de peatones, bicicletas y otros vehículos.



Figura 7
Derecho de Vía Tipo B
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Av. De los Insurgentes Sur, CDMX.

Derecho de vía tipo A:

El cual muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo de solución puede ser subterránea, elevada o a nivel (Molinero y Sánchez, 2005, pág. 9).

Dicho de otro modo, son los espacios que únicamente los usa el modo de transporte,

el cual no tiene interacción con otros modos ni peatones, por lo cual no se ve afectado y obtiene mejores velocidades, un ejemplo de este tipo de derecho de vía es el Sistema de Transporte Colectivo Metro, de la Ciudad de México, Fotografías capturadas en la estación Viveros/Derechos Humanos, Línea 3, dirección Universidad a Indios Verdes como se ve en la Figura 8.



*Figura 8
Derecho de Vía Tipo A
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en los andenes del metro línea 3, estación viveros.*

Como breve conclusión, la humanidad tiene la necesidad de movilizarse, para poder satisfacer sus necesidades, con los caminos se han descubierto nuevas regiones, culturas e intercambio de conocimiento. Los caminos

se transforman a partir de la necesidad de los usuarios y a estos se les va acondicionado mejoras para así tener una mayor calidad de viaje.

1.1.2 Evolución del transporte

El siguiente punto trata de la evolución del transporte terrestre y según la RAE (2020) transporte es la “acción y efecto de transportar o transportarse. También es un Sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro.” Etimológicamente la palabra transporte proviene de dos vocablos latinos: trans y portare que respectivamente, significan al otro lado y llevar. Se comprende que el transporte es la actividad de llevar individuos, animales o cosas de un punto A, a un punto B. Esto se puede notar que el hombre y la mujer, siempre han tenido la necesidad de transportarse o transportar algo; lo que facilita el traslado es el modo (vehículos) y el medio (la superficie) de transporte. En consecuencia, a través de los siglos se puede observar la evolución que ha tenido el transporte terrestre y a su vez el desarrollo de los caminos.

En las Figuras 9 y 10 se creó una línea de tiempo con las referencias de los autores Reyes y Cárdenas (2007), donde describen la evolución de los transportes terrestres, comenzando desde los Homínidos que desarrollaron la capacidad de caminar y esta actividad se considera un modo de transporte natural para la mayoría de las personas, lo que posibilita movernos de manera independiente para viajar a nuestros lugares de interés, pero solo sirve a distancias cortas. Esta necesidad de desplazarse y su evolución permite transitar hasta la invención de los vehículos de combustión interna.

En el último siglo se tiene una gran variedad de vehículos que funcionan con diversas fuentes de consumibles como: la combustión interna que al paso de los años mejora prestaciones y

rendimiento, híbridos eléctricos estos combinan un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos, los 100% eléctricos es decir que se pueden conectarse a la energía eléctrica de casa o en electrolineras. Finalmente tenemos los vehículos prototipo con motores a Hidrógeno, Eólicos, Solares, Biodiésel, etc.

Con todo lo anterior a lo largo del tiempo el individuo ha tenido la necesidad de moverse de manera individual, en grupo o con carga, asimismo su entorno posibilitaron, el avance de la tecnología, mecanismos más eficientes y menos contaminantes, por lo cual ahora se goza de mejores transportes terrestres, adecuados para cada necesidad, pero de igual manera se han creado transportes en los diferentes medios como lo es sobre y sumergidos en agua, en el espacio aéreo, en vías ferroviarias, actualmente y el gran reto es en el espacio exterior que son las regiones relativamente vacías del universo fuera de las atmósferas de los cuerpos celestes.

1.1.3 Seguridad vial

La seguridad vial se crea años después de la existencia de las primeras carretas, ya que las personas tienen la obligación de mejorar los objetos o crear normas de convivencia para satisfacer esa necesidad de sentirse más seguro y tener mayor confort, a esto lo conocemos como tecnología que va a bordo del vehículo, así como reglamentos o normas de tránsito. Esto sirve para proteger al conductor, acompañantes y mercancías. Asimismo, radica en crear leyes que regulen los accidentes de tránsito, sancionar a las personas culpables que ocasionan un percance, de esta manera salvaguardar la vida y salud de peatones y conductores que circulan en la vía pública. En tal sentido en los

Evolución del Transporte Terrestre

30,000 - 5,000 A.C.

Domesticación de animales

Según con zooportraits, (2018):

Los animales domésticos más antiguos

Animal	Origen	Cronología (años)
Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Europa	20.000 - 30.000
Cabra (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	Oeste asiático	10.500
Vaca (<i>Bos primigenius taurus</i>)	Mesopotamia	10.000
Oveja (<i>Ovis orientalis aries</i>)	Oeste asiático	9.000
Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	China	8.000
Dromedario (<i>Camelus dromedarius</i>)	Arabia	6.500
Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	Asia	5.000

3.7 MILLONES A.C.
Invencción de la Rueda

Según con estudio publicado por la Royal Society de Londres, los homínidos desarrollaron la capacidad de caminar erguidos hace 3,7 millones de años.

3,500 A.C.
Egipto

En la publicación de la BBC, (2017), La evidencia más antigua es la rueda que se encontró con los ceramistas en la antigua Mesopotamia por los años 3500 A.C. Así que la rueda es un invento relativamente reciente.

408 A.C.

Invencción de la carretilla

Grecia inventa la carretilla para el transporte de material de construcción.

Figura 9
Evolución del Transporte Terrestre
Nota: Adaptado, Ingeniería en Tránsito, Reyes & Cárdenas, 2007.

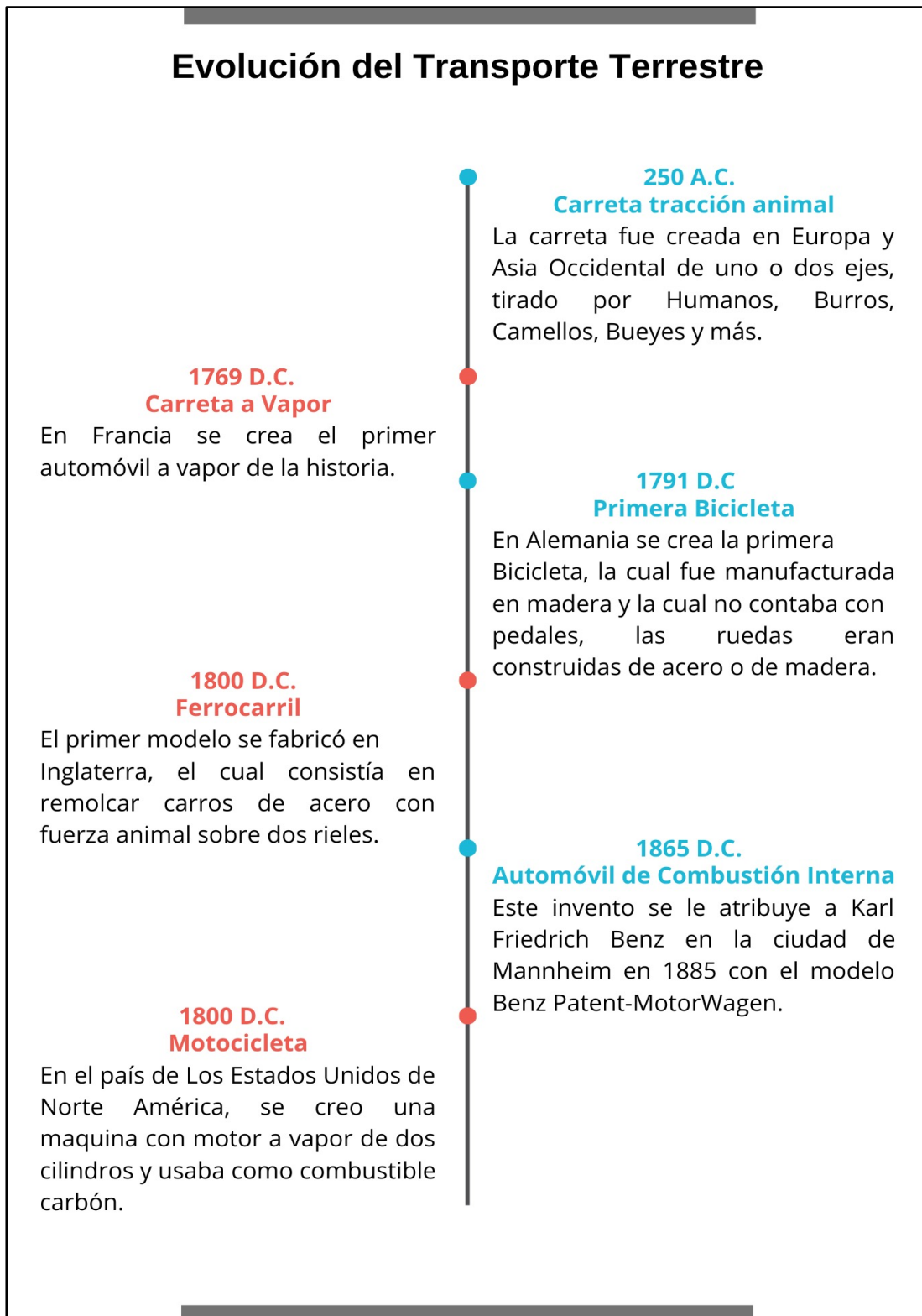


Figura 10
Evolución del Transporte Terrestre 2

Nota: Adaptado, Ingeniería en Tránsito, Reyes & Cárdenas, 2007.

siguientes párrafos se investigan los hechos tecnológicos más relevantes históricamente para la seguridad vial y mencionar las primeras leyes reguladoras.

Antecedentes de la seguridad vial: El tema a desarrollar es la evolución que tiene la seguridad vial, como se observó anteriormente en la Ilustración 6, la creación del vehículo de combustión interna fue una invención novedosa por el inventor Karl Friedrich Benz en 1886, el cual era un triciclo con una plataforma donde se montaba el motor a combustión interna, un asiento, una palanca de dirección, ruedas de acero y freno de mano. Acerca de las primeras contribuciones de la seguridad vial moderna, y que hasta el día de hoy sigue vigente, son los espejos retrovisores, como describe Levitt (1909), la idea la llevo a cabo la piloto de autos quien le dio una experiencia femenina a su automóvil de carreras, colocando un espejo de mano en el lugar adecuado, adentro de la cabina para poder observar a sus adversarios que venían detrás de ella.

Pero no fue hasta 1921, cuando se crean los espejos retrovisores y se patentó este invento a nombre de, Elmer Berger y 6 años después la marca Ford lo incorporó en el modelo T, siendo la innovación de los vehículos producidos en serie. En este mismo contexto de hacer más cómodo el vehículo, y por consiguiente más seguro. A continuación, el autor García Orozco (2016) cita a la creadora Mary Anderson, quien, en 1904, se acercó a la oficina.

de arbitraje de Nueva York y patentó al "Brazo giratorio para despejar el parabrisas". El cual radicaba en limpiar el parabrisas de una automóvil, mediante una cuchilla con una

goma, además, contaba con un brazo que se movía en semicírculo mediante una palanca manual, pero este invento nunca fue utilizado por ninguna marca, pero cada empresa automotriz, adecua esta idea para hacer su propio limpiaparabrisas.

Camós (2012) hace mención en su artículo el Ingeniero Estadounidense Robert Kearns inventó en 1963 e hizo una mejora decisiva: el limpiador intermitente; la necesidad de pausar el barrido del limpiaparabrisas se debe al hecho de que el movimiento continuo lo dificulta y distrae el campo de visión del conductor. Diseñó esta breve pausa de 4 segundos para simular el parpadeo y relajar al conductor, creando velocidades variables.

Retomando el vehículo inventado por Karl Friedrich Benz, no contaba con seguridad y uno de los principales conflictos que hubo, fue lo rígido que era el vehículo y por consiguiente no brindaba la comodidad a las personas, además les provocaba inquietud a causa de que se maltrataba la mercancía, debido a que se transitaba por caminos de terracería, por esta circunstancia y después de 45 años se inventó la suspensión independiente en 1931, la cual mejoraba el confort de los individuos y de los objetos, este mecanismo contaba con el nombre de "Low-pivot Swing-Axle" y fue utilizado por Mercedes Benz en los modelos W-180 o mejor conocidos como Pontón en 1954.

Como se menciona en párrafos anteriores el triciclo de Karl Benz solo contaba con una palanca central, el cual controlaba el curso de la rueda frontal, aunque viajaba a bajas velocidades, no tenían el dominio total. Aunado a esto se ve la necesidad de crear en 1939 la

columna de dirección hidráulica, lo que permite al conductor tener un mejor dominio sobre el vehículo, al desarrollar estas piezas, se obtiene que el vehículo tenga dos ejes, uno trasero y uno delantero, este último le da la dirección al vehículo, asimismo el conductor lo puede controlar desde un volante, teniendo mejor control del coche y evitando posibles percances, a su vez la columna de dirección puede ayudar de manera importante a reducir, los riesgos de muerte al sufrir un impacto, ya que esta pieza amortigua el pecho del conductor.

Por otro lado, es importante destacar a las ruedas, aunque ya se había trabajado con materiales diversos, el autor M. Osorio (2014) nos menciona que fue hasta 1891, donde los primos Édouard y André Michelin, descubren el potencial del caucho vulcanizado y crea una llanta desmontable para bicicletas. Por lo cual deciden en 1895, crear un automóvil de nombre L'Éclair, y equipado con neumáticos Michelin, para el año 1946, se desarrolló un rin ancho y de acero desmontable con neumático de caucho, el cual brinda mejor dirección, tracción, amortigua golpes, brinda estabilidad, soporte de carga, fácil instalación y finalmente estableció el tamaño, el diámetro, índices de carga del neumático que actualmente conocemos, también es el pionero en incorporar las llantas de repuesto que todo vehículo posee.

El cinturón de seguridad de tres puntos que se usa hoy en todos los automóviles, Las Heras (2019), redacta un poco de este gran invento, fue inventado en 1959 por Nils Bohlin, un ingeniero sueco, el cual trabajó para Volvo e inventó el cinturón de seguridad que ahora salva millones de vidas anualmente y lo mejor es que decidieron liberar la patente para que

otras marcas lo puedan utilizar. A la década siguiente los frenos del automóvil toman una gran relevancia, ya que hubo diferentes avances, pero el más emblemático es la incorporación de los frenos de discos traseros y delanteros en 1961. Años después en 1963, Mercedes comenzó a instalar una serie de sistemas de frenos con 3 circuitos, para el año de 1965, Volvo agregó una válvula limitadora de presión.

También existe la competencia por crear mejor tecnología, entre las marcas para ofrecer mejores frenos y disipar mejor el calor, Porsche en 1966 lanzó el disco autoventilado. Hasta 1980 se comenzó a conocer los frenos ABS, que es una aplicación electrónica a los sistemas de frenado, actualmente se encuentran en la mayoría de los vehículos. Además, ahora se cuenta con asistencia de frenado y control de tracción ASD, ASR y ESP que funcionan en paralelo con los ABS.

Al mismo tiempo, entre los años de 1970 y 1980 se comienza a crear la tecnología para salvaguardar la integridad de todos los usuarios dentro de un automóvil, ya que en esta década los vehículos comienzan a tener mejores prestaciones, a su vez incrementa el número de autos circulando y por lo cual se elevan los accidentes de personas. Los principales afectados son los niños, creando el sistema de retención infantil, el cual consiste en una silla para el tamaño del menor, teniendo 3 puntos de anclaje al vehículo, y reduciendo un 90% el riesgo de impacto. En este mismo sentido se protege de mejor manera al conductor, y la marca de Mercedes Benz incorpora una bolsa de aire. En el año de 1984, se obliga a todas las marcas incorporar vidrios laminados, ya que, si se sufre un accidente, no provoque más daño al

tener residuos de cristal roto o que este mismo provoque lesiones graves a los ocupantes; a finales de esta década se incorpora la luz de stop, y el ASR que es el regulador de antideslizamiento de tracción.

Al respecto conviene decir que en los últimos 30 años se encuentran avances tecnológicos muy buenos desde mejorar los frenos ABS, además, normativas en ciertos países que obligan a las marcas venderlos con esta tecnología. Los cinturones de seguridad con el paso del tiempo son mejores ya que se van ajustando dependiendo las dimensiones del individuo además de identificar el esfuerzo que realiza. Aquí vale la pena decir que las bolsas de aire ya no solo son para el conductor, sino que se le agregan al copiloto y a los pasajeros de la parte posterior, además, actualmente en algunos vehículos se cuenta con airbag en las ventanas y en los cinturones de seguridad. Al incorporar la informática en los vehículos y el acceso al Internet, se crean una variedad de sensores como: Reversa, medidor de presión de cada una de las llantas, iluminación exterior, de lluvia, distancia prudente, velocidad de cruce, vista 360° del vehículo, estacionamiento automático, vehículos autónomos, entre otros.

Origen del reglamento de tránsito para México: A raíz de diversos accidentes, se crean reglamentos y normas de tránsito, los cuales son planeados para reglamentar a los conductores y evitar accidentes. Existen estatutos que no son únicos a nivel mundial, ya que cada región en el mundo tiene sus propias costumbres, acuerdos y usos. En relación con los accidentes a bordo de un modo de transporte terrestre, coexisten desde las primeras carretas, ya que se ocasionan incidentes por volcaduras al tener el punto de

gravedad muy alto, la mala fabricación por el uso de materiales inadecuados, la nula resistencia lo que provocaba que se desarmaran, también por factores externos como las condiciones del suelo, del clima o por el poco conocimiento de la operatividad del vehículo, además en algunos casos se le atribuye la distracción del conductor al provocar colisiones contra muros, árboles e incluso personas atropelladas, entre otras eventualidades.

En relación con los vehículos automotores y según con la publicación de la revista Turbo (2018), para el año de 1896, se presenta un hecho histórico no solo se debe a la primera multa otorgada por un juez, sino que también y desafortunadamente, la primera muerte causada por un accidente automovilístico. Esto ocurrió en Gran Bretaña, Londres y ocurrió el 17 de agosto, falleció una mujer de 45 años edad la cual fue arrollada por un vehículo que circulaba a más de 6.4 km/h. Actualmente y según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) "Cada año mueren cerca de 1.3 millones de personas en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no. Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte en todos los grupos etarios, y la primera entre personas de entre 15 y 29 años."

En el caso de México, para el año de 1906, ya tenía más de 800 vehículos en sus calles durante el mandato del General Porfirio Díaz, y para su regulación se crea e implementa el "Primer Reglamento de Tránsito" en la nación, el cual consistía en limitar la velocidad máxima de los automóviles a 10 km/h en calles angostas o donde hubiese tránsito abundante, en vialidades más anchas y sin tránsito se podía

circular a 40km/h, además, se les cobraba impuestos por el hecho de adquirir un vehículo. Han sucedido acontecimientos diversos, por lo cual se crean nuevas normas, reglamentos, leyes o se adecuan con el fin de mejorar y asegurar el bienestar y la integridad de los individuos.

Así mismo, se crean instancias que se encargan exclusivamente del reglamento de tránsito, actualmente en la Ciudad de México, es la Secretaría de Movilidad, la última actualización fue el 4 de febrero del 2021, el cual contiene 6 títulos y 70 artículos, en el mismo documento encontramos anexos como iconografía de las señales restrictivas, señales preventivas, señales turísticas y de servicios, señales oficiales, de emergencia y más.

1.2 Antecedentes de los Sistemas Inteligentes de Transporte.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte o Intelligent Transport Systems (ITS por sus siglas en inglés), es la tecnología aprobada por la informática y las telecomunicaciones, con el propósito de mejorar la operación, eficiencia, seguridad vial, facilitar las tareas de control, dirigidas a solucionar los inconvenientes del transporte y la movilidad de personas. Otra definición por parte del Ingeniero Azcárate (2014), en su presentación en el 6° foro de Eficiencia Energética en el transporte mencionar que “Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son aquellos que aplican las tecnologías de información y comunicación (TIC) para apoyar y optimizar todos los modos de transporte mediante la mejora rentable de su funcionamiento, tanto individualmente como en colaboración (p. 4)”.

Además, otra definición por parte del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puentes (2003), nos hace mención que “para resolver los problemas de movilidad, no puede recurrirse únicamente a la construcción de nuevas infraestructuras o la ampliación de las ya existentes. Por el contrario, es cada vez más importante la aplicación de políticas de gestión, donde las nuevas tecnologías pueden ayudar” (p. 7).

Así pues, para lograr tener los ITS se necesitó tener todo lo anteriormente mencionado: Caminos, transporte terrestre, implementación de reglamentos, normativas y finalmente la implementación de la tecnología. Al tener un mayor número de usuarios en las vías de comunicación, existen diversos problemas, los principales son la seguridad, congestión y el constante daño al medio ambiente.

El inicio de los ITS y a partir de la causa del conflicto que sufrió por escasez de combustible en 1970, los Estados Unidos de Norteamérica, comenzaron a idear y dar propuestas, donde los vehículos debían utilizar menos combustible y recorrer más kilómetros. A partir de esta década se puede considerar el inicio de la tecnología dirigida al transporte, debido a que se necesitó la conjugación de la electrónica, informática y mecánica; al incorporar instrumentos como lo son el GPS, microprocesadores, sensores y computadoras, comenzó a revolucionar al transporte terrestre de forma directa, dando mejoras a la seguridad vial y la confiabilidad hacia el vehículo.

En 1980, los países como Estados Unidos, Japón y Europa, la tecnología comenzó a

elaborarse de manera económica, fiable y más eficiente, durante este decenio, se comenzó a planificar y proyectar la creación de Intelligent Vehicle Highway Systems IVHS (sistema inteligente de carreteras para vehículos), el cual consistía en procesar información; control, comunicación, electrónica y mecánica, para así poder conectar a los automóviles con la infraestructura, de esta manera se mejoraría la seguridad y la utilidad en el transporte de bienes e individuos. Lo lamentable fue que no se llegó a implementar en su 100%, pero sí dejó las bases para que en los años siguientes evolucionara a ITS donde ya se situó como programa nacional y es cuando se comienza a crear, tecnología 100% dirigida al transporte y a las vialidades.

No obstante y años después comienzan los movimientos de Sistemas Inteligentes de Transporte en México, pero con algunos limitantes estructurales y limitación en tecnología, hasta que la responsabilidad recayó en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la cual conformó un comité para el manejo de los ITS el 25 de junio de 1999, donde se comenzó a utilizar la Automatización de cruces fronterizos, carreteras inteligentes, sistemas de localización vehicular vía satélite, optimización de cadenas logísticas en el transporte multimodal, centro de verificación de pesos, control de tránsito y más. Este comité llegó a su fin en el año de 2007, y en su lugar se crea ITS México/Sistemas Inteligentes de Transporte, A.C., el cual ahora es responsable de su fomento y desarrollo.

1.3 Principales aplicaciones

Inicialmente existieron formas estructurales

o aplicaciones tecnológicas de gestión de tráfico, los cuales ya proporcionaban servicios innovadores en los diferentes modos de transporte antes de formar parte de los ITS; algunas ciudades y usuarios de las vías ya contaban con información sobre lo que ocurría en su entorno, asimismo mejoraba su seguridad y comodidad.

Por lo tanto, se utiliza la información proporcionada por el informe del Departamento de Transporte de EE.UU. Auer, Shelley, & Stephen (2006) para recuperar los ITS más utilizados en Estados Unidos de Norte América y se realizó la siguiente lista a continuación.

Detector de Bucle:

Los detectores de bucle se han convertido en los sensores más utilizados en los sistemas de detección de incidentes ya que pueden estimar la velocidad del vehículo, así como medir el flujo y la ocupación. El detector inductivo consta de uno o más bucles de cable incrustados en el pavimento y conectados a una caja de control. Cuando un vehículo pasa por encima del circuito o descansa sobre él, cambia el flujo de corriente (o inductancia) del circuito e indica la presencia de un vehículo. Los bucles de detección de vehículos se utilizan a menudo en los semáforos para detectar la presencia de tráfico esperando en el semáforo y se utilizan para activar un dispositivo de control de tráfico, reduciendo así el tiempo de fase de la señal verde para carreteras vacías, Figura 11.

Paneles de Mensajería Variable: También conocidas como señal de mensaje dinámico es un dispositivo que emite un indicador de tráfico electrónico que proporciona información y

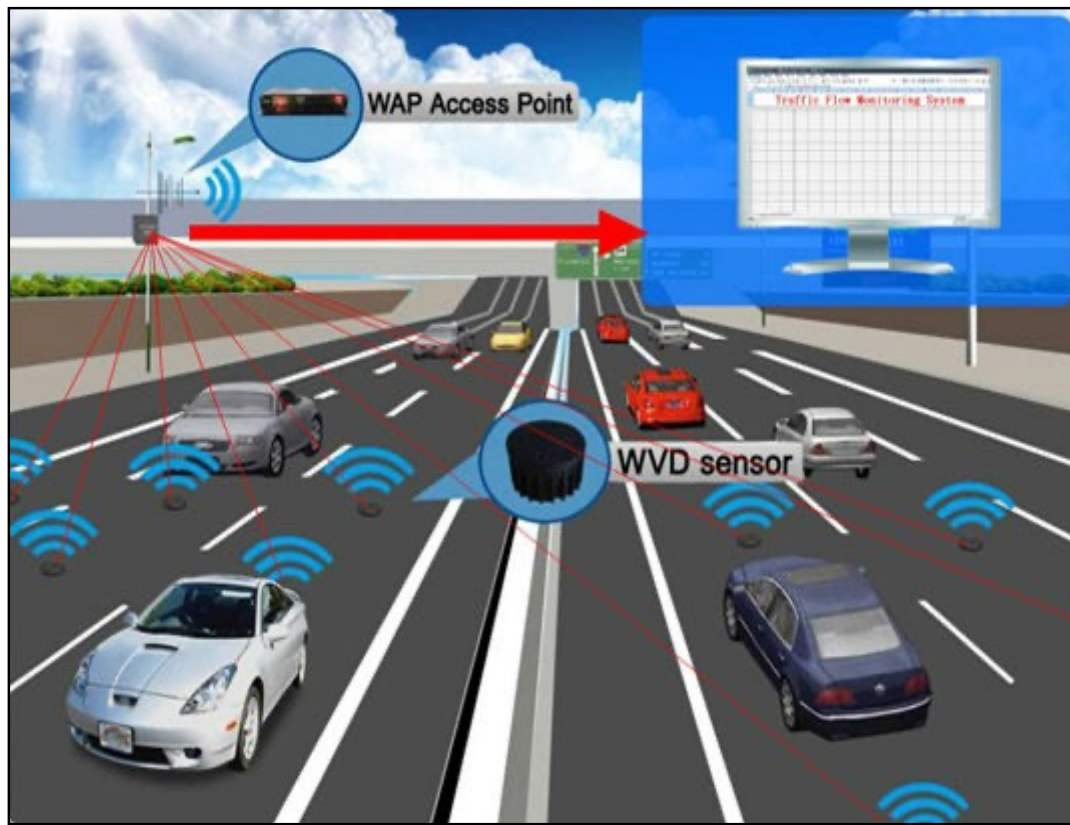


Figura 11
Detector de Bucle

Nota: Reproducida del Sistema de Cuento de Vehículos, alibaba.com, 2021.

advertencias a los viajeros. Estos letreros se pueden usar para una variedad de propósitos de mensajería, que incluyen informar a los conductores sobre la congestión del tráfico, los accidentes venideros, las zonas de obras viales o los límites de velocidad cambiantes. Implementado por primera vez en la década de 1960, PMV continúa brindando información útil en las carreteras en la actualidad. Las señales han sido fundamentales en aplicaciones no relacionadas con el tráfico, incluida la base para el sistema de alerta AMBER, que transmite notificaciones vitales de sustracción de menores, Figura 12.

Gestión de rampa: La década de 1950 trajo consigo la investigación sobre técnicas de gestión de rampas como una posible solución a los problemas de seguridad vial. En 1963,

se instalaron los primeros rampa metros a lo largo de la autopista Eisenhower Expressway de Chicago. Un oficial de control del tráfico en el lugar controló manualmente estos primeros medidores. Durante los siguientes años, se desplegaron con éxito rampa metros posteriores en Detroit y Los Ángeles. En 1967, Los Ángeles implementó el primer cierre de rampa conocido. En 1972, Minneapolis introdujo un carril de desvío de autobuses en su rampa con parquímetro para promover el uso del transporte público. Con el paso del tiempo, las habilidades de gestión de rampas han evolucionado y prosperado. Hoy en día, las estrategias de medición en rampa son comunes en las jurisdicciones de los Estados Unidos y han demostrado tener beneficios para la seguridad, la movilidad y el medio ambiente, Figura 13.



Figura 12
Panel de Mensajería Variable
Nota: Reproducida de Panel de Mensajería Variable, de autopistas.com, 2021



Figura 13
Gestión de Rampas en la Autopista Eisenhower Expressway Chicago
Nota: Reproducida de gestión de rampas en la autopista Eisenhower Expressway Chicago, Daily Herald, 2020.

Centro de Gestión de Tráfico: Los primeros centros de gestión de tráfico (TMC) de América del Norte se desplegaron a finales de la década de 1960. El TMC es el eje o centro de la mayoría de los sistemas de gestión de autopistas. Recopila y procesa datos sobre el sistema de autopistas, como el clima, la velocidad, la congestión, los incidentes y los eventos especiales. Estos datos se fusionan con otros datos operativos de control y se distribuyen a las partes interesadas, como los medios de

comunicación, otras agencias y el público viajero. El personal usa la información para monitorear y manipular el funcionamiento de la autopista, son un epicentro operativo donde las agencias pueden coordinar sus respuestas a situaciones e incidentes de tráfico. El papel de un TMC a menudo va más allá de la red de autopistas, funcionando como el centro técnico e institucional clave para reunir las diversas jurisdicciones, intereses modales y proveedores de servicios, como se ve en la Figura 14.



Figura 14
Centro de Gestión de Tráfico
Nota: Reproducida del Centro de Gestión de Tráfico, El
valenciano, periódico digital, 2021.

Sistemas de posicionamiento global:

Consiste en una red de satélites que transmiten señales a los receptores GPS. Las señales llevan un código de tiempo y datos geográficos que permiten a los usuarios determinar su velocidad, posición y hora exacta. Fue diseñado originalmente para propósitos militares y de inteligencia durante la década de los 1960, en el apogeo de la Guerra Fría. En el decenio de 1980, se lanzó el GPS para su uso

en aplicaciones civiles. Durante la década de 1990, el uso civil de este se volvió más accesible. Hoy en día, millones de usuarios confían en el GPS para navegar con gran precisión, ya sea por tierra, aire o mar. Los conductores pueden usar dispositivos de navegación portátiles en el vehículo para encontrar la ruta más eficiente, encontrar desvíos de tráfico e incluso recibir alertas de tráfico o advertencias sobre la ubicación de las cámaras de tránsito, Figura 15.



Figura 15
Dispositivo de GPS

Nota: Reproducida de Dispositivo de GPS, Amazon.com, 2021

Robótica móvil temprana: A finales de la década de 1960, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) financió un proyecto en el Instituto de Investigación de Stanford para crear el primer robot móvil con la capacidad de percibir y razonar sobre sus propias acciones. El robot, llamado Shakey, fue diseñado para realizar tareas de navegación y exploración utilizando varios sensores, telémetros y una cámara de televisión. La revista presentó a Shakey en un número de 1970, refiriéndose al robot como la

“primera persona electrónica”. Fue considerado un fracaso en ese momento por no alcanzar nunca el funcionamiento autónomo. Sin embargo, el proyecto estableció líneas de base funcionales y de rendimiento para robots móviles. La investigación en robótica ha sido fundamental en el desarrollo de muchas tecnologías ITS. Las funciones de navegación, sensorial y exploración que utilizan los robots móviles se han desarrollado y transferido a tecnologías como vehículos conectados y automatizados, Figura 16.

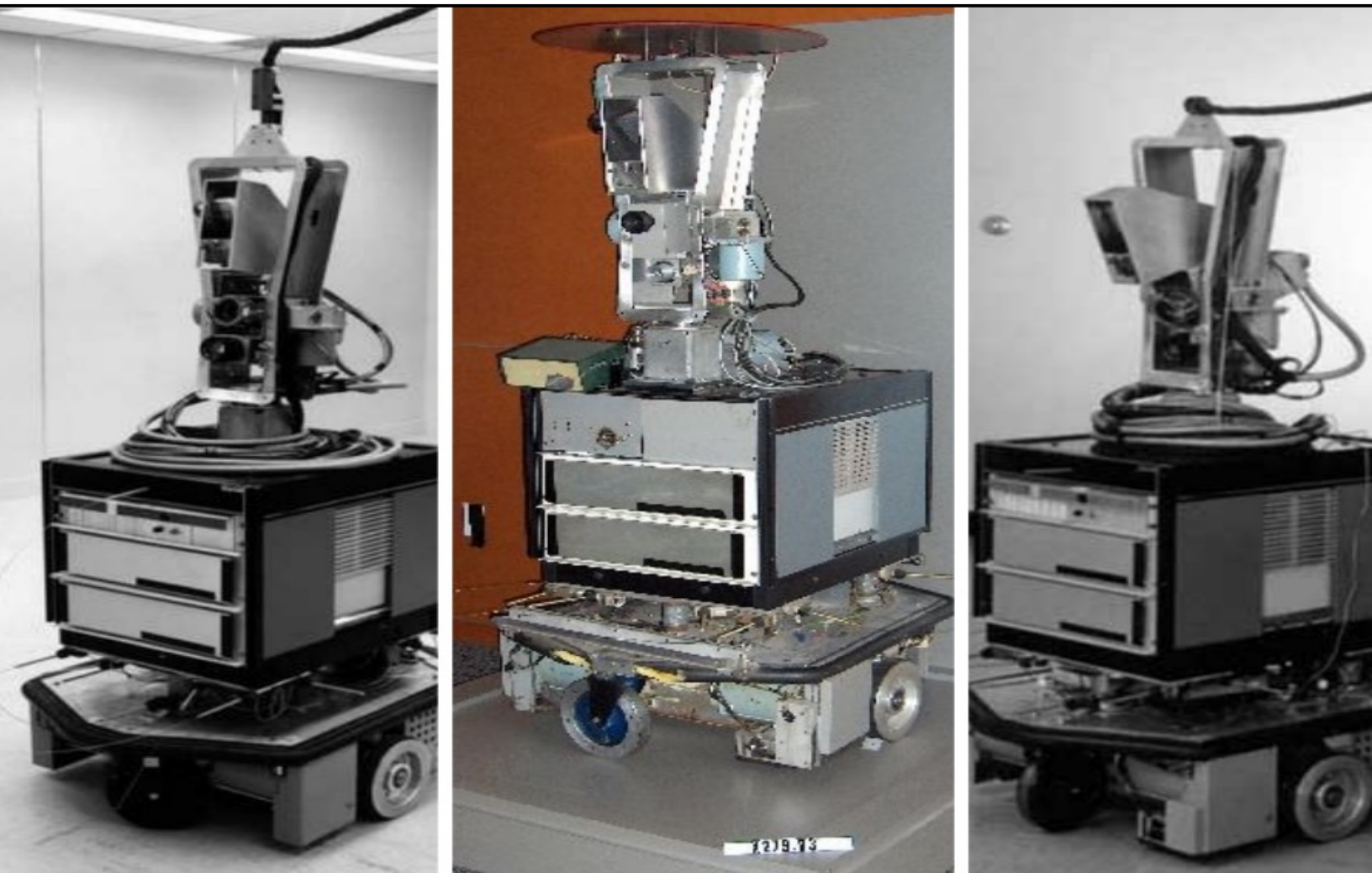


Figura 16
 Robótica Móvil Temprana, Shakey 1970
 Nota: Adaptada de Robótica móvil temprana, Shakey 1970,
 Lifeboat Foundation, 2021.

Cobro de peaje electrónico: Un sistema de cobro de peaje electrónico (ETC) carga electrónicamente las cuentas de los propietarios de automóviles registrados sin requerir que se detengan. Esto ahorra tiempo a los conductores y reduce la congestión cerca de las plazas de peaje. Mientras que los carriles de cobro de peaje manuales manejan alrededor de 350 vehículos por hora y las máquinas automáticas de monedas pueden manejar aproximadamente 500 vehículos por hora.

En las décadas de 1960 y 1970, se aprobó el peaje de flujo libre montando transpondedores debajo de los vehículos e instalando lectores justo debajo de la superficie de la carretera. En 1986, ETC se introdujo en Europa. Estados Unidos hizo lo mismo poco después. En 1991, el Pikepass de Oklahoma Turnpike Authority se convirtió en el primer sistema ETC en los Estados Unidos, en la Figura 17 se observa una caseta con Peaje electrónico.



Figura 17
Peaje Electrónico
Nota: @YuriPetrova Freepik.com



Estos son algunos ITS, de igual manera los podemos encontrar con otro tipo de nombre, de otra forma o tienen otra configuración. A lo largo de los años han evolucionado, se han adecuado para cada país y región con el fin de mejorar la seguridad vial, comodidad y mantener informados a los usuarios, así mismo cada nación ya procura la seguridad vial e invierte en mejoras en programas sociales y crea instituciones para mejorar desarrollo en la entidad.

Cabe concluir, que el contenido escrito comprende cómo se originan los caminos y con el transcurso del tiempo se han creado y mejorado infraestructuras; como la construcción de mejores calles, desagües, puentes, túneles y más. También los caminos son fundamentales porque sobre ellos transitan personas y vehículos de manera segura, cómoda y rápida. Así pues, en la Ciudad de México, cuenta con una gran cantidad de calles, pero la mayoría de las vías principales se encuentran con altos volúmenes de vehículos, infraestructura dañada y los usuarios hacen caso omiso al reglamento de tránsito provocando accidentes

o retraso, haciendo que los hombres y mujeres pasen horas diarias en el tránsito.

Por estas circunstancias es importante los ITS, para modernizar y actualizar las vías, con ayuda de las nuevas tecnologías de información y comunicación, de esta manera se puede mantener informado a las personas que hacen uso de las vías, por ejemplo; brindarle información acerca del clima, tiempo de circulación, accidentes y recordatorio de algunos artículos del reglamento de tránsito de la Ciudad de México, además de sancionar a los conductores que infringen normativas o reglamentos y a su vez mejorar sus hábitos de manejo.

Por ello se pretende hacer una propuesta para la Carretera Picacho Ajusco, la cual es una vialidad que se encuentra al sur de la Ciudad de México, en la alcaldía Tlalpan, aquí vale la pena decir que esta avenida padece de tránsito lento y cultura vial. En el siguiente capítulo se realiza un reconocimiento de la zona y se habla de los principales conflictos que tiene esta vialidad.

Capítulo 2.

Carretera Picacho Ajusco

Contenido:

- 2.1 Antecedentes de la Carretera Picacho Ajusco
- 2.2 Ubicación de la Zona de Estudio
- 2.3 Dispositivos de Control del Tránsito
- 2.4 Inconvenientes de los Habitantes de la Zonas Adyacentes
- 2.5 Datos Entorno la Zona de Estudio

En este segundo capítulo se detalla a la Carretera Picacho Ajusco, desde su ubicación geográfica, antecedentes, principales conflictos viales y datos poblacionales, con el fin de saber qué es lo que ocurre en esta zona y ¿Por qué? Actualmente esta avenida se encuentra sobresaturada de vehículos, para así planear de manera adecuada el diseño y la implementación de ITS para esta zona más conflictiva.

2.1 Antecedentes de la Carretera Picacho Ajusco.

La Carretera Picacho Ajusco tiene una distancia aproximada de 40 kilómetros y se encuentra en la cordillera volcánica, entre el Estado de México y la alcaldía de Tlalpan al Sur Oeste de la Ciudad de México, esta vialidad se encuentra entre el cerro Picacho y el cerro del Ajusco. Entre lo más representativo que tiene este recorrido es el acceso al Bosque de Tlalpan,

se ubica el parque de juegos mecánicos Six Flag´s México, también se encuentra la Universidad Pedagógica Nacional, el centro comercial Chedraui Ajusco, así mismo es la entrada de diversas empresas privadas, oficinas de gobierno y hogares.

De lo anteriormente expuesto aquí conviene decir que la Carretera Picacho Ajusco se fracciona en tres tramos; 1.- Entronque Picacho Ajusco, esta vialidad comienza en la intersección de Periférico Sur y Paseo del Pedregal hasta el kilómetro 9.73; 2.- Panorámica Picacho Ajusco, el cual comienza desde el kilómetro 9.73 al 14.28 y 3.- Circuito Ajusco, el cual rodea a la montaña del Ajusco y tiene conexión con la Carretera Federal Toluca y Carretera Federal Cuernavaca, tiene una longitud de 26.42 kilómetros. En la siguiente Figura 18 se puede observar las diferentes segmentaciones que tiene la vialidad.

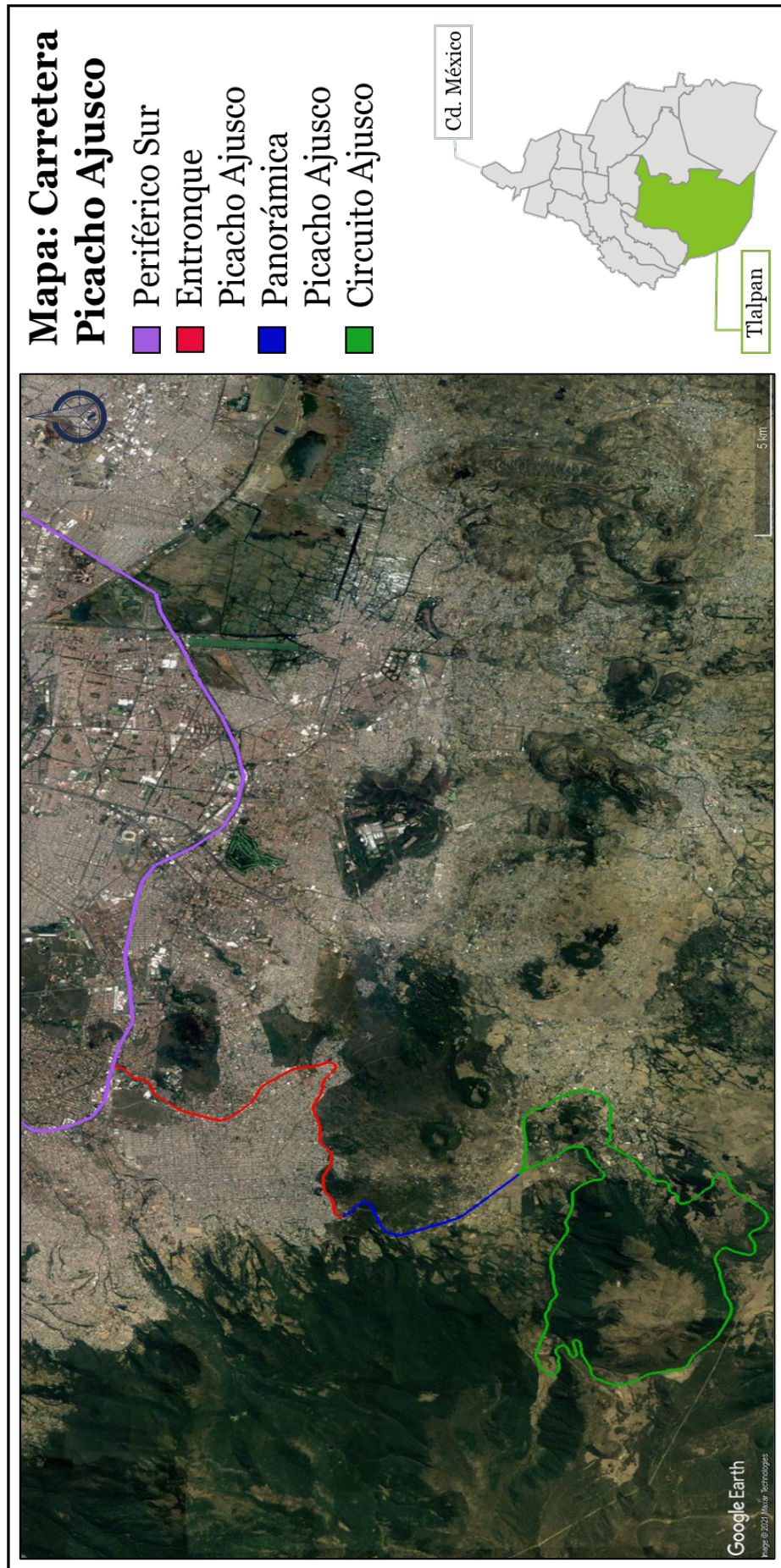


Figura 18
Carretera Picacho Ajusco
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Google Earth Pro.

En la antigüedad, estos sitios se han establecido varias sociedades o comunidades, ya que es un lugar rico en flora, fauna y agua. También es un lugar estratégico ya que se encuentra en una posición alta, y para las culturas antiguas esto les daba ventaja en un posible enfrentamiento, dado que podían ver a los enemigos con anticipación. En este mismo lugar se han encontrado rastros y arquitectura de los Chichimecas, Tepanecas y Mexicas. Acerca de la palabra Ajusco, es de origen náhuatl, y según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (SEMARNAT, 2007) “Ajusco proviene de la palabra Axochco que significa Floresta de Agua” (Pág. 12). Además, se encontró la definición de Picacho y según la RAE (2020), significa “punta aguda, a modo de pico, que tienen algunos montes o riscos.”

Durante el mandato del General José de la Cruz Porfirio Díaz Mori (1876 a 1911), trajo modernización a la que actualmente se conoce como Ciudad de México; a partir de las diversas construcciones, principalmente de vías férreas, hicieron que este lugar se convirtiera en la capital del país al poblarse de manera rápida y para el cerro del Ajusco no fue la excepción, teniendo en cuenta que en esta zona pasaba la línea del Ferrocarril México Cuernavaca y el Pacífico, con la llegada de esta tecnología, se comenzó a crear empleos, así mismo pequeños asentamientos urbanos, que posteriormente se harían tierras comunales y surgirían los ejidos.

En el centro de la Ciudad de México se principia el desarrollo económico y a su vez innovaciones tecnológicas como la llegada de los automóviles, la urbanización moderna, servicios públicos y nuevas arquitecturas. Al

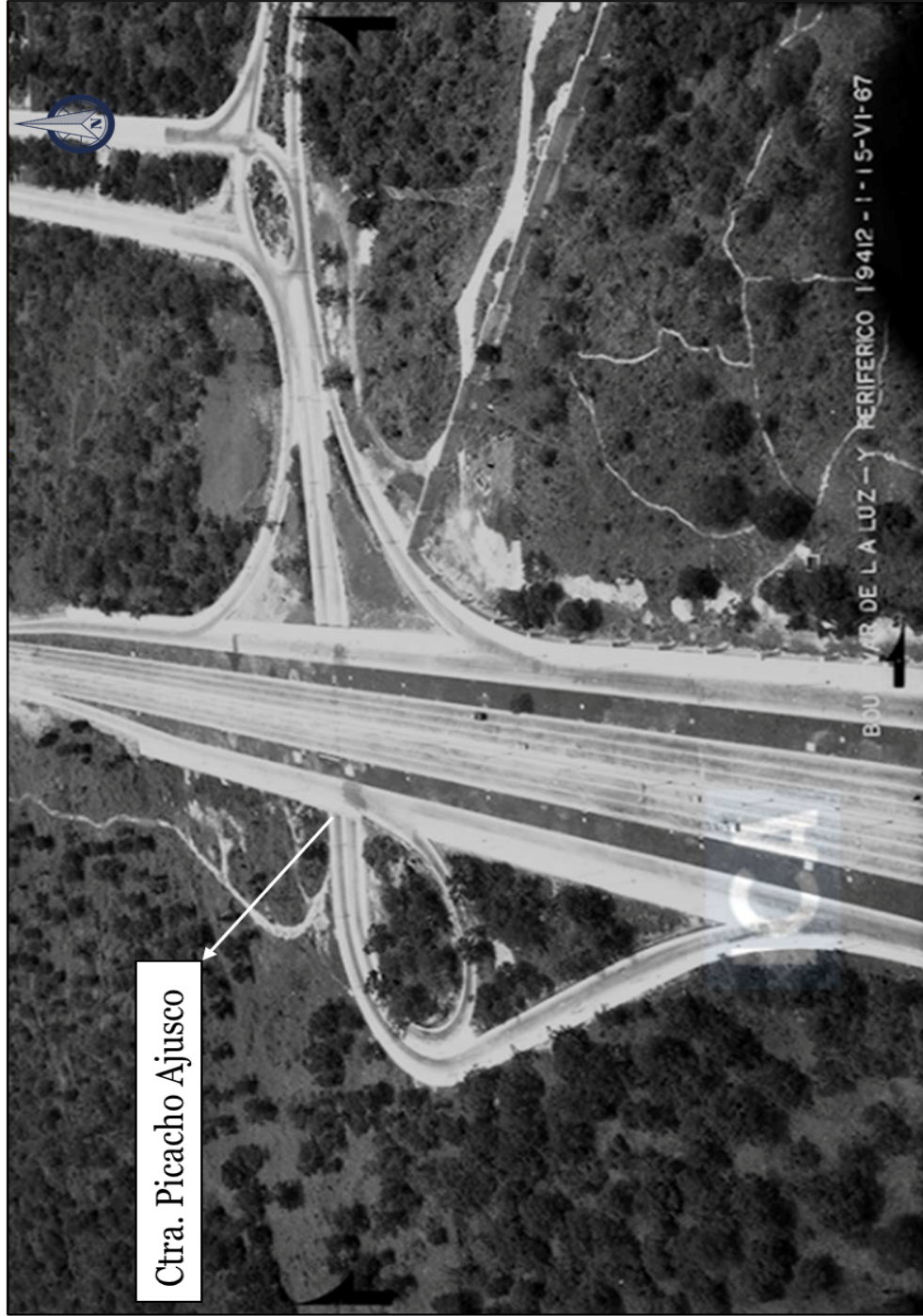
paso del tiempo comenzó a crecer la urbe y la construcción de nuevas calles, avenidas, zonas habitacionales, diferentes modos y medios de transporte, edificios gubernamentales y privados, parques naturales y de diversiones, recintos educativos y deportivos, plazas comerciales, zonas industriales, etcétera.

A dos años antes de celebrar los juegos olímpicos México 1968, se comienza con la ampliación del Anillo Periférico y se construye el Periférico Sur, el cual lleva por nombre Ruta de la Amistad, según con el Archivo General de la Nación - México, (1968), es construido con varios pasos a desnivel, los cuales servirían para crear nuevas arterias. Esta vialidad se cimentó desde la Avenida San Jerónimo, pasando por la Avenida Paseo del Pedregal donde se ve construido el paso a desnivel, donde se realizó la construcción de la Carretera Picacho Ajusco (Figura 19), Avenida Insurgentes Sur, Viaducto Tlalpan, hasta la intersección de Canal Nacional, en este trayecto se pueden ver 21 esculturas creadas por artistas mexicanos y extranjeros que servirían para dar la bienvenida a los visitantes (Figura 20). La construcción del Periférico Sur se realizó para tener una mejor conexión entre los diversos recintos olímpicos como lo son: Estadio Azteca, Estadio Olímpico Universitario, Villa Olímpica Narciso Mendoza, Villa Olímpica Libertador Miguel Hidalgo, Pista de Canotaje Virgilio Uribe y la salida México Cuernavaca, en esta última se realizaron las competencias de atletismo.

Definitivamente, la creación del Periférico Sur dio paso apresurado para la urbanización y crecimiento territorial, donde la población aumenta de manera desordenada, rápida, y al mismo tiempo realiza asentamientos

Foto: Periférico Sur

Paso a desnivel
Ctra. Picacho
Ajusco



Cd. México



Tlalpan

Figura 19
Periférico Sur e Intersección con la Avenida Paseo del Pedregal
Nota: Adaptada de la Compañía Mexicana de Aerofotografía, ICA, 1967.

irregulares, por ende, se necesita dotar de servicios públicos además de conectar esos sitios con las fuentes de empleo, educación, compras, negocios y las relaciones sociales. Una de esas nuevas infraestructuras es la Carretera Picacho Ajusco que inició construcciones en 1975 y fue inaugurada un año después. El levantamiento de esta obra civil benefició a los habitantes de las colonias Héroes de Padierna, Lomas de Padierna y Miguel Hidalgo, los cuales solo podían acceder mediante un camino ubicado en la alcaldía Magdalena Contreras.

El efecto que generó la construcción de esta vialidad fue un crecimiento acelerado de la zona, de manera que fue necesario ampliar la carretera y pasó de 1 a 3 carriles por sentido a lo largo de esta vialidad, en la Figura 21, se tomaron fotografías desde el Puente Peatonal ubicado en Ctra. Picacho Ajusco y Tizimín.

2.2 Ubicación de la Zona de Estudio

Se realizaron distintas visitas a la Carretera Picacho Ajusco de lunes a domingo y durante



*Figura 21
Carriles por Sentido, Carretera Picacho Ajusco
Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en la Ctra. Picacho Ajusco intersección Tizimín.*

varios horarios entre el día y por la tarde/noche y se identificó el tramo que tiene mayor conflicto vial el cual se ubica entre la bifurcación Periférico Sur y Avenida Paseo del Pedregal hasta la intersección con la calle Conkal, el trayecto cuenta con una distancia de 3.34 kilómetros, y el cual denominaremos como “Zona de Estudio” Figura 22. Este tramo es estratégico ya que es la principal entrada y salida de los pobladores de los cerros del Ajusco y Picacho así mismo se concentra el mayor

número de movimientos y por ende distintos inconvenientes.

En este mismo contexto es importante saber ¿Por qué? En el tramo antes mencionado, tiene conflictos viales, por ello es importante saber los usos de suelo que se manejan en la zona, el número de carriles, los diferentes tipos de Dispositivos de control y finalmente los inconvenientes que tienen los pobladores de las zonas cercanas.

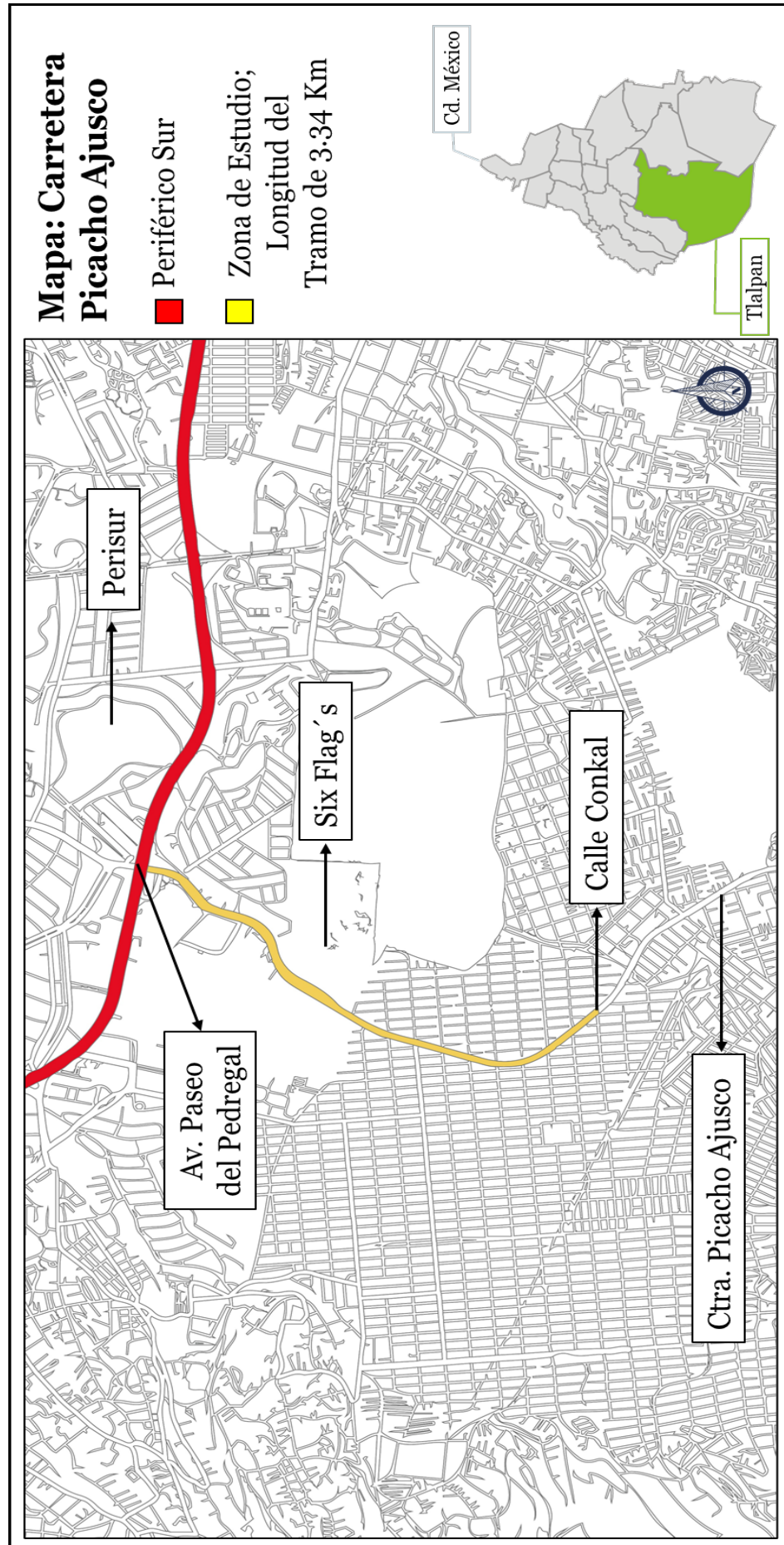


Figura 22
Zona de Estudio
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Adobe Illustrator 2021.

Uso del suelo. Acerca de los usos de suelo y de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI, 2021) “El uso de suelo determina las actividades permitidas al interior de un predio”.

La misma SEDUVI nos proporciona una nomenclatura para saber qué tipo de actividad se realiza por cada predio o de forma general y aquí se puede visualizar que en la Zona de Estudio nos encontramos que el uso de suelo es de tipo Habitacional con comercio en planta baja (HC), además se encuentran predios con la clasificación de habitacional con oficinas (HO), Habitacional mixto (HM), Equipamiento

(E), así mismo el uso de suelo adyacente a la Zona de Estudio cuenta con varios espacios destinados a reserva ecológica teniendo la siguiente clasificación; Rescate Ecológico (RE), Preservación Ecológica (PE), Áreas Verdes (AV), Espacios Abiertos (EA) y para finalizar también se identifican los condominios amurallados los cuales son clasificados como zona Habitacional (H) en estos lugares no puede haber ningún tipo de uso de suelo como reserva, oficinas, mixto, industrial, comercio o servicio.

Al realizar el recorrido sobre la Zona de Estudio no se observó producción rural, pero se identificó escasa industria o fábricas; en



Figura 23
 Comercio, Servicios y Puestos Ambulantes
 Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
 Picacho Ajusco, CDMX.

cuestión a recintos educativos se visualizaron varias instancias de educación básica pero cero de media superior y una Universidad, por lo cual podemos deducir que esta zona un gran porcentaje del uso de suelo es para el uso habitacional y otro gran porcentaje se dedican al comercio y servicios, esto genera que las personas se tengan que movilizar a otros distritos por trabajo, educación, insumos o materias primas. Para la Figura 23 se tomó una fotografía desde la intersección Tizimín, para ejemplificar los puestos ambulantes que obstruyen un carril de la avenida.

acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural llamada carretera, y a nivel urbano las calles de la ciudad” (pág. 98). La Zona de Estudio se considera una Avenida principal ya que en las últimas décadas esta vialidad ha sido absorbida por la población urbana y los usos de suelo han ido cambiando. En esta vialidad en sus primeros 2.62 kilómetros cuenta con 3 carriles por sentido, pero sufre de una reducción de carriles en el kilómetro 2.62 pasando de 3 carriles a solamente 2 carriles por sentido, como se observa en la siguiente Figura 24.

Número de carriles en la zona de estudio.

Los autores Cal y Mayor & Cárdenas, (1994), definen como camino, “aquella faja de terreno

En la siguiente Figura 25 se observa una reducción de carriles de Norte a Sur y esto es peligroso ya que no se cuenta con ninguna



Figura 24
Comercio, Servicios y Puestos Ambulantes
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
Picacho Ajusco, CDMX.

señalética vertical u horizontal que menciona una reducción de carril, por lo cual existen constantes accidentes en esta intersección de Tenosique y el Ctra. Picacho Ajusco.

Al tener esta reducción se van creando un cuello de botella en el flujo vehicular y es más notorio por las Tardes/Noches ya que el tránsito es de Norte a Sur, aquí conviene decir que en el Centro y Norte de la Ciudad de México encontramos las principales fuentes de empleo, recreación, compras, centros educativos y servicios de transporte masivo, por lo cual los

habitantes de los cerros del Ajusco y Picacho regresan a sus hogares al atardecer. Sería conveniente que en futuro próximo la Zona de Estudio tuviera una ampliación de carriles, ya que cuenta con el espacio, pero es costoso y se tendrían que modificar todo el equipamiento urbano como banquetas, puentes peatonales, postes de luz eléctrica, teléfono e iluminación, señales viales, etc., además actualmente los habitantes que viven en terrenos adyacentes a la vía han realizado construcciones a pie de la Avenida, haciendo complejo el poder abrir más carriles.



*Figura 25
Reducción Peligrosa
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
Picacho Ajusco, CDMX.*

2.3 Dispositivos de Control del Tránsito

El tema a desarrollar, son los diferentes tipos de control del tránsito que existen en la Zona de Estudio, si existen los necesarios, están bien instalados, están en periodo de obsolescencia, etcétera, por lo cual se necesita saber la definición al conjunto de dispositivos que se utilizan para el control del tránsito y de acuerdo con Reyes & Cárdenas (1994) son:

Las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar

a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera (pág. 116).

Señales. La Zona de Estudio cuenta con señales preventivas, restrictivas e informativas. Sin embargo, no existen las suficientes o las que existen se encuentran vandalizadas, en mal estado o cubiertas por vegetación (Figura 26-27).



Figura 26
Señalamientos Viales Obstruidos por Árboles
 Fuente: *Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco, CDMX.*



Figura 27
Señalamientos Vandalizados
 Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
 Picacho Ajusco.

Marcas. En esta misma arteria se encuentran varias rayas, símbolos y letras. Por ejemplo, los cruces seguros para peatones, zona preferencial de adelanto de motos, rampa para personas con discapacidad, flechas de dirección de flujo vial, líneas de separación vehicular, y más. Pero existen intersecciones donde no existe ninguna marca, y es necesario repintar los ya existentes.

Semáforos. Estos dispositivos son señales de control de tráfico, los cuales se instalan comúnmente en las intersecciones viales que sirven para regular el tránsito y al mismo tiempo el cruce de los peatones. Sobre la Zona de Estudio en las principales intersecciones existen varios

conjuntos de semáforos y en la Figura 28 se realiza un mapa donde se encuentran ubicados estos semáforos, los cuales en su mayoría aún son de lámpara incandescente Figura 29-30.

Al ser lámparas incandescentes tienen alto consumo de energía, su vida útil es baja, requieren de mantenimiento constante, no tienen sensor de brillo por lo cual se dificulta ver durante el día, además estos semáforos no se encuentran sincronizados y cabe resaltar que elementos de la Secretaría de Seguridad Ciudadana de la CDMX mueven las cajas de control de algunos semáforos afectando el flujo constante de los vehículos sobre esta avenida.

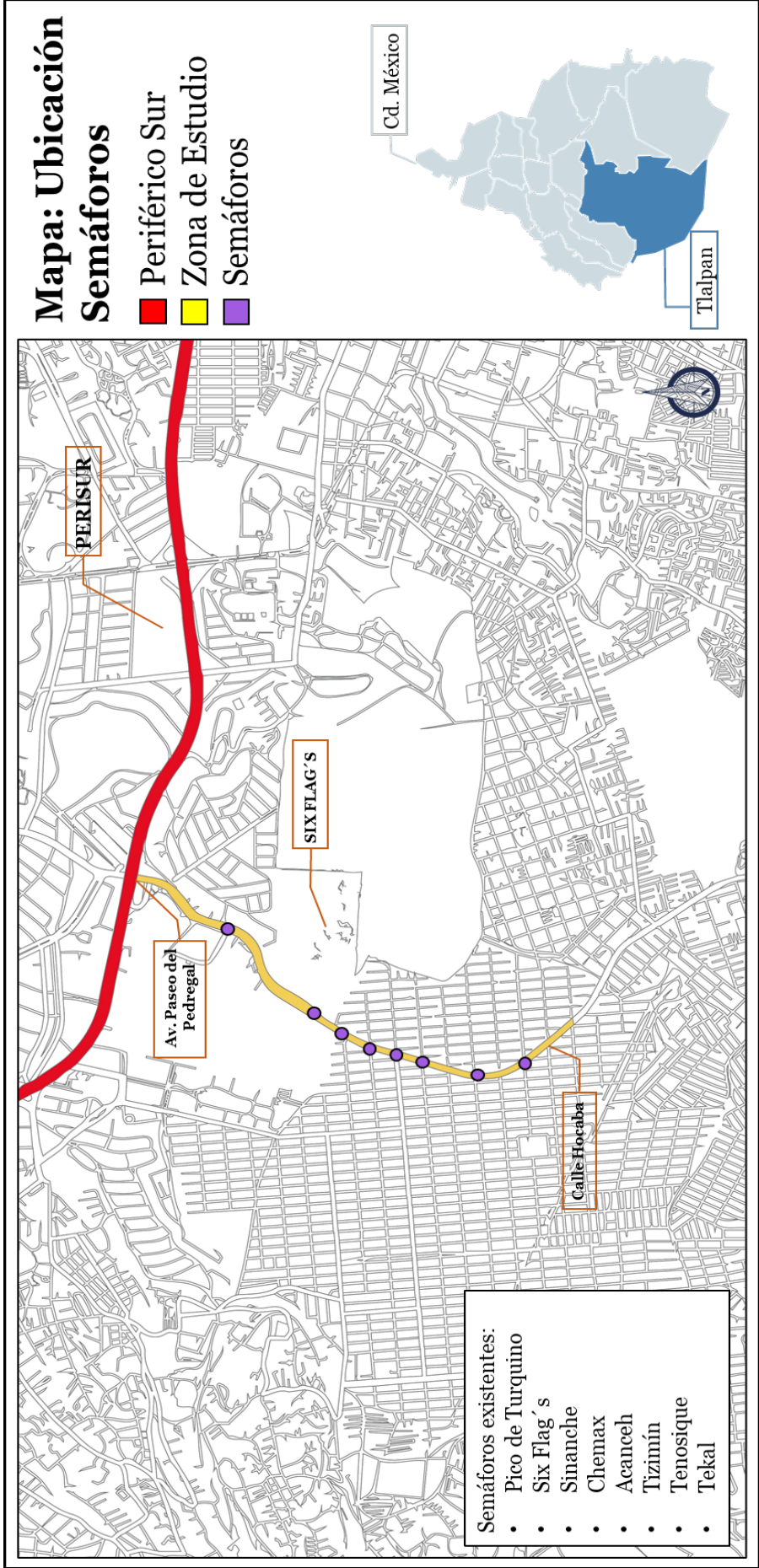


Figura 28
Ubicación de Semáforos
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Adobe Illustrator 2021.



Figura 29
Semáforos Incandescentes
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
Picacho Ajusco.



Figura 30
Semáforos antiguos
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada sobre la Ctra.
Picacho Ajusco.

Puente peatonal. son estructuras que proporciona el cruce seguro de peatones sobre las vialidades transitadas, tiene grandes ventajas ya que una infraestructura de esta índole no afecta a los conductores, las desventajas los peatones se tienen que desviar de sus líneas de deseo hasta donde se encuentran los puentes lo que implica un esfuerzo y tiempo mayor,

estas construcciones son poco favorables para personas con situación de discapacidad, niños y personas de la tercera edad. Estos puentes están ubicados en zonas concurridas como la Universidad Pedagógica Nacional, Plaza Chedraui, Elektra/Escuela Secundaria Diurna No. 195 y base de autobuses como se observa en la Figura 31.



*Figura 31
Puentes Peatonales
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco.*

Banquetas. Son obras públicas ya que es un espacio de uso común, de igual manera son llamadas aceras o andenes y por lo regular se encuentran en un costado de una vialidad, cuentan con una guarnición y están más elevadas que el pavimento y esto sirve para proteger al peatón. Las banquetetas en esta Zona de Estudio son irregulares por las pendientes, escalones, obstrucciones con

escombro, postes, casetas telefónicas, algunas son de dimensiones reducidas, además que sobre de las banquetetas se instalan el comercio ambulante lo que dificulta un paso cómodo, en algunos tramos no existe obra civil de aceras y en su gran mayoría no se encuentran rampas para personas con discapacidad, en la siguiente Figura 32 es un conjunto de fotos que muestran lo dicho anteriormente.



Figura 32
Banquetas
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco.

Cultura vial. Es el comportamiento adecuado en las vías tanto para conductores como para peatones y de acuerdo con Cultura Vial, (2021) “desde una perspectiva antropológica, es la manera como los seres humanos viven, sienten, piensan y actúan desde y para el cotidiano de los espacios de movilización y desplazamiento”. Respecto a este punto, en la zona de estudio se observa el desconocimiento del Reglamento de Tránsito 2021 de la CDMX, la escasa señalización y carente cortesía.

Cuando existen embotellamientos excesivos sobre la Zona de Estudio es por causa de un

percepción y al preguntar a locatarios o personas que viven cerca de la avenida mencionan que los accidentes son constantes, en su gran mayoría de carácter leve y es por no ceder el paso, distracción por celular o estéreo, no obedecen luz roja, se estacionan en los cruces de peatones, motociclistas van rebasando entre carriles en movimiento y no solamente los conductores de vehículos carecen de cultura vial, sino que también los transeúntes ya que no esperan la luz roja, no hacen uso de los puentes peatonales y se cruzan la avenida en lugares no establecidos, las Figuras 33-35 son evidencias de lo dicho anteriormente.



*Figura 33
Banquetas
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco.*



Figura 34
Vehículo Estacionado en el Cruce Peatonal
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco.



Figura 35
Cruce peatonal incorrecto
Fuente: Elaboración propia, fotografía
capturada sobre la Ctra. Picacho Ajusco.

¿Qué implica este concepto de cultura vial? según Leal & Vadillo (2015) “La cultura vial consiste en promover mediante información la intermodalidad y el uso cordial de las calles” (p. 3). Los diferentes modos y medios de transporte, deben de generar una convivencia agradable, de respeto y ser conscientes del entorno que se usa, además de saber los derechos y obligaciones que se tiene de acuerdo al rol que se esté ejerciendo desde ser peatón, ciclista y conductor de algún tipo de vehículo.

Determinados hombres y mujeres que hacen uso de la arteria Picacho Ajusco, no son conscientes de la cultura vial ya que no conocen sus derechos y obligaciones como usuarios de la vía, lo que genera accidentes, demoras, estrés y temor hacia los otros. Ahora bien, en la manera que se comiencen a comprender y a su vez a respetar los reglamentos, estimulará a tener un menor número de riesgos al transitar, mejorar la convivencia con el otro y evitar retrasos por percances.

Como breve conclusión la Zona de estudio en sus primeros 3.34 kilómetros cuenta con obra civil favorable, sin embargo, ciertos dispositivos ya son obsoletos, faltan banquetas por hacer, regulación en el espacio público, señalamientos horizontales y verticales visibles en buen estado e instruir a mejorar los hábitos de conducción.

2.4 Inconvenientes de los Habitantes de la Zonas Adyacentes.

Asentamiento humano. La preferencia de la población actual es habitar en las grandes ciudades, la causa es generar una mejor calidad de vida, pero la realidad es que se crea diferencia social y económica, ya que es

costoso habitar cerca de las zonas céntricas de la Ciudad de México, por lo cual los habitantes deciden ir a vivir a las periferias, donde pueden pagar una renta más económica o la posibilidad de adquirir un departamento, casa o terreno propio. A esto se le llama mancha urbana y de acuerdo con Molinero & Sánchez (2005):

El primer periodo de crecimiento considera un asentamiento humano formado por una serie de casas habitacionales, alguna industria manufacturera de pequeña escala y otras construcciones de poca relevancia. Todas estas construcciones están conectadas, en el mejor de los casos, por calles reducidas. En este asentamiento la mayoría de los viajes son cortos y generalmente se realizan caminando (pág. 21).

En las últimas décadas, en la zona de los cerros del Ajusco y Picacho, acontece un importante asentamiento de grupos de personas que poseen de un espacio territorial, creando así nuevas colonias con agua potable, drenaje, luz eléctrica, calles pavimentadas, asimismo se van generando fuentes de empleos, nuevas rutas de transporte, plazas comerciales y con el paso del tiempo se van generando mejores condiciones para vivir.

El establecimiento humano en esta área ha respetado la traza urbana en forma de Retícula, lo que facilita la lotificación mediante cuadrados o rectángulos y permite movilizarse de una manera ordenada entre territorios, teniendo en cuenta que el ancho de vía es de 8 a 10 metros permitiendo tener carriles en ambos sentidos y banquetas, el problema son las curvas de nivel al tener pendientes mayores a 22 grados de inclinación lo que imposibilita utilizar otras

alternativas, además se encuentran árboles a la mitad del ancho de las calles (Figura 36-37).

Calles cerradas. Se encuentran calles cerradas por los mismos residentes y colocan tambos, cadenas, plumas, vallas, rejas e incluso la construcción de muros de concreto (Figura 38-40). Según con el Artículo 11 de la Constitución

Política de los Estados Unidos Mexicanos, pues la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2021) dice “Toda persona tiene derecho para entrar en la República, salir de ella, viajar por su territorio y mudar de residencia, sin necesidad de carta de seguridad, pasaporte, salvoconducto u otros requisitos semejantes” (pág. 16).



Figura 36
Calles con Declive
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en calle aledaña a la Ctra. Picacho Ajusco.



Figura 37
Árbol a la Mitad del Ancho de la Calle
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en calle aledaña a la Ctra. Picacho Ajusco.



Figura 38
Calle Cerrada por una Cadena y con caseta de Vigilancia
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en calle aledaña a la Ctra. Picacho Ajusco.

Es decir que, al cerrar alguna calle con algún artefacto, no se está permitiendo el libre tránsito a la mayoría de las personas, se obstaculiza, divide y se discrimina la movilidad. Aunado a esto, los habitantes que no permiten el libre tránsito, se enfrentan a posibles riesgos, ya que los vehículos de rescate son de dimensiones grandes, por lo cual se les dificulta acceder de

manera pronta hasta el punto de emergencia. Las personas que hacen uso de las calles en esta zona se ven forzadas a utilizar las arterias que se encuentran en mejores condiciones y que son de libre tránsito. Lo que produce es que no se utilicen todas las vialidades que se encuentran en la zona y a su vez este hecho genera cuellos de botella en vías concretas.



Figura 39
Calles Cerrada por Cadenas y Columnas de Concreto
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en calle aledaña a la Ctra. Picacho Ajusco.

Congestionamiento vial. El principal conflicto que se identifica es el congestionamiento vial en los diferentes horarios punta, esto es generado por el alto número de vehículos privados, en renta y públicos que existen en la zona, y estos transportes no sólo son utilizados para transportar personas, sino que también para el traslado de productos que se comercializan dentro del territorio, que de acuerdo con Reyes & Cárdenas (2007):

Al proyectar una carretera o calle, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circularán durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Los errores que se cometan en la determinación de estos datos, ocasionarán que la carretera o calle funcione durante un periodo de proyecto, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores

a aquellos para los que se proyectó, o mal con problemas de congestionamiento por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados (p. 184).

De acuerdo con la referencia anterior, la Ctra. Picacho Ajusco superó la proyección, ya que esta obra se pensó para tener 3 carriles por sentido, pero aun así el número de usuarios que utiliza esta vía ha superado los cálculos, creando altos volúmenes de congestionamiento. Así mismo, se identificó grandes hectáreas de terrenos destinados para reservas ecológicas, estancias de educación, sitios de recreación, edificaciones espaciosas y condominios amurallados, los cuales están situados a un costado de la Zona de Estudio dejando a los residentes del cerro del Ajusco y Picacho con nulas posibilidades de crear nuevas vialidades de acceso y los habitantes de esta zona han quedado seccionados como se muestra en la siguiente Figura 41.



Figura 40
Calle Cerrada, con Plumas y Cacetas de Vigilancia
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en calle
aledaña a la Ctra. Picacho Ajusco.

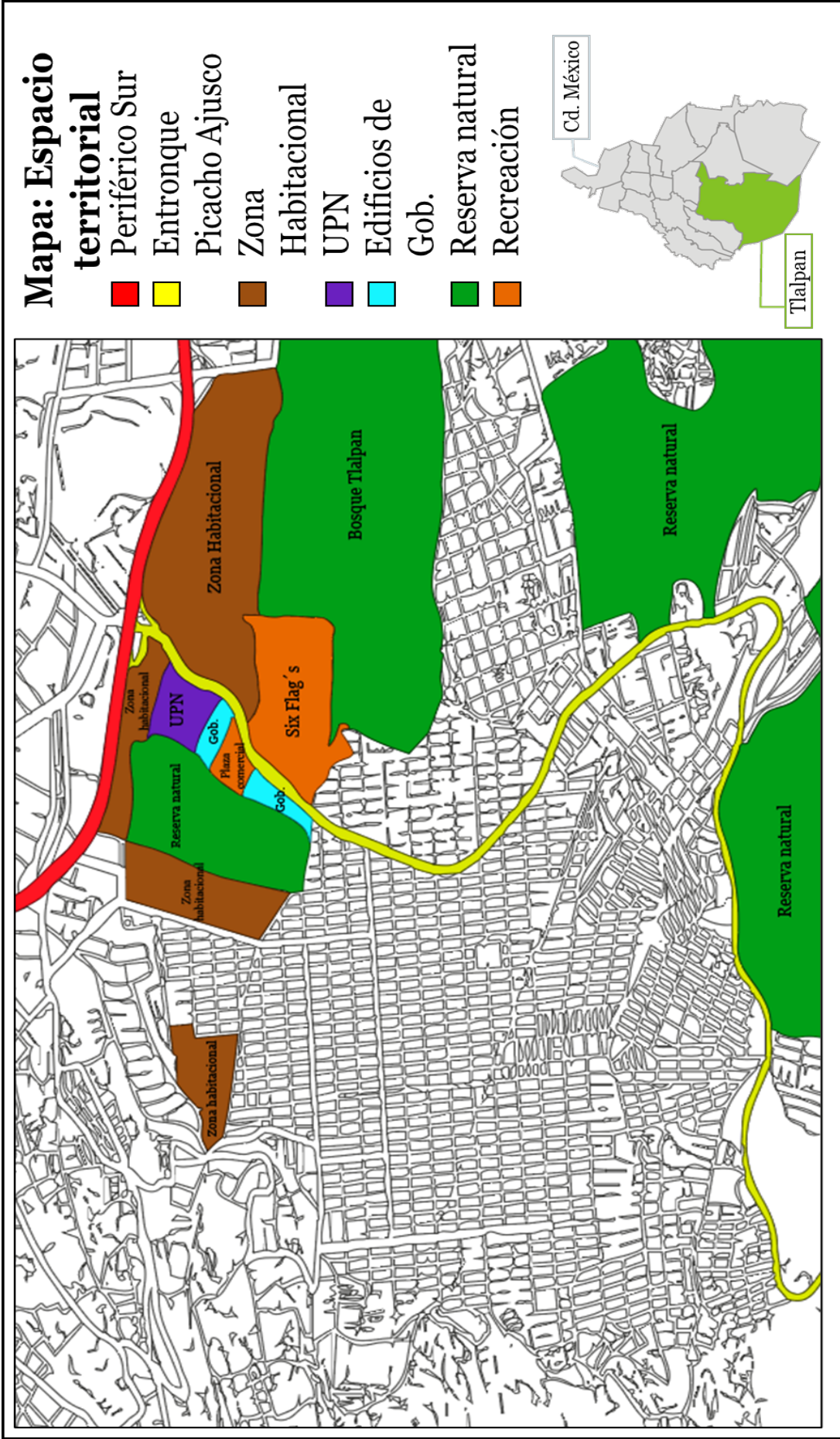


Figura 41
Espacio Territorial
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Adobe Illustrator 2021

Inundaciones. El periodo de lluvias en la Ciudad de México comienza desde mayo hasta noviembre y los meses más abundantes de lluvia en la región del Cerro Picacho y del Ajusco abarcan desde junio a septiembre. Las calles aledañas a la Zona de Estudio tienen corrientes abundantes de agua pluvial, afortunadamente escasas viviendas sufren de inundaciones, y de acuerdo con los autores Vázquez & Palazuelos (2017) hacen mención de los diferentes tipos de inundaciones, “Dependiendo de su origen, éstas pueden ser pluviales, fluviales, costeras o lacustres. Las pluviales suceden cuando el terreno se ha saturado de agua y no lo puede absorber, lo que provoca que la lluvia excedente se acumule durante horas o días” (pág.3).

De acuerdo con el párrafo anterior, la Zona de Estudio y sus alrededores, sufren de

inundaciones pluviales que afecta de manera local, además de que se presenta de manera súbita e intempestiva. La mayoría de las colonias colindantes se encuentran en territorios elevados, lo que incita a que el flujo del agua desemboque en esta arteria, provocando grandes y fuertes corrientes de agua en minutos. Aunque existe una gran red de drenaje, resumideros y pozos contra inundaciones, no es suficiente, ya que se encuentran en mal estado, falta de mantenimiento, están incorrectamente situados o las alcantarillas y rejillas estructurales se encuentran tapadas por basura o tierra. Como si fuera poco, vehículos y motocicletas son arrastrados y sumergidos por la fuerte corriente de agua en el paso a desnivel de Periférico Sur-Ctra. Picacho Ajusco, pero aún no existen medidas rápidas de protección (Figura 42-44).



Figura 42
Inundación en el Paso a Desnivel Ctra. Picacho Ajusco
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Av.
Paseo del Pedregal y Ctra. Picacho Ajusco



Figura 43
Falta de Procedimientos e Información para Prevenir Estos Hechos
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Ctra. Picacho Ajusco y
Periférico Sur.



Figura 44
Vehículo inundado en Ctra. Picacho Ajusco
Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Ctra. Picacho Ajusco.

Baches: Una de las causas de retrasos o accidentes es ocasionado al conducir un vehículo y esquivar o pasar con cuidado los baches y las grietas que se forman por un ahuellamiento o después de un sirimiri, además de que se encuentran coladeras destapadas. Estos agujeros que se presentan en el pavimento, se agravan más en temporada de lluvias a causa de las fuertes corrientes de agua,

se vuelven más grandes y emergen nuevos, al mismo tiempo existe un deterioro constante de la carpeta asfáltica, por el paso constante de vehículos pesados, la mala calidad de los materiales de construcción y administración la siguiente Figura 45 es una Fotografía capturada en la intersección Sinanche y Ctra. Picacho Ajusco.



Figura 45
 Grieta Generada por Corriente de Agua en la Ctra. Picacho Ajusco
 Fuente: Elaboración propia, fotografía capturada en Ctra. Picacho Ajusco e intersección Sinanche.

2.5 Datos entorno a la Zona de estudio

En este punto se abordan las cifras, con tal de conocer mejor la vialidad de estudio en la presente propuesta. Se le denomina cifra “al símbolo que permite la representación de un número” (Pérez Porto & Gardey, 2017), es decir es el dígito o dígitos que representa cuantía sobre un hecho. Al realizar la propuesta de Sistemas Inteligentes de Transporte, en la Zona de Estudio, es importante saber cuánta población está involucrada y hace uso de esta vialidad, también conocer los movimientos que se generan dentro y fuera de este Distrito y personas que llegan de otros lugares de la ZMVM.

Población: Podemos definir a la población como un grupo de hombres y mujeres que se establecen en una determinada superficie geográfica. Según con la pagina web Significados.com (2021) se entiende como población, “al conjunto de seres humanos que hacen vida en un determinado espacio geográfico o territorio”. Para el caso de implementación de ITS en la Zona de Estudio es

necesario saber la población que vive contiguo de esta vialidad. Para tener un aproximado de cuánta población habita y hace uso del Entronque Picacho Ajusco se utilizó el portal web de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en el apartado de Servicios-Inventario Nacional de Viviendas 2016, la cual cuenta con una sección para contabilizar a todas las personas registradas que habitan en cada manzana.

Es importante conocer el número de habitantes que se encuentran cerca de la Zona de Estudio ya que estas personas utilizan de manera frecuente esta vialidad por lo cual se contabilizó a lo largo del Entronque Picacho Ajusco y todas las cuadras aledañas a la arteria, creando un Buffer (Zona Afluencia) de un kilómetro a la redonda, por cada dirección, de esta manera se puede determinar la población que habita cerca de la Zona de Estudio; estos usuarios se consideran potenciales, es decir que hacen uso de esta arteria, pero no quiere decir que es todo el movimiento que se genera en esta zona, Figuras 46-47.



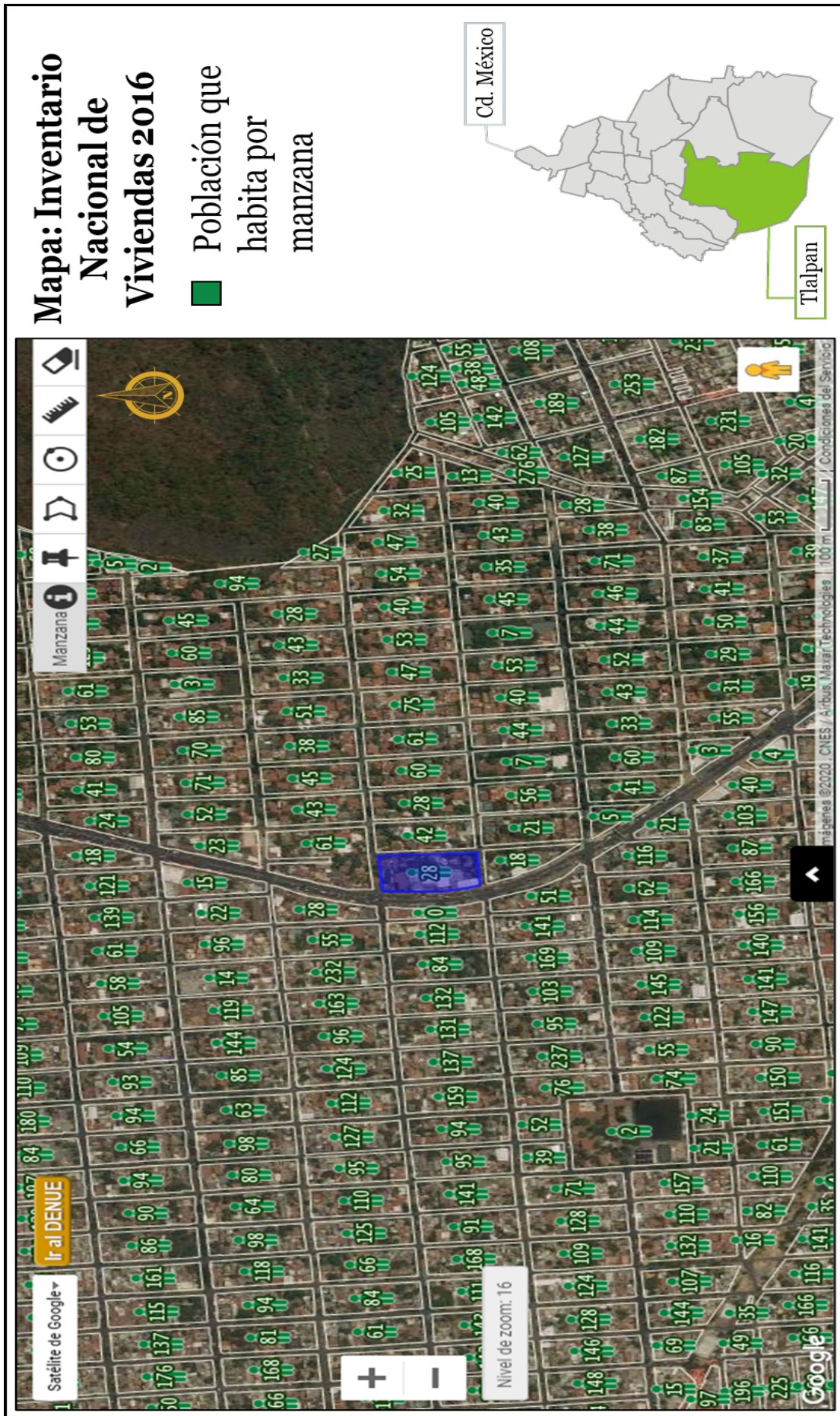


Figura 46
 Población que Habita por Manzana, Adyacente al Entronque
 Picacho-Ajusco
 Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Inventario Nacional
 de Viviendas 2016.

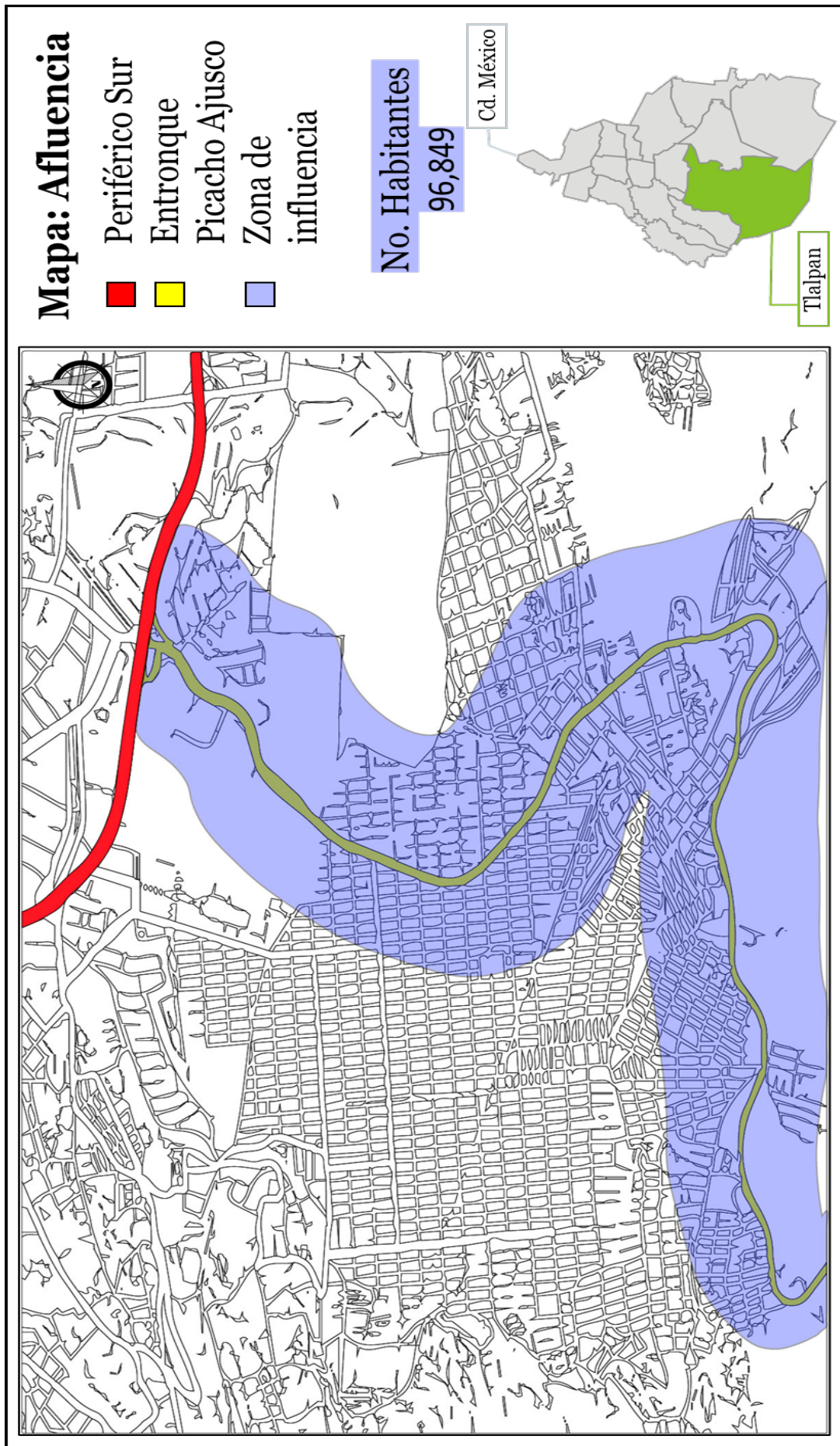


Figura 47
Zona de Afluencia
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho en Adobe Illustrator 2021

En la Figura 47 observamos el buffer en color morado, donde existe aproximadamente una población de 96,849 habitantes, los cuales eventualmente hacen uso de esta vialidad ya sea en viajes internos o hacia otros distritos.

Viajes generados en la zona de estudio.

De lo anterior, los 96,849 habitantes no son los únicos que generan viajes dentro de la Zona de Estudio, sino que hay personas que vienen de otros lugares de la ZMVM por diferentes motivos de viaje hacia esta vialidad, por lo cual en la Encuesta de Origen Destino (EOD), es una herramienta, la cual sirve para conseguir información sobre la movilidad cotidiana, con la finalidad de conocer el motivo de viaje, tiempo de recorrido y los horarios de desplazamiento. Según con la descripción del INEGI (2017) la EOD es:

Una fuente de información sobre la movilidad espacial cotidiana; recopilan datos del volumen y dirección de los flujos diarios de población y proporcionan también una imagen detallada de los patrones de viajes (modos de transporte, horarios, fines de desplazamiento, etc.). Con estos estudios se generan datos útiles para la planeación de la infraestructura vial, la relación entre estructura urbana y desplazamientos, así como para el análisis de los vínculos entre características sociodemográficas y movilidad habitual (p.3).

La EOD levantada en 2017 por el INEGI y la UNAM en hogares de la ZMVM, arroja datos sobre la movilidad que indica que de los municipios

conurbados a la Ciudad de México diariamente ocurren 2 millones 250 mil viajes hacia alguna de las 16 alcaldías, y de la Ciudad de México hacia los municipios conurbados suceden más de 2 millones 160 mil viajes. Estos datos nos ayudan a saber cuántos viajes se generan en la ZMVM y a su vez en una zona particular ya sea por Municipio, Entidad o Distrito.

En la Zona de Estudio se encuentra en el Distrito 065 de nombre Padierna, con la herramienta creada por el INEGI, el cual lleva por nombre Mapa Digital de México V.6.3.0., es una aplicación adecuada para conocer información detallada sobre los Censos, Estadísticas, Poblaciones, Usos de suelo, Geología, y más. Pero en el caso de estudio lo necesitamos para conocer el número de movimientos que se generan en este sector, es decir desde el Distrito Padierna hacia los demás Distritos de la ZMVM y viceversa. La siguiente Figura 48 es una captura de pantalla del Software antes mencionado.

Para visualizar los viajes es necesario ir al motor de búsqueda y teclear la siguiente dirección: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjI2MzI3LGxvbjotOTkuMjQ4NDAsEjo5LGw6Y2VvZA==&theme=eod>, aceptas los términos y condiciones, posteriormente del lado inferior izquierdo se encuentra un cuadrado donde puedes seleccionar; Días de viaje (Entre semana), Origen de viaje (Distrito CDMX-Padierna), Destino de viaje (Distrito Todos), Viajes internos (No incluir), Horario (Todo el día).

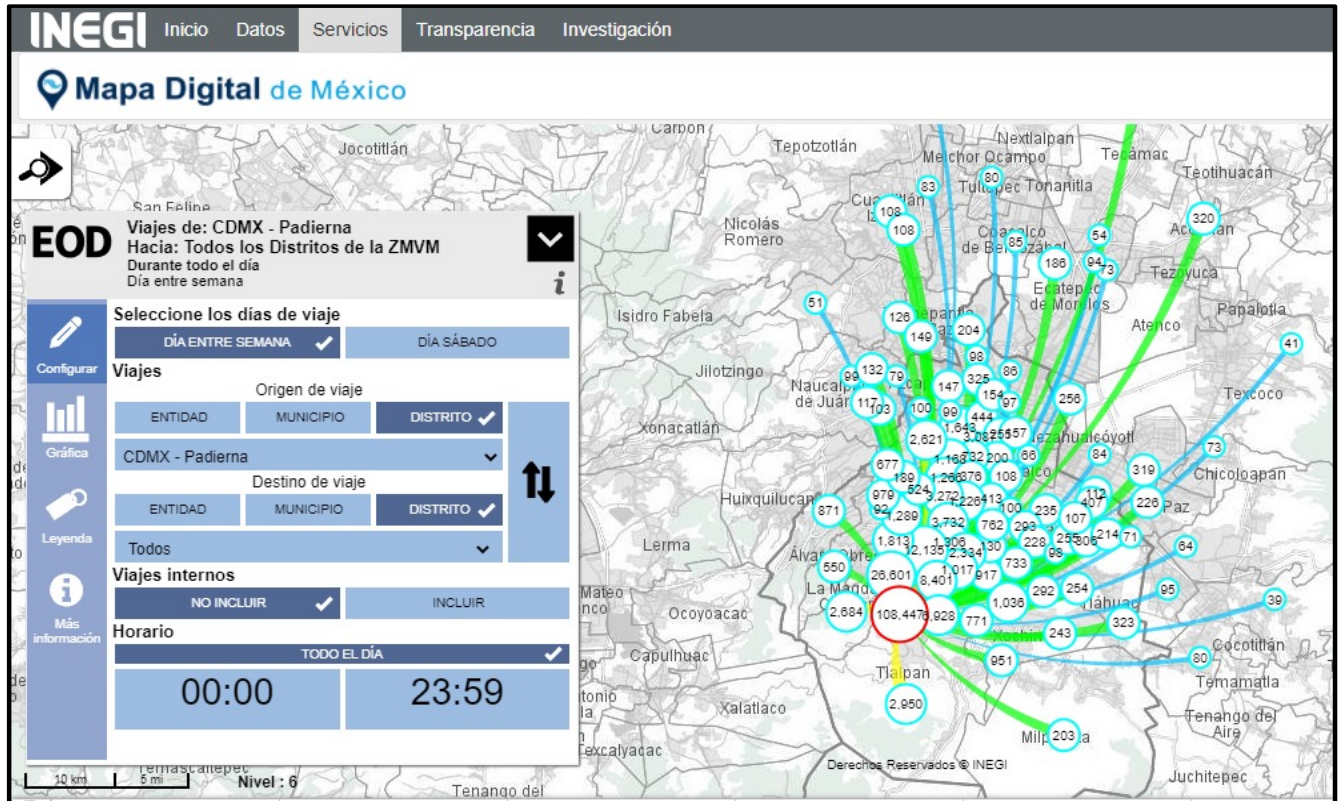


Figura 48
Viajes Generados desde la CDMX-Padierna a Distritos de la ZMVM
Nota. Reproducida de Viajes Generados de CDMX-Padierna a Distritos de la ZMVM de Mapa Digital de México V.6.3.0., 2021

El software Mapa Digital de México con la base de datos Encuesta Origen Destino 2017, se puede obtener el número de desplazamientos que se generan desde CDMX-Padierna hacia los diferentes Distritos de la ZMVM, se obtienen los siguientes datos: Se realizan 108,447 viajes entre semana, teniendo en cuenta que se contabilizaron los días martes, miércoles y jueves, ya que son los días con un tránsito vehicular usual. En una segunda búsqueda se suman los viajes internos de la zona de estudio los cuales son 72,270 desplazamientos internos o dentro de esta región, por esta razón tenemos un número total de 180,717 viajes diarios.

Se realizó la siguiente Tabla 1 para observar de mejor forma los principales viajes que se generan desde el Distrito Padierna hacia los distintos Distritos, los motivos de viaje son: trabajo, compras, escuela, recreación y más. También los distritos con mayor número de viajes son colonias y alcaldías aledañas, además se infiere que los habitantes de esta zona se dirigen principalmente donde se encuentran las estaciones del Sistema de Transporte Colectivo Metro o Metrobús.

Viajes de CDMX-Padierna					
Hacia: Todos los Distritos de la ZMVM					
#	Distritos	Viajes	#	Distritos	Viajes
1	Viajes Internos	72270	51	UAM Iztapalapa	235
2	La Magdalena Contreras	26601	52	Lomas Estrella	228
3	Ciudad Universitaria	12135	53	Valle de los Reyes	226
4	Villa Olímpica	8401	54	Santa María Xalpa	214
5	San Pedro Mártir	6928	55	Reclusorio Norte	204
6	Viveros	3732	56	Milpa Alta	203
7	Del Valle	3272	57	Balbuena	200
8	Centro Histórico	3087	58	Observatorio	189
9	Pueblo del Ajusco	2950	59	San Cristóbal Ecatepec	186
10	Cerro del Judío	2684	60	Moctezuma	157
11	Chapultepec Polanco	2621	61	La Villa	154
12	Viajes Fuera de la ZMVM	2368	62	Zonas Industriales	149
13	Xotepingo	2334	63	Industrial Vallejo	147
14	Olivar de los Padres San Jerónimo	1813	64	Cd. Satélite	132
15	Buenavista Reforma	1643	65	Culhuacán	130
16	Pedregal de Santo Domingo	1306	66	Periférico Barrientos	126
17	La Águilas	1289	67	Naucalpan de Juárez	117
18	Nápoles	1266	68	Santa Martha	112
19	Portales	1226	69	Centro Urbano Cuautitlán Izcalli	108
20	Condesa	1168	70	Industrial Cuamatla	108
21	Noria	1036	71	Palacio de los Deportes	108
22	Estadio Azteca	1017	72	Santa Cruz Meyehualco	107
23	Santa Fe	979	73	Fracc. Industrial Naucalpan	103
24	Nativitas	951	74	Escuadrón 201	100
25	Coapa	917	75	Panteones	100
26	Cuajimalpa	871	76	CC Lomas verdes	99
27	Tepepan	771	77	La Raza	99
28	Campestre Churubusco	762	78	Reclusorio Oriente	98
29	Canal Nacional	733	79	Nueva industrial Vallejo	98
30	Obrera	732	80	Bondojito	97
31	Las Lomas	677	81	Alfredo Baranda	95
32	San Bartolo-San Mateo	550	82	Central de Abastos Ecatepec	94
33	Molinos	524	83	Santa Lucia	92
34	Tlatelolco	444	84	Tepeyac	86
35	San Andrés Tetepilco	413	85	Coacalco	85
36	Juan Escutia	407	86	Ayuntamiento de Nezahualcótl	84
37	Vertiz Narvarte	376	87	La quebrada	83
38	Instituto Politécnico	325	88	Industrial Chalco	80
39	Mixquic	323	89	Tultepec	80
40	Car. Pirámides Tulancingo	320	90	CC Cd. Satélite	79
41	San Lorenzo	319	91	Chicoloapan	73
42	Buenavista Iztapalapa	306	92	Jardines Morelos	73
43	Parque Cerro de la Estrella	293	93	San Miguel Teotongo	71
44	El molino Tezonco	292	94	Zaragoza	66
45	Bosques de Aragón	256	95	Geovillas de Ayotla	64
46	Desarrollo urbano Quetzalcóatl	255	96	Héroes Tecámac	54
47	Morelos	255	97	Huehuetoca	54
48	Tláhuac	254	98	Condados de Atizapán	51
49	Tizayuca	244	99	San Miguel Tlaixpán	41
50	Tulyehualco	243	100	San Martín Cuautlalpan	39

Tabla 1
Desplazamientos registrados desde Padierna CDMX a los diferentes distritos de la ZMVM
Fuente: Elaboración propia, tabla capturada con los datos de los Viajes Generados desde la CDMX-Padierna a Distritos de la ZMVM.

Ahora se necesita saber cuántos viajes se realizan desde los diferentes Distritos de la ZMVM hacia el Distrito de Padierna, donde se encuentra la vialidad Entronque Picacho Ajusco. Entiéndase que para obtener resultados a la inversa se realizó lo siguiente; en el motor de búsqueda se teclea la dirección web anteriormente mencionada, en el cuadro inferior izquierdo se coloca Días de viaje (Entre semana), Origen de viaje (Distrito Todos), Destino

de viaje (CDMX-Padierna), Viajes internos (no incluir) y Horario (Todo el día). Como resultado se registran: 107,903 viajes entre semana (martes, miércoles y jueves). Los viajes internos son los mismos 72,270 desplazamientos dentro de la zona, por esta razón tenemos un número total de 180,173 viajes diarios. De igual manera se presentan todos los viajes registrados en la siguiente Figura 49 y Tabla 2.

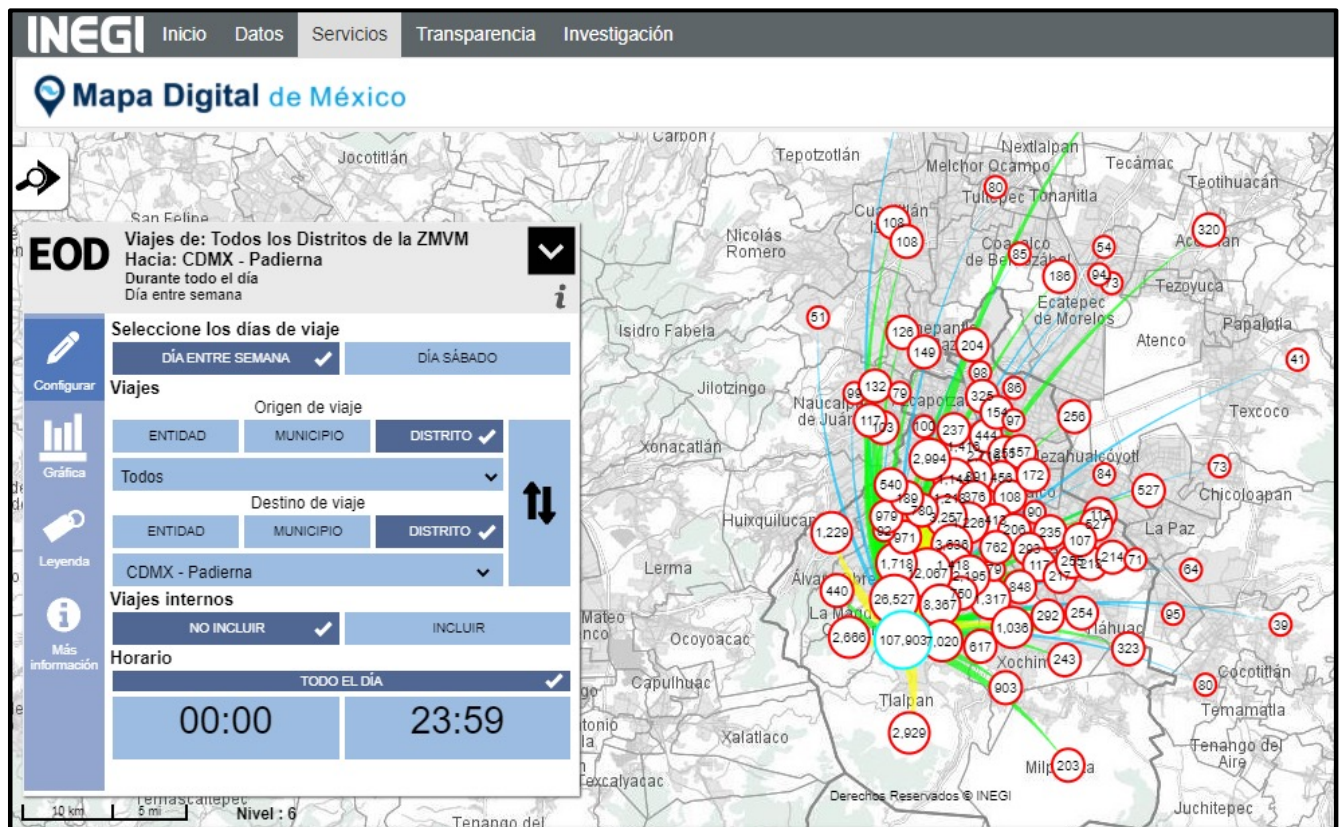


Figura 49
Viajes Desde Todos los Distritos de la ZMVM hacia el Distrito CDMX-Padierna
Nota. Reproducida de Viajes Generados de CDMX-Padierna a Distritos de la ZMVM de Mapa Digital de México V.6.3.0., 2021

Viajes de ZMVM					
Hacia: Padierna CDMX					
#	Distritos	Viajes	#	Distritos	Viajes
1	Viajes Internos	72270	50	Tulyehualco	243
2	La Magdalena Contreras	26527	51	La Raza	237
3	Ciudad Universitaria	12067	52	UAM Iztapalapa	235
4	Villa Olímpica	8367	53	Buenavista Iztapalapa	218
5	San Pedro Mártir	7020	54	Reclusorio Oriente	217
6	Viveros	3636	55	Santa María Xalpa	214
7	Del Valle	3257	56	Escuadrón 201	206
8	Chapultepec Polanco	2994	57	Reclusorio Norte	204
9	Pueblo del Ajusco	2929	58	Milpa Alta	203
10	Centro Histórico	2716	59	Observatorio	189
11	Cerro del Judío	2666	60	San Cristóbal Ecatepec	186
12	Xotepingo	2195	61	Zaragoza	172
13	Viaje fuera de la ZMVM	1786	62	Moctezuma	157
14	Olivar de los Padres San Jerónimo	1718	63	La Villa	154
15	Pedregal de Santo Domingo	1418	64	Zonas Industriales Tlanepantla	149
16	Buenavista Reforma	1416	65	Cd. Satélite	132
17	Coapa	1317	66	Periférico Barrientos	126
18	Cuajimalpa	1229	67	Naucalpan de Juárez	117
19	Portales	1225	68	Lomas Estrella	117
20	Nápoles	1218	69	Santa Martha Acatitla	112
21	Condesa	1144	70	Centro Urbano CC Cuautitlán	108
22	Noria	1036	71	Industrial Cuamatla	108
23	Santa Fe	979	72	Palacio de los Deportes	108
24	Las Águilas	971	73	Santa Cruz Meyehualco	107
25	Nativitas	903	74	Fracc. Industrial Naucalpan	103
26	Obrera	891	75	Panteones	100
27	Canal Nacional	848	76	CC Lomas Verdes	99
28	Molinos	780	77	Nueva Industrial Vallejo	98
29	Campestre Churubusco	762	78	Bondoquito	97
30	Estadio Azteca	750	79	Alfredo Baranda	95
31	Tepepan	617	80	Central de Abastos Ecatepec	94
32	Las Lomas	540	81	Santa Lucia	92
33	San Lorenzo	527	82	Central de Abastos	90
34	Juan Escutia	527	83	Tepeyac	86
35	Balbuena	446	84	Coacalco	85
36	Tlatelolco	444	85	Ayuntamiento De Nezahualcotl	84
37	San Bartolo	440	86	Industrial Chalco	80
38	San Andrés	413	87	Tultepec	80
39	Verti Narvarte	376	88	CC Cd Satélite	79
40	Instituto Politécnico	325	89	Culhuacán	79
41	Mixquic	323	90	Chicoloapan de Juárez	73
42	Carr. Pirámides-Tulancingo	320	91	Jardines Morelos	73
43	Parque Cerro de la Estrella	293	92	San Miguel Teotongo	71
44	El molino Tezonco	292	93	Geovillas de Ayotla	64
45	Bosques de Aragón	256	94	Héroes Tecámac	54
46	Desarrollo urbano Quetzalcóatl	255	95	Huehuetoca	54
47	Morelos	255	96	Condados de Atizapán	51
48	Tláhuac	254	97	San Miguel Tlaixpán	41
49	Tizayuca	244	98	San Martin Cuautlalpan	39

Tabla 2
Desplazamientos Registrados desde ZMVM hacia Padierna CDMX
Fuente: Elaboración propia, tabla capturada con los datos de los viajes desde
Todos los Distritos de la ZMVM hacia el Distrito CDMX-Padierna

En virtud de los resultados obtenidos, mediante el Mapa Digital de México, se realizó la comparación de los desplazamientos entre el Distrito Padierna y todos los Distritos de la ZMVM y viceversa (Tabla 3).

Con estos datos se puede inferir que esta región es una zona habitacional y podría estar catalogada como lugar Dormitorio es decir que los habitantes solo descansan o duermen en este territorio, pero se tienen que desplazar hacia las fuentes de empleo, escuelas y más. En tal sentido se puede percibir lo anteriormente dicho ya que el tránsito en las mañanas es de Sur a Norte y por las noches de Norte a Sur.

Se comparan las evidencias creadas mediante el Buffer/zona de afluencia se puede mencionar que de los 108, 447 viajes que se realizan, 96,849 son habitantes y residen cerca de la zona de estudio ya que son usuarios

potenciales y que en determinado momento del día hacen uso de esta vialidad.

Tipos de transporte. Sobre la Ctra. Picacho Ajusco transitan diferentes tipos de modos de transporte y en especial en la Zona de Estudio ya que es una avenida ancha y a lo largo del trayecto no tiene impedimento en altura. Por lo cual se realizó un estudio de campo los días 8 y 9 de junio del presente año, en un horario de 7:00 a 10:00 horas y de 18:00 a 20:00 horas y según con la EOD (2017) son los días con tránsito usual y los horarios donde se encuentra el mayor volumen de vehículos en la ZMVM. Al llegar a la zona de estudio y se visualizó los siguientes modos de transporte, como se observa en la siguiente Tabla 4, donde se realizó una clasificación, así como las nomenclaturas correspondientes de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2014).

Población adyacente a la Ctra. Picacho Ajusco	96849	población
Viajes internos	72270	viajes
Viajes de Padierna - ZMVM	108447	viajes
Total	180717	viajes
Viajes internos	72270	viajes
Viajes de ZMVM - Padierna	107903	viajes
Total	180173	viajes

*Tabla 3
Comparación de Desplazamientos Registrados
Fuente: Elaboración propia, tabla capturada con los resultados de las Figuras 48 y 49.*






Vehículo	No. De Ejes	No. De Llantas	Imagen
Bicicleta	2	2	
Motocicleta	2	2	
Autos Sedan	2	4	
SUV	2	4	
Pick Up	2	4	

Tabla 4
Vehículos ligeros que pasan por la Zona de Estudio
Fuente: Elaboración propia, tabla capturada de acuerdo con SCT.

Al respecto conviene decir que la mayoría de los vehículos existentes que transitan por esta vialidad son de uso privado y en general va un individuo por automóvil, además de que se visualizó el paso constante de bicicletas y motocicletas. En cuestión al transporte público los autobuses van sobre saturados ya que las personas viajan sobre los estribos de la unidad, así mismo no se encuentra paradas establecidas

por lo cual genera cortes al flujo vehicular. En menor cantidad podemos observar camiones y tractocamiones los cuales son utilizados para el transporte de comida, agua potable, materiales de construcción, vehículos y más. En las siguientes Tablas 5-6, se observa cómo se clasificó con la nomenclatura adecuada para poder identificar los vehículos que hacen uso de la Carretera Picacho Ajusco.

CLASE: VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN	NOMENCLATURA
AUTOBÚS	B
CAMIÓN UNITARIO	C
TRACTOCAMIÓN	T
CONVERTIDOR	D
CAMIÓN REMOLQUE	C-R
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO	T-S
TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO	T-S-R Y T-S-S

Tabla 5
Clasificación de Vehículos
Nota. Reproducida de Clasificación de Vehículos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017.










Nombre	Nomenclatura	No. De ejes	No. De llantas	Imagen
Autobús	B2	2	6	
Camión	C2	2	6	
Camión	C3	3	8 a 10	
Tractocamión con semirremolque	T2-S1	3	10	
Tractocamión con semirremolque	T2-S2	4	14	
Tractocamión con semirremolque	T3-S1	4	14	
Tractocamión con semirremolque	T3-S2	5	18	
Tractocamión con semirremolque	T2-S2-S2	6	22	
Tractocamión con semirremolque y remolque	T3-S2-R4	9	34	

Tabla 6
 Vehículos pesados que pasan por la Zona de Estudio
 Fuente: Elaboración propia, tabla capturada de acuerdo con la SCT.

En definitiva, la Ctra. Picacho Ajusco desde la intersección Conkal hasta la bifurcación Periférico Sur es el tramo más importante para los habitantes de los cerros Ajusco y Picacho, ya que en esa vialidad se generan varios viajes de vehículos privados y públicos además de que tiene las condiciones necesarias para que se puedan transitar vehículos de grandes dimensiones, si estos vehículos quisieran acceder a esta región por otras calles tendrían dificultades ya que son estrechas, tendrían que rodear bastante, los cables de luz o teléfono se

encuentran a baja altura y tendrían que hacer varias maniobras.

Por lo cual en el siguiente capítulo se desarrollará una Arquitectura Funcional la cual consiste en un algoritmo lógico y de procesos que llevará a cabo cada componente a usar en el sistema, como si fuera poco también se va a realizar un diseño y modelación en 3D de los ITS para mejorar el flujo contante de vehículos, mantener informados a los usuarios en tiempo real lo que ocurre en la vía y enriquecer la cultura vial.

Capítulo 3.

Diseño del Sistema Inteligente de Transporte para la Carretera Picacho Ajusco.

Contenido:

3.1 Arquitectura Funcional

3.2 Arquitectura Lógica

3.3 Arquitectura Física

3.1 Arquitectura Funcional

Los Sistemas Inteligentes de Transporte se estructura en dos partes esenciales para su funcionamiento, la arquitectura Lógica y la otra es la Arquitectura Física. En la Figura 50 se describe la estructuración de los ITS.

En este capítulo se realiza el Algoritmo Lógico que es el conjunto de instrucciones para tener un correcto funcionamiento del ITS, además se muestran las partes y componentes del diseño el cual se contempla mediante una modelación en software de diseño 3D, para la Carretera Picacho Ajusco en el tramo más saturado que parte de la intersección Conkal hasta la bifurcación Periférico Sur.

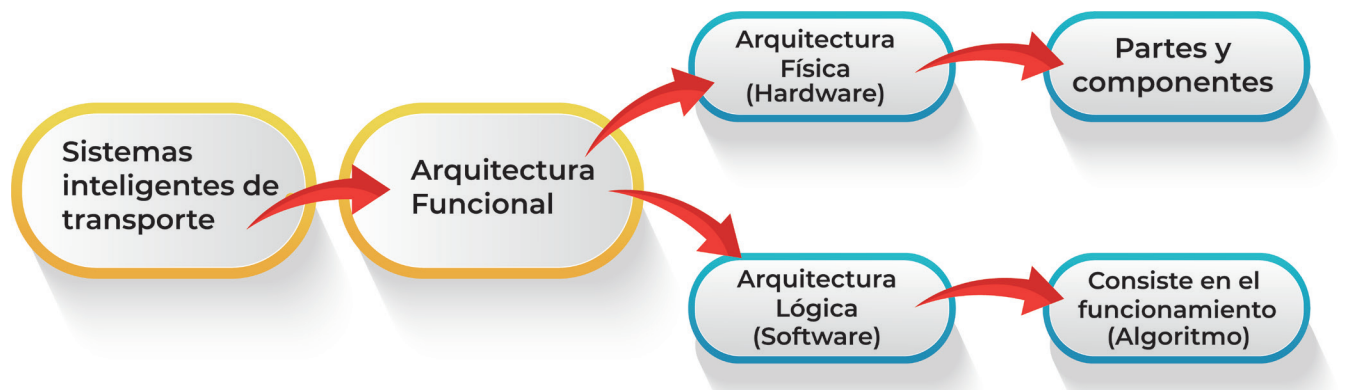


Figura 50

Sistemas Inteligentes de Transporte.

Fuente: Elaboración propia, jerarquía horizontal sobre los ITS.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
=	Igual que
>	Mayor que
<	Menor que
≥	Mayor o igual que
≤	Menor o igual que
<>	Distinto que
<=>	Compara
<< >>	Comentario
≠>	No entonces
If	Si
Print	Impresión PMV
S	Sur
N	Norte
E	Este
O	Oeste
Repeat	Repetir

Tabla 7
Símbolos

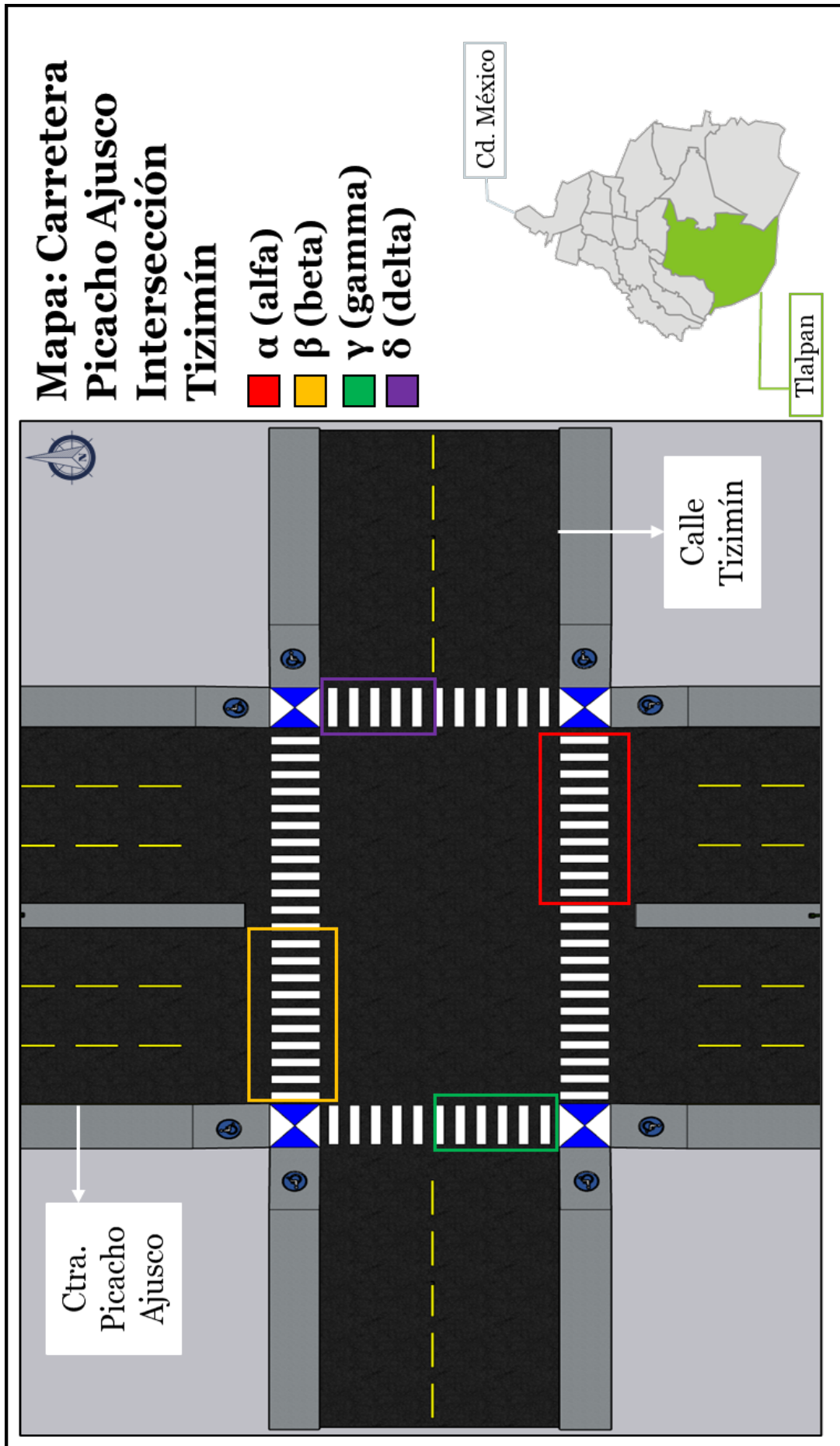
Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

3.2 Arquitectura Lógica

La Arquitectura Lógica consiste en un conjunto de abstracciones, patrones coherentes y definidos para interactuar con el código fuente de los ITS. En tal sentido es un algoritmo de funcionamiento de tipo Pseudocódigo el cual sirve para la toma de decisiones del conjunto de componentes a diseñar, con la posibilidad de suministrar los pasos necesarios para resolver tareas dentro de un Software, teniendo en cuenta la mayoría de detalles, posibles. En este caso cada artefacto del ITS cuenta con 5 bloques de instrucciones siendo: 0 el encendido del equipo y/o Sistema; 1 Componentes integrales; 2 Función de operación (incluye ciclos); 3 Complementario y 4 Apagado o fin del sistema. En este mismo contexto, se realiza la Arquitectura Lógica para los siguientes componentes: PMV, Semáforos Inteligentes, CCTV y Sensor de agua.

La Arquitectura Lógica, se principia con la identificación de los símbolos, por lo cual en la Tabla 7 del lado izquierdo observamos la insignia y en la columna siguiente su significado, estos signos serán usados para cada componente, como se mencionó en el párrafo anterior.

Así pues, las arquitecturas tanto como lógica y física se realizarán para la intersección Ctra. Picacho Ajusco y Tizimín, ya que este cruce es uno de los más importantes de la Zona de estudio. En la siguiente Figura 51 se identificó las zonas donde usualmente se quedan estacionados los vehículos durante el tiempo de la luz roja, poniendo en riesgo a los peatones, los cuales se les denomina como α - β - γ - δ . Así mismo en la Figura 52 se marcaron las zonas donde los vehículos se quedan atorados por no obedecer la luz roja a estos sitios se les denomina ε - ζ - η - θ .



Ubicación de α - β - γ - δ Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021

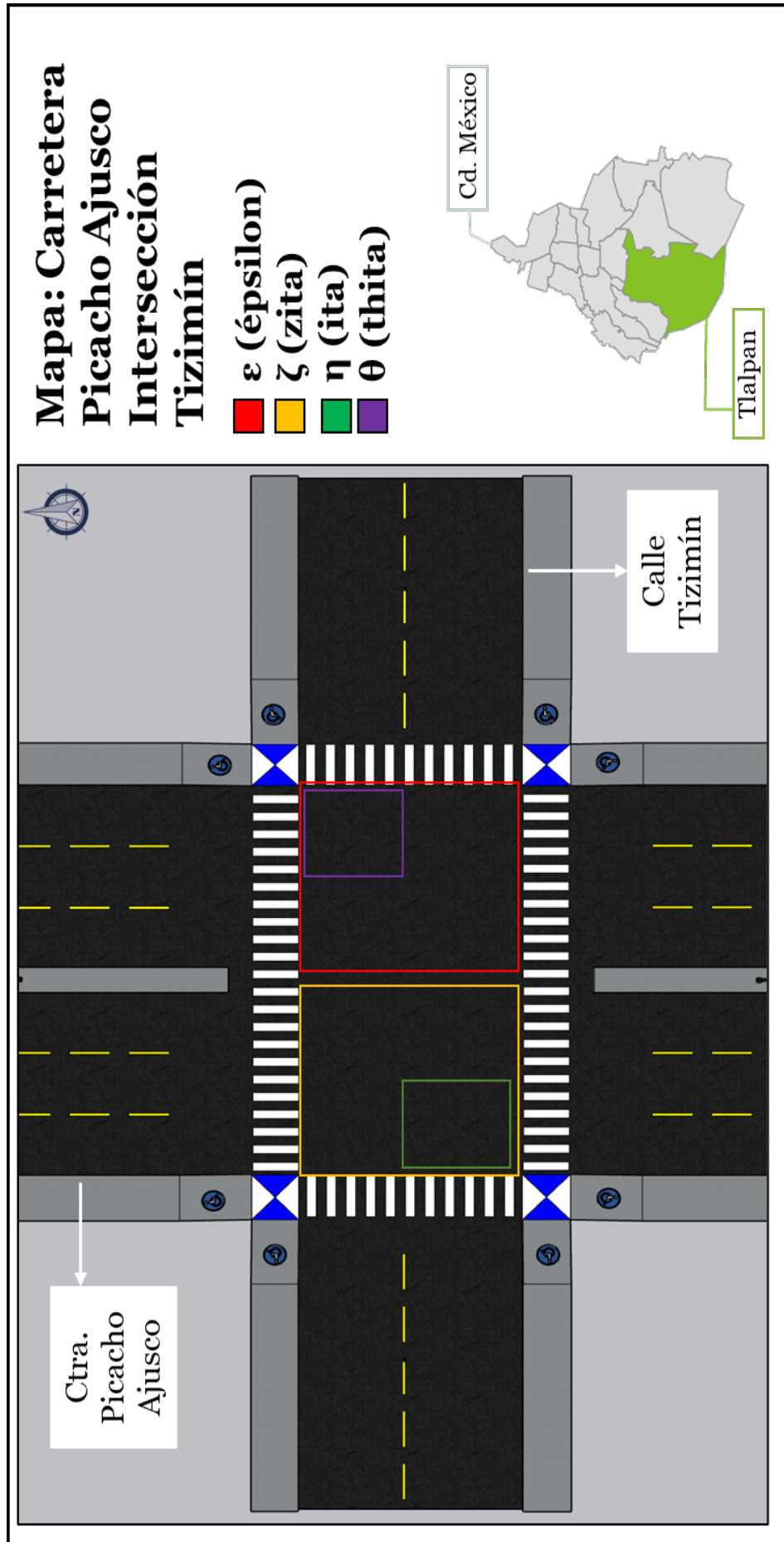


Figura 52
Ubicación de ϵ - ζ - η - θ
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021

A continuación, en la Tabla 8 se observan los componentes integrales, es decir que del lado izquierdo tenemos a los Elementos Internos que en este caso son todos los artefactos como: Panel de Mensajería Variable (PMV), Circuito

Cerrado de Televisión (CCTV), Semáforo y el Sensor de agua. Así mismo del lado derecho se tiene a todos los elementos externos como las acciones, detalles y ciclos.

Arquitectura Lógica				
Encendido del Sistema y/o Equipo				
Componentes Integrales				
Atributo	Elementos internos	Sitio	Atributo	Elementos externos
1,1	PMV	S-N	1,13	MULTA (aparcar en paso peatonal)
1,2	PMV	N-S	1,14	MULTA (Cruzar una intersección o girar, estando el semáforo con luz roja)
1,3	CCTV	S-N	1,15	Aviso a la Secretaría de Seguridad Ciudadana
1,4	CCTV	N-S	1,16	Agua
1,5	CCTV	O-E	1,17	Vehículo
1,6	CCTV	E-O	1,18	Tiempo
1,7	SEMÁFORO VEHICULAR	S-N	1,19	ICONO (Velocidad Máxima)
1,8	SEMÁFORO VEHICULAR	N-S	1,20	ICONO (Uso del cinturón de seguridad)
1,9	SEMÁFORO VEHICULAR	O-E	1,21	ICONO (Prohibido Bloquear la Intersección)
1,10	SEMÁFORO VEHICULAR	E-O	1,22	ICONO (Uso de sistemas tecnológicos)
1,11	SENSOR DE AGUA	S-N	1,23	IMAGEN (Semáforo Epidemiológico)
1,12	SENSOR DE AGUA	N-S	1,24	α (Paso peatonal S-N)
			1,25	β (Paso peatonal N-S)
			1,26	γ (Paso peatonal de O-E)
			1,27	δ (Paso peatonal de E-O)
			1,28	Estacionarse ≥ 20 Segundos
			1,29	Luz Roja
			1,30	Luz Verde
			1,31	ε (S-N)
			1,32	ζ (N-S)
			1,33	η (O-E)
			1,34	θ (E-O)
			1,35	≥ 30 vehículos
			1,36	≤ 29 vehículos
			1,37	Verde 100 seg; Amarillo 3 seg; Rojo 38 seg
			1,38	Verde 50 seg; Amarillo 3 seg; Rojo 38 seg
			1,39	De 3 a 5 ciclos seguidos
			1,4	> a 6 ciclos
			1,41	Aviso a Protección Civil

Tabla 8
Bloque 0 y Bloque 1
Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

Ya con los parámetros establecidos en las Tablas anteriores se comienza a crear cada bloque de la Arquitectura Lógica. Se principia por el algoritmo lógico del Panel de Mensajería Variable como se observa en la siguiente Tabla 9, la traducción es: Todo el sistema a las 6:00 am se enciende, a partir de las 6:00 am el PMV

tendrá ciclos de un minuto, cada icono se proyectará por 12 segundos, siendo 5 imágenes por minuto. Así hasta las 23:00 horas ya que el sistema entrará en modo reposo, con excepción si existe una emergencia mediante el Sensor de Agua.

Panel de Mensajería Variable								
2								
2,1	1,18	<=>	1,1	más	1,2			
2,2	1,1	más	1,2	→	Print	{1.19	→	{0 a 12 seg.}
2,3	1,1	más	1,2	→	Print	{1.20	→	{12 a 24 seg.}
2,4	1,1	más	1,2	→	Print	{1.21	→	{24 a 36 seg.}
2,5	1,1	más	1,2	→	Print	{1.22	→	{36 a 48 seg.}
2,6	1,1	más	1,2	→	Print	{1.23	→	{48 a 60 seg.}
2,7	1,1	más	1,2	→	Repeat	2,2		
3								
3,1	1,1	más	1,2	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 23:00 hrs>			
3,2	1,1	más	1,2	Sytem off	<t: 23:01 hrs a 5:59 hrs>			
3,3	Pero si existen alertar durante el System Off, se puede publicar la Señal							
4								
4,1	End of System							

Tabla 9
 Algoritmo PMV
 Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

Con la intención de proteger al peatón y generar buenos hábitos de conducción, el Circuito Cerrado de Televisión, tendrá los permisos necesarios para multar a los vehículos que se estacionen en el paso peatonal. La siguiente Tabla 10 se interpreta de la siguiente manera el CCTV S-N y N-S (Ctra. Picacho Ajusco)

si observa un vehículo estacionado en α o β por más de 19 segundos durante el ciclo de la luz roja, es multado y se le da aviso a la SCC, de la misma manera trabajará el sistema de CCTV O-E y E-O (Tizimín) solo que se usa el espacio de γ o δ .

Circuito cerrado de televisión MULTA (aparcar en paso peatonal)											
2											
2,1	1,3	más	1,4	<=>	1,7	más	1,8				
	IF	1,17	→	1,29	más	1,28	{ α ó β }	→	1,13	más	1,15
2,2	1,7	más	1,8	→	1,30	Repeat	2,1				
2,3	1,5	más	1,6	<=>	1,9	más	1.10				
	IF	1,17	→	1,29	más	1,28	{ γ ó δ }	→	1,13	más	1,15
2,4	1,9	más	1.10	→	1.30	Repeat	2,3				
3											
3,1	1,3	más	1,4	más	1,5	más	1,6	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 23:00 hrs>	
3,2	1,3	más	1,4	más	1,5	más	1,6	→	Sytem off	<t: 23:01 hrs a 5:59 hrs>	
3,3	1,7	más	1,8	más	1,9	más	1.10	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 23:00 hrs>	
3,4	1,7	más	1,8	más	1,9	más	1.10	→	Sytem off	<t: 23:01 hrs a 5:59 hrs>	
4											
4,1	End of System										

Tabla 10
 Algoritmo CCTV Peatonal
 Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

En cuanto a la frecuencia, existen conductores que hacen caso omiso a la luz roja y por consecuencia se quedan atravesados en la Zona de Estudio obstruyendo el flujo constante, por lo cual el CCTV tiene la capacidad de multar a los vehículos que se pasen la luz roja del semáforo. Por lo cual la siguiente Tabla 11 se

interpreta de la siguiente manera: si el CCTV S-N y N-S (Carretera Picacho Ajusco) observa que el vehículo se encuentra en la zona de ϵ - ζ durante el ciclo de luz roja multará y dará aviso a la SSC. Sobre la calle Tizimín el CCTV O-E y E-O hará lo mismo, pero en la zona de η - θ .

Vehículo que no Obedece una Luz Roja										
2										
2,1	1,3	más	1,4	<=>	1,7	más	1,8			
	IF	1,17	→	1,29	{ ϵ ó ζ }	→	1,14	más	1,15	
2,2	1,7	más	1,8	→	1,30	Repeat	2,1			
2,3	1,5	más	1,6	<=>	1,9	más	1,10			
	IF	1,17	→	1,29	{ η o θ }	→	1,14	más	1,15	
2,4	1,9	más	1,10	→	1,30	Repeat	2,3			
3										
3,1	1,3	más	1,4	más	1,5	más	1,6	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 23:00 hrs>
3,2	1,3	más	1,4	más	1,5	más	1,6	→	Sytem off	<t: 23:01 hrs a 5:59 hrs>
3,3	1,7	más	1,8	más	1,9	más	1,10	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 23:00 hrs>
3,4	1,7	más	1,8	más	1,9	más	1,10	→	Sytem off	<t: 23:01 hrs a 5:59 hrs>
4										
4,1	End of System									

Tabla 11
 Algoritmo CCTV Luz Roja
 Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

Acerca de crear un mejor flujo constante sobre la Carretera Picacho Ajusco aquí es donde se conjunta las indicaciones del CCTV más los ciclos programados por parte del semáforo y la información que le otorga el PMV al usuario. Ahora bien, la traducción de la siguiente Tabla 12 es: si el CCTV S-N y N-S (Ctra. Picacho Ajusco) observan igual o más de 30 vehículos, mandan la señal a los Semáforos S-N y N-S (Ctra. Picacho Ajusco) que dupliquen el tiempo de duración de Verde (100 segundos); Si el flujo vehicular dura igual o menos de 4 ciclos se manda la

señal al PMV y este muestra que hay “Tránsito Intermedio” pero si este dura igual o más de 5 ciclos muestra el mensaje de “Tránsito Lento”. Pero si los CCTV S-N y N-S cuentan igual o menos de 29 vehículos por ciclo, el PMV envía el mensaje de “Transito libre”, y el periodo de los semáforos será de Verde 50 segundos, Amarillo 3 segundos y rojo 38 segundos. Sobre las calles secundarias no importará el volumen del tránsito el tiempo de Verde seguirá siendo de 50 segundos.

Semáforo Prioridad a la Carretera Picacho Ajusco											
2											
2.1	1.7	más	1.8	<=>	1.3	más	1.4				
	IF	1.3	más	1.4	→	1.35	→	1.7	más	1.8	→
		IF	1.37	→	1.39	Print	<< Transito Intermedio >>				
		IF	1.37	→	1.40	Print	<< Transito Lento >>				
2.2	1.7	más	1.8	<=>	1.3	más	1.4				
	IF	1.3	más	1.4	→	1.36	→	1.7	más	1.8	→
		IF	1.38	→	1.39	Print	<< Transito Libre >>				
2.3	1.7	más	1.8	→	1.29	→	Repeat	2.1			
2.4	1.9	más	1.10	<=>	2.1	más	2.2				
	IF	1.9	más	1.10	<=>	2.1	→	1.38			
	IF	1.9	más	1.10	<=>	2.2	→	1.38			
	1.9	más	1.1	→	1.29	→	Repeat	2.4			
3											
3.1	1.3	más	1.4	más	1.5	más	1.6	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 22:00 hrs>	
3.2	1.3	más	1.4	más	1.5	más	1.6	→	Sytem off	<t: 22:01 hrs a 5:59 hrs>	
3.3	1.7	más	1.8	más	1.9	más	1.10	→	Sytem on	<t: 6:00 hrs a 22:00 hrs>	
3.4	1.7	más	1.8	más	1.9	más	1.10	→	Sytem off	<t: 22:01 hrs a 5:59 hrs>	
4											
4.1	End of System										

Tabla 12
 Prioridad de Paso a la Carretera Picacho Ajusco
 Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.

Con el objetivo de cuidar a los usuarios y vehículos, cuando se presenten lluvias e inundaciones en la zona, el sensor de agua estará disponible las 24 horas los 365 días del año. Si la cantidad de agua no rebasa los 15 centímetros el PMV anunciará “Precaución Encharcamientos” pero si es igual o menor a 30 centímetros el

PMV emitirá el mensaje de “Precaución Vialidad Inundada” pero si la acumulación de agua es mayor a 30 centímetros el PMV comunicará “No Pasar” y dará aviso a Protección Civil. Después de la detección de agua se repetirá este ciclo y hará un reconocimiento cada 5 minutos, hasta que baje el agua (Tabla 13).

Sensor de Agua											
2											
2	1,1	más	1,2	<=>	1,11	1,12					
	IF	1,1	más	1,12	→	≤ 15 cm	{1.16	Print	<<Precaución Vialidad con Encharcamientos>>		
	IF	1,1	más	1,12	→	≤30 cm	{1.16	Print	<<Precaución vialidad inundada, continua con cuidado>>		
	IF	1,1	más	1,12	→	>30 cm	{1.16	Print	<<No Pasar>>		→
											1,41
2	1,1	más	1,2	→	Repeat	Cada 5 min	→	{1.16	→	2	
3											
3	1,1	más	1,1	System On	365	días					
4											
4	End of System										

Tabla 13
 PMV Alertas por Parte del Sensor de Agua
 Fuente: Elaboración propia, Excel Profesional Plus 2019.



Por consiguiente, cada tabla mencionada anteriormente es un conjunto de paso que va a realizar cada componente, al respecto conviene decir que parte de una abstracción o idealización que mediante un lenguaje lógico se puede comunicar los ITS y los usuarios de la vía.

3.3 Arquitectura Física

Es así como al construir el Algoritmo Lógico podemos concentrarnos en los Componentes, Ubicación y Modelación de los ITS, en cuanto a lo mencionado en el Capítulo 2 esta vía es utilizada por un gran número de personas que realizan cuantiosos viajes, lo que provoca que esta vialidad se sobre congestione en horarios punta que a su vez provoca; retrasos, estrés, distracción y accidentes, también esta avenida que en temporada de lluvia suele tener corrientes abundantes de agua e inundaciones,

comprometiendo la seguridad del usuario. Por lo cual el modelo de diseño busca proyectar todos los artefactos y dar una idea visual, buscar las ubicaciones estratégicas para la instalación de estos sistemas, con el fin de que las personas y/o conductores estén informados de lo que ocurre a lo largo de la vía, mejorar la cultura vial y aumentar las medidas de protección.

Paneles de mensajería variable. En tal sentido como principal dispositivo es el PMV, ya que estos están creados con el fin de informar y alertar en tiempo real a los usuarios, los acontecimientos que ocurren sobre la vía en mensajes concisos o en iconos universales. Una de las características se sitúa entre la sencillez de las señales fijas y la gran complejidad de las nuevas tecnologías. Permiten visualizar informaciones y avisos con notable evidencia y óptima legibilidad a distancia y actualizaciones

en tiempo real. El software utilizado permite la digitalización directa y contar con seguridad.

En consecuencia, los Sistemas Inteligentes de Transporte son de gran utilidad y para la Zona de Estudio es factible su instalación debido a que cuenta con las condiciones necesarias para su montaje y de esta manera mantener informado en tiempo real a los hombres y mujeres que hacen uso de esta arteria, sobre lo que está ocurriendo y tener una mejor planificación de su viaje y tomar decisiones con criterio. Como se ha mencionado en capítulos anteriores es la única avenida importante para los territorios de Picacho y Ajusco, es complicado encontrar alguna otra alternativa de manera inmediata para poder llegar al lugar deseado. El Panel de Mensajería Variable puede facilitar la información sobre: nivel de tránsito, bloqueo de la circulación, manifestaciones, estado de contaminantes y/o mensajes de utilidad pública como: hora, fecha, temperatura y en situaciones de emergencia como el Semáforo de Riesgo Epidemiológico Covid-19.

Ubicación de los PMV. La colocación de los PMV es de suma importancia ya que se tienen que situar en las intersecciones donde existe mayor flujo vehicular, para mantener informados a la mayor parte de los usuarios. Primera ubicación estratégica en la intersección Carretera Picacho Ajusco y la calle Tekal dado que en esta zona comienza el tránsito lento. Al llegar a este punto existe la oportunidad de

utilizar un conjunto de calles de las colonias de Miguel Hidalgo, Alcaldía Tlalpan y sus diferentes secciones hasta salir a la Avenida de los Insurgentes Sur, aproximadamente por la estación del Metrobús Ayuntamiento Línea 1.

Segunda ubicación se sitúa en la intersección Carretera Picacho Ajusco y la calle Tizimín, en esta región existen varias ramblas con buenas dimensiones, no tienen tramos clausurados e interactúa con colonias importantes de la zona de igual manera se puede hacer uso de varias vías hasta salir a la Av. Unión y de ahí a Periférico Sur.

Tercera ubicación, sobre la Carretera Picacho Ajusco e intersección Pico de Turquino ya que esta es la última intersección antes de llegar a la bifurcación con el Anillo Periférico Sur en esta última franja es donde se aloja un gran porcentaje de agua como se observó en las Figuras 41-42. A continuación, en la Figura 53 se puede visualizar la ubicación de los PMV. Al visitar la Zona de Estudio e ir dibujando y midiendo el ancho de la vía y banquetas, además la altura de un tractocamión que es el vehículo más alto que pasa por la arteria, se infiere que es posible colocar Paneles de Mensajería Variable ya que cuenta con los espacios necesarios para poder fincar toda la infraestructura necesaria, sin afectar el paso de peatones o vehículos, arboledas u otras infraestructuras.

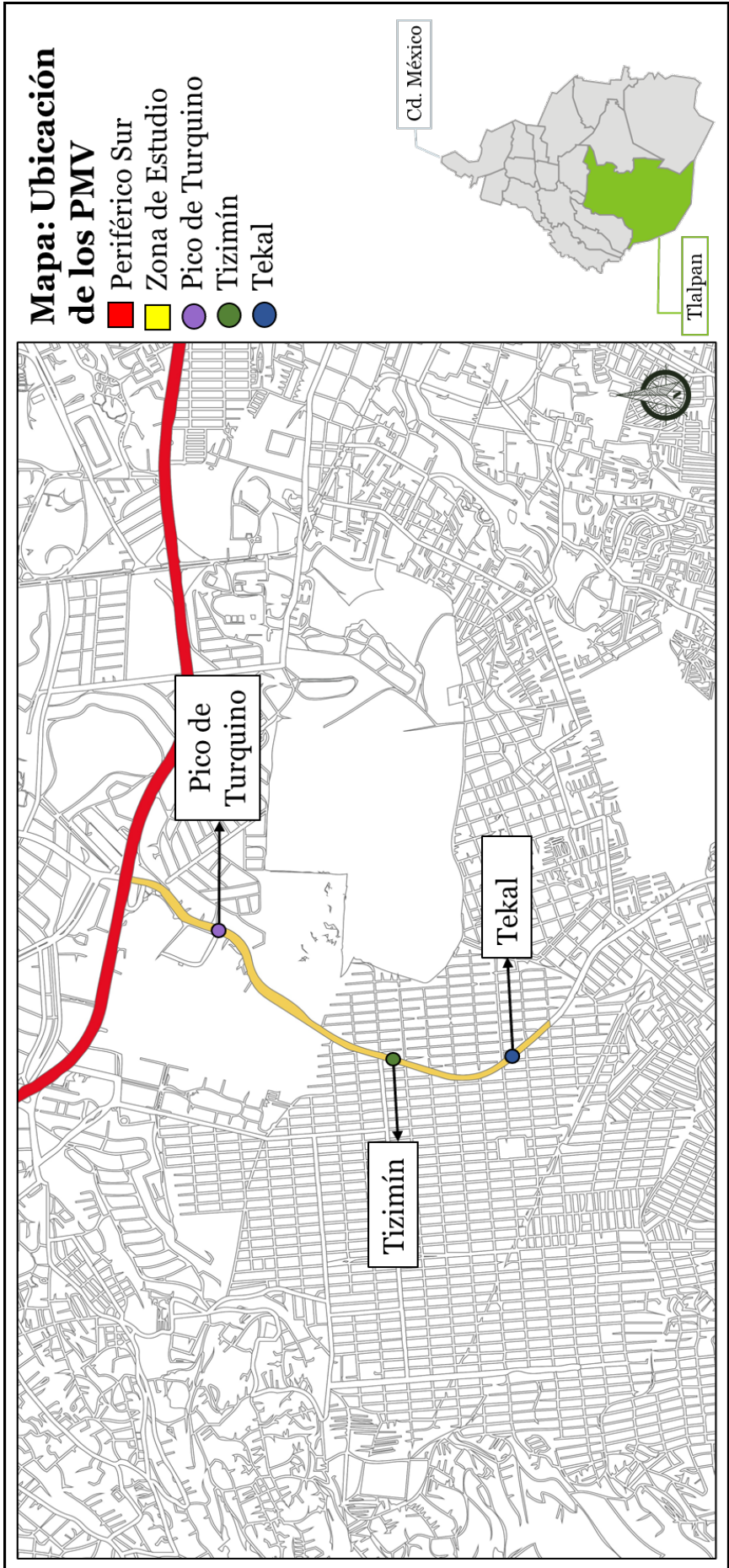


Figura 53
Ubicación de los PMV
Fuente: Elaboración propia, mapa hecho con el software Adobe Illustrator 2021.

Semáforos inteligentes:

Es necesario recalcar que la mayoría de los semáforos que existen sobre la Ctra. Picacho Ajusco son antiguos de lámpara incandescente, son controlados por temporizadores y son cronometrados, además los elementos de la SSC que no son expertos en tránsito manipulan la luz provocando desincronización y cortes de flujo de tránsito. De modo que es necesario modernizar los semáforos y aprovechar los ITS para poder mejorar los tiempos de recorrido, la seguridad vial, aminorar gases de efecto invernadero y al mismo tiempo ahorrar dinero en hidrocarburos.

Un Semáforo Inteligente tiene varias mejoras desde tener: Luces LED las cuales consumen menos electricidad tienen un periodo de vida más largo y menor mantenimiento; usan baterías para que sigan funcionando si no hay suministro de luz eléctrica; sensor de luminosidad; menor intensidad lumínica durante la noche; el uso de videocámaras las cuales tiene como función grabar el tránsito en tiempo real, contar el número de vehículos que pasan por minutos y de esta manera dar la preferencia de paso a la vía principal, además de que se puede configurar para que pueda dar aviso y multar a los vehículos que hacen caso omiso al reglamento de tránsito de la Ciudad de México, reconocer vehículos robados por medio de placas y el color.

El uso de estos artefactos reduce los tiempos de viaje al generar bloques de vehículos u olas verdes, estas son un fenómeno inducido intencionalmente en el cual una

serie de semáforos se coordinan para permitir el flujo continuo del tránsito sobre varias intersecciones. Es decir que se agrupan cierto número de vehículos que transitan por la vía principal y se les da prioridad durante varias cuadras, generando un flujo constante, una mayor velocidad, mejor seguridad, ahorro en combustible y más.

En consecuencia, como propuesta de Diseño de los ITS en la Zona de Estudio, se necesita la instalación de estos Semáforos en las 8 intersecciones de la avenida como se observó en la Figura 28, de modo que serían controlados de acuerdo al horario y flujo vehicular de manera remota desde la Subsecretaria de Control de Tránsito de la Secretaría de Seguridad Ciudadana CDMX para así poder ejecutar las olas verdes, detección de vehículos que no respetan la luz roja o los vehículos que se quedan detenidos en los cruces peatonales. Así pues, de esta manera al multarlos económicamente y con el paso del tiempo se instruye al buen manejo y de esta manera evitar vehículos detenidos en las intersecciones que afectan al flujo continuo, libre paso al peatón y lo más importante mejorar la seguridad vial. Como si fuera poco los Semáforos Inteligentes dotan de información al PMV con respecto a los volúmenes de tránsito y a su vez estos últimos, a todos los usuarios. Afortunadamente en México existen varias empresas creadoras e importadoras de Semáforos Inteligentes, las cuales tienen precios y prestaciones competentes, además de que existen varias empresas dedicadas en el mantenimiento. La Figura 54 es un ejemplo del semáforo inteligente.



Figura 54
Semáforo Inteligente CDMX
Nota. Reproducida de Semáforo Inteligente CDMX, keybps.com, 2021

Sensor de agua: Este es el último de los artefactos que se utilizan en la Zona de Estudio, y su instalación se sitúa en el paso a desnivel Periférico Sur confluencia Ctra. Picacho Ajusco, ya que en este lugar se inunda hasta los 2 metros de altura, aunque existen resumideros y pozos anti inundaciones, la realidad son grandes cantidades de agua que llega a este lugar, además se le agrega la gran cantidad de basura y tierra que obstruye a las coladeras, provocando que esta arteria quede cerrada por un periodo de tiempo.

En el lugar no existen letreros de advertencia, y ausencia de medidas inmediatas de protección, de igual manera los usuarios nuevos no tienen conocimiento y no saben

de la gravedad de la inundación por lo cual meten sus vehículos en esta zona quedando sumergidos y poniendo su vida en riesgo, así que al poner sensores de agua se monitorea en tiempo real el nivel del líquido, siendo el nivel 1 un encharcado y se puede pasar con facilidad, en un nivel 2 un anegado de mayor volumen pueden pasar sobre su propio riesgo y nivel 3 inundación, prohibido el paso. Toda esta información brindada por los sensores de agua es transmitida a los PMV y los usuarios tienen la oportunidad de esperar hasta que vuelva a existir paso o buscar vías alternas sin poner en riesgo sus vehículos o su integridad, la Figura 55 es un ejemplo de los sensores.



Figura 55

Sensores de Agua

Nota. Reproducida de Sensores de Agua, csm industrias.com, 2021

Modelación en 3D: Lo anteriormente expuesto da paso a crear una modelación en 3D para poder visualizar todo el concepto. Es importante saber ¿Qué es una modelación en 3D? según Autodesk.mx (2021):

El modelado 3D consiste en utilizar software para crear una representación matemática de un objeto o forma tridimensional. El objeto creado se denomina modelo 3D y se utiliza en distintas industrias. Las industrias del cine, la televisión, los videojuegos, la arquitectura, la construcción, el desarrollo de productos, la ciencia y la medicina utilizan modelos 3D para visualizar, simular y renderizar diseños gráficos (p.2).

De acuerdo con el párrafo anterior se va a diseñar un modelo en 3D de manera de arquitectura y desarrollo del producto para poder visualizar el concepto, las medidas la

ubicación y cómo se verían ya instalados los PVM, CCTV y los Semáforos Inteligentes. Ahora bien, en las siguientes Figuras 56-62 podemos observar algunas tomas de la simulación de los Sistemas Inteligentes de Transporte sobre la Zona de Estudio.

Aquí vale la pena decir que todas las medidas y pesos de los competentes de los ITS fueron tomadas a partir del fabricante. Al mismo tiempo se realizó toda la medición de las calles, banquetas y pasos de peatones mediante Google Earth Pro 2021 para hacer la simulación a escala 1:1. El software que se utiliza para la modelación es SketchUp Pro 2021. Se puede visualizar la animación en 3D de la Propuesta de Diseño, en la siguiente liga:

https://www.youtube.com/watch?v=nDKyVaMP3SI&ab_channel=YairG%C3%B3mezRes%C3%A9ndiz

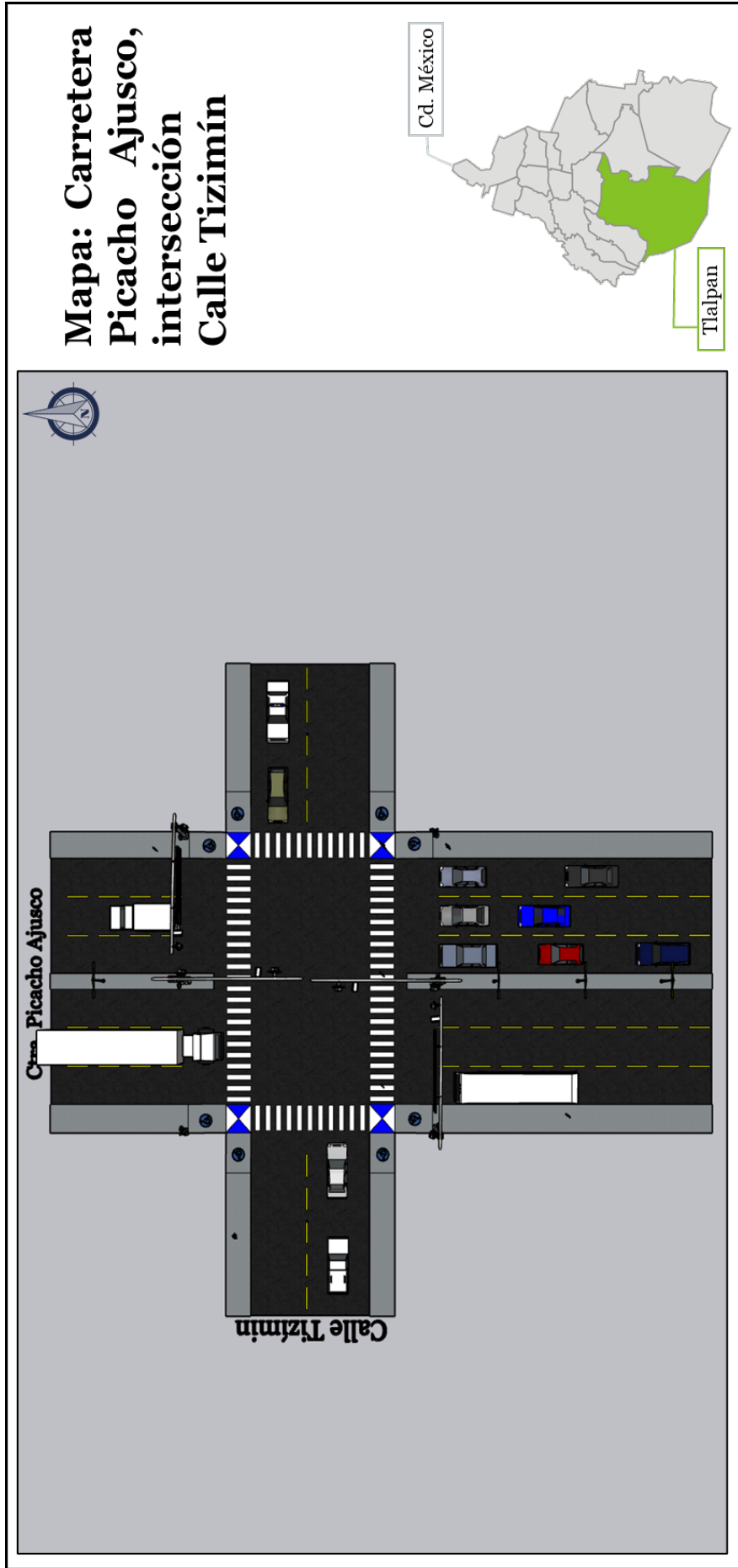


Figura 56
Propuesta de Diseño de los ITS, Vista Planta
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

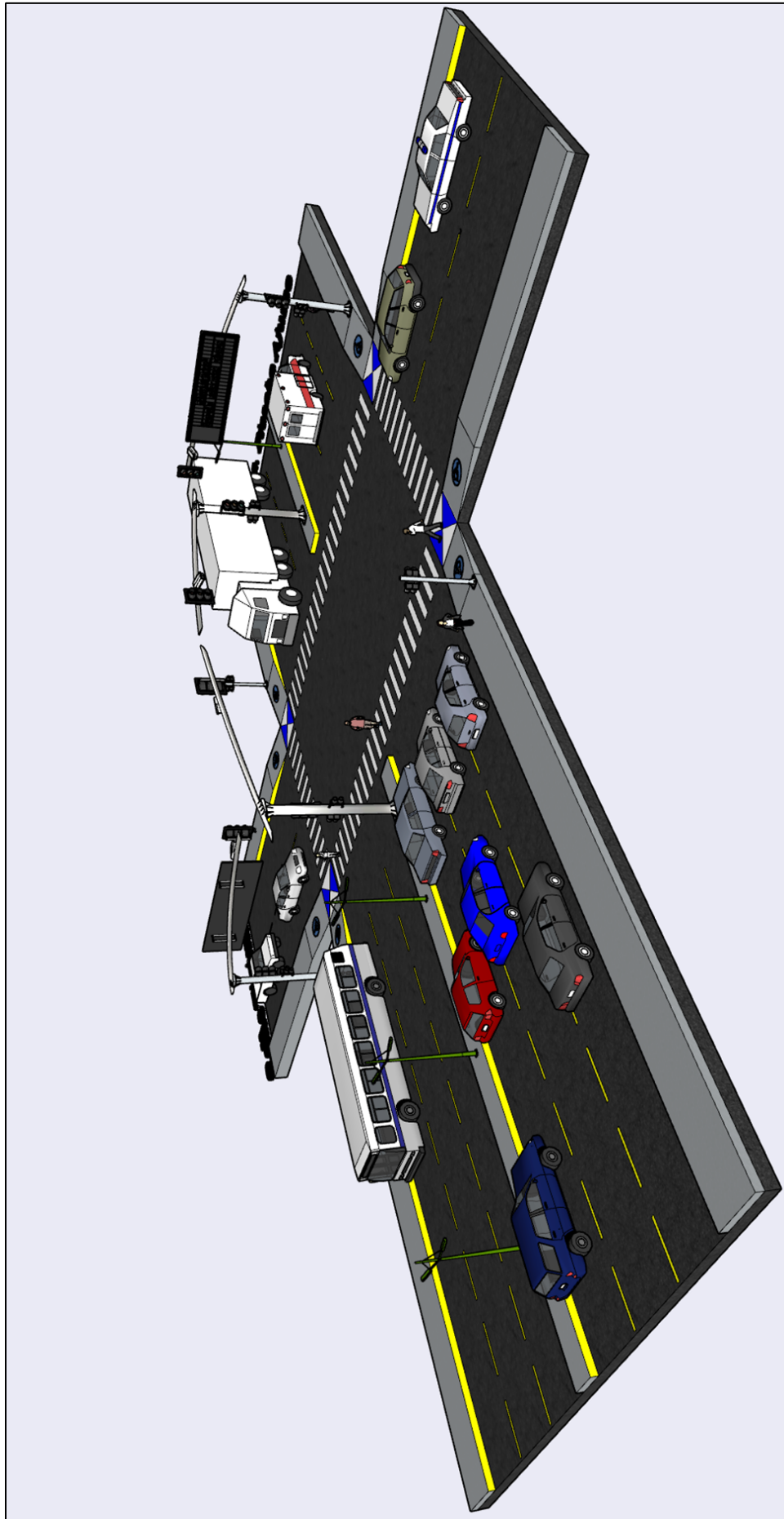


Figura 57
Propuesta de Diseño de los ITS, vista Isométrica
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software
SketchUp Pro 2021.

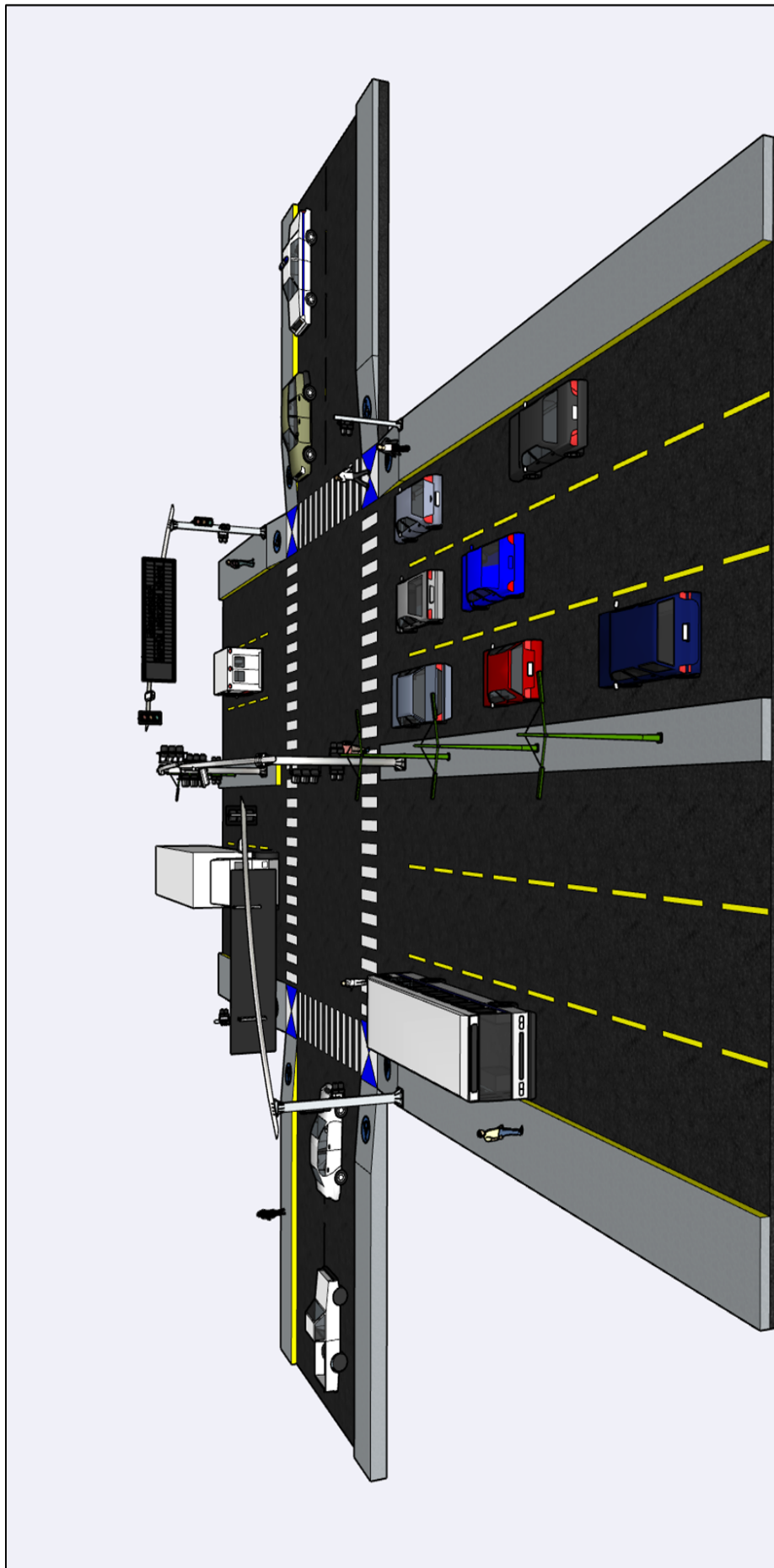


Figura 58
Propuesta de Diseño de los ITS, vista Frontal (Norte - Sur)
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

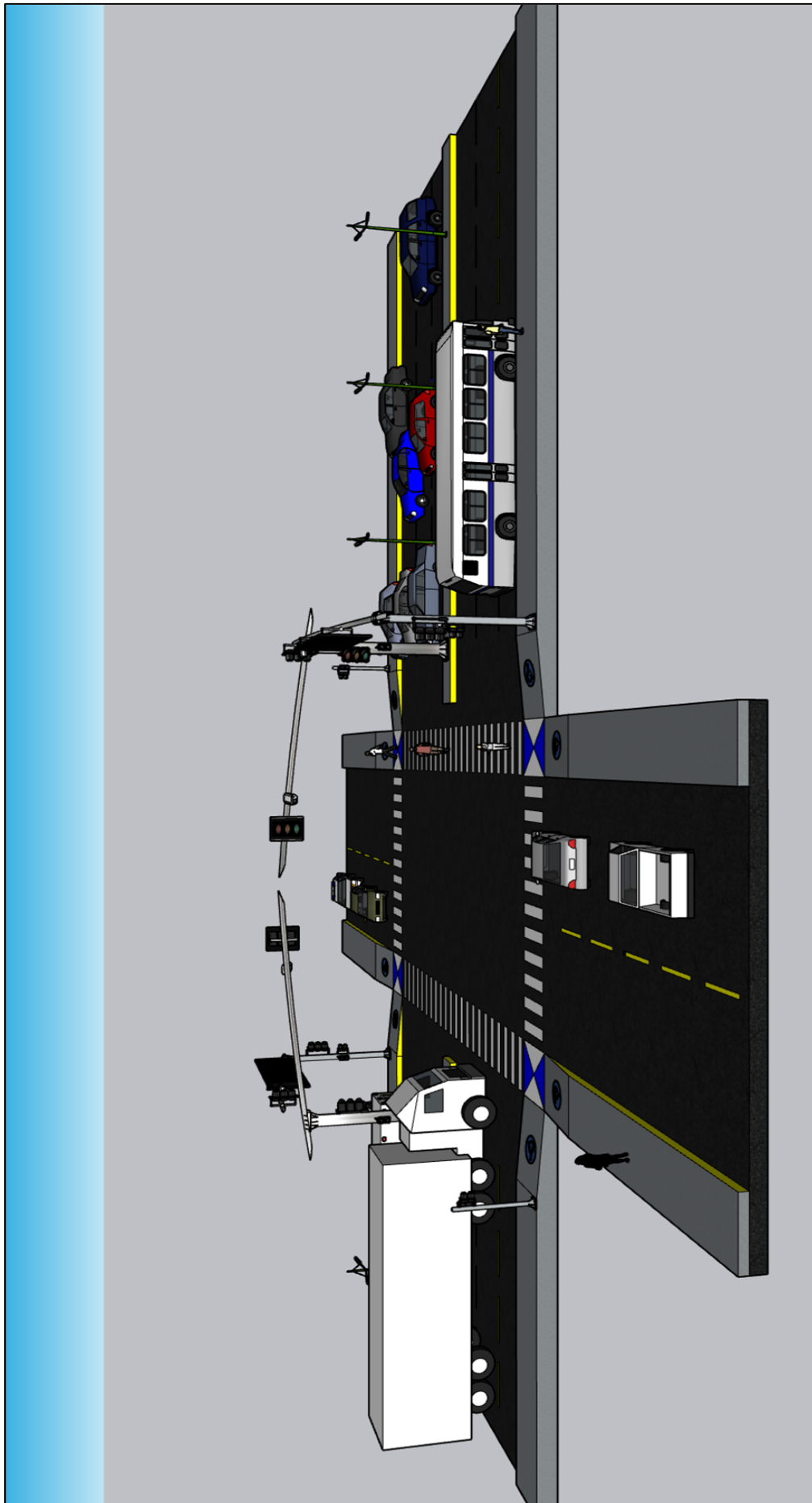


Figura 59
Propuesta de Diseño de los ITS, vista Frontal (Oeste a Este)
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

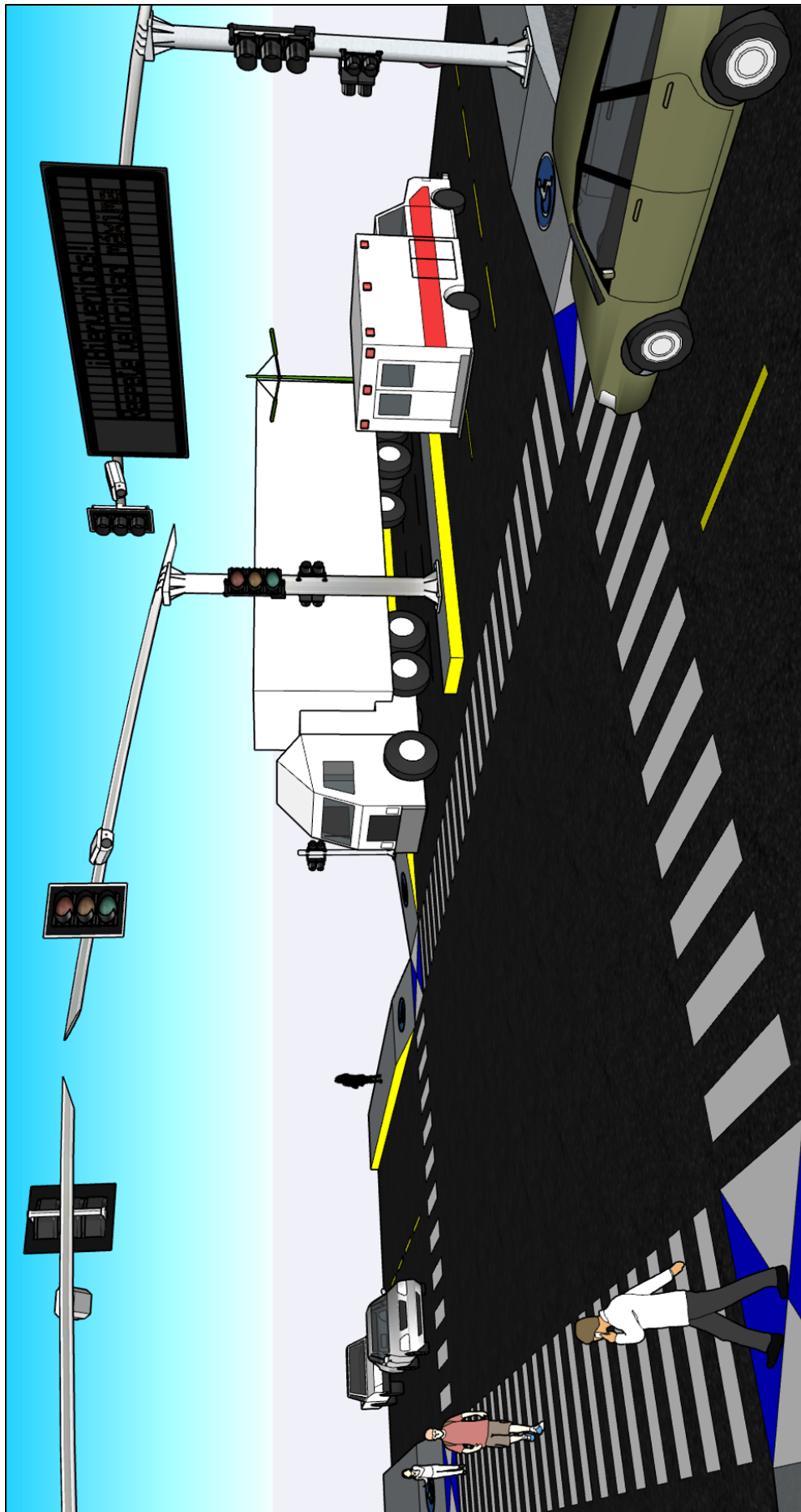


Figura 60
Propuesta de Diseño de los ITS, Vista Isométrica Peatón
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

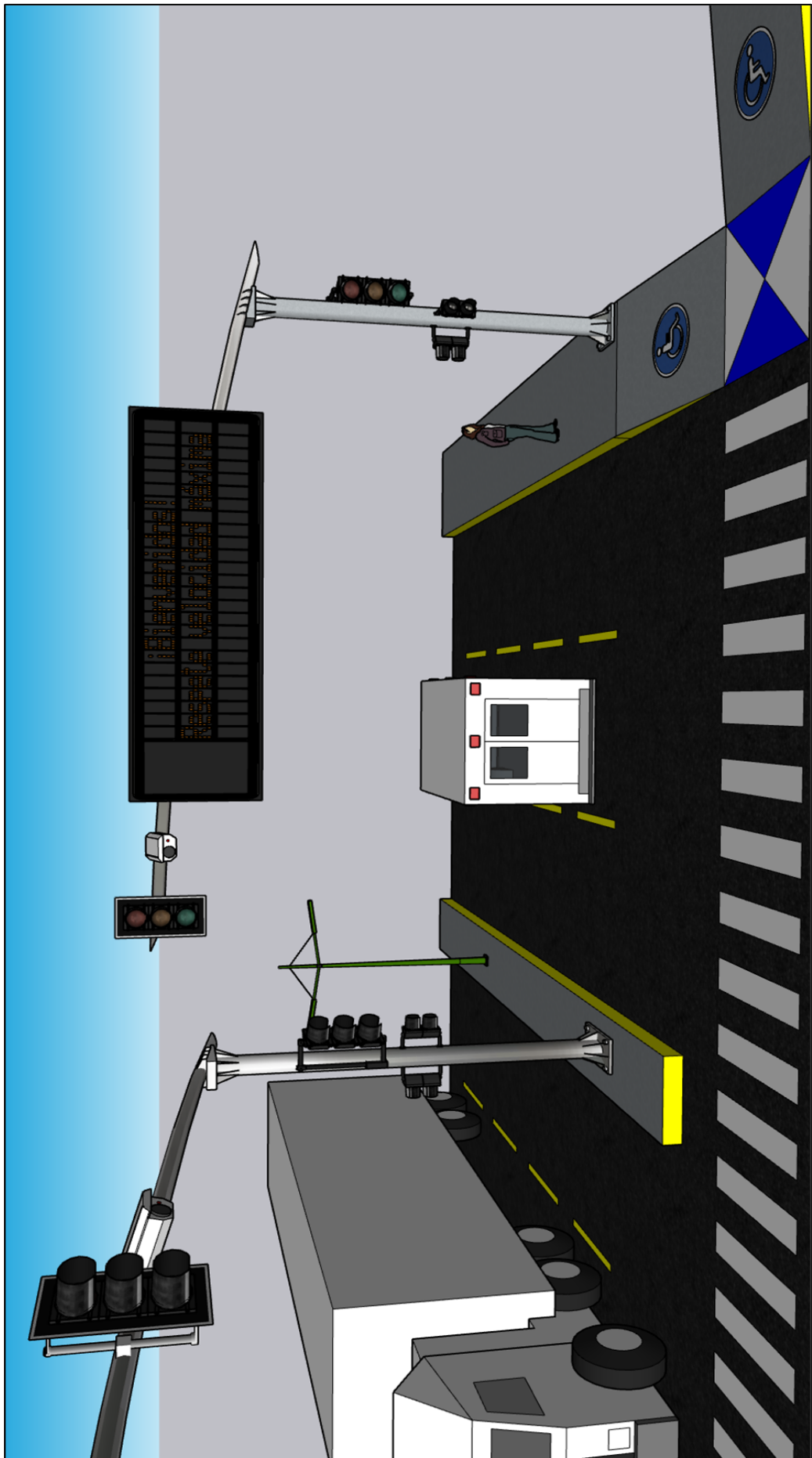


Figura 61
Propuesta de Diseño de los ITS: Vista frontal: Semáforo, PMVY CCTV
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

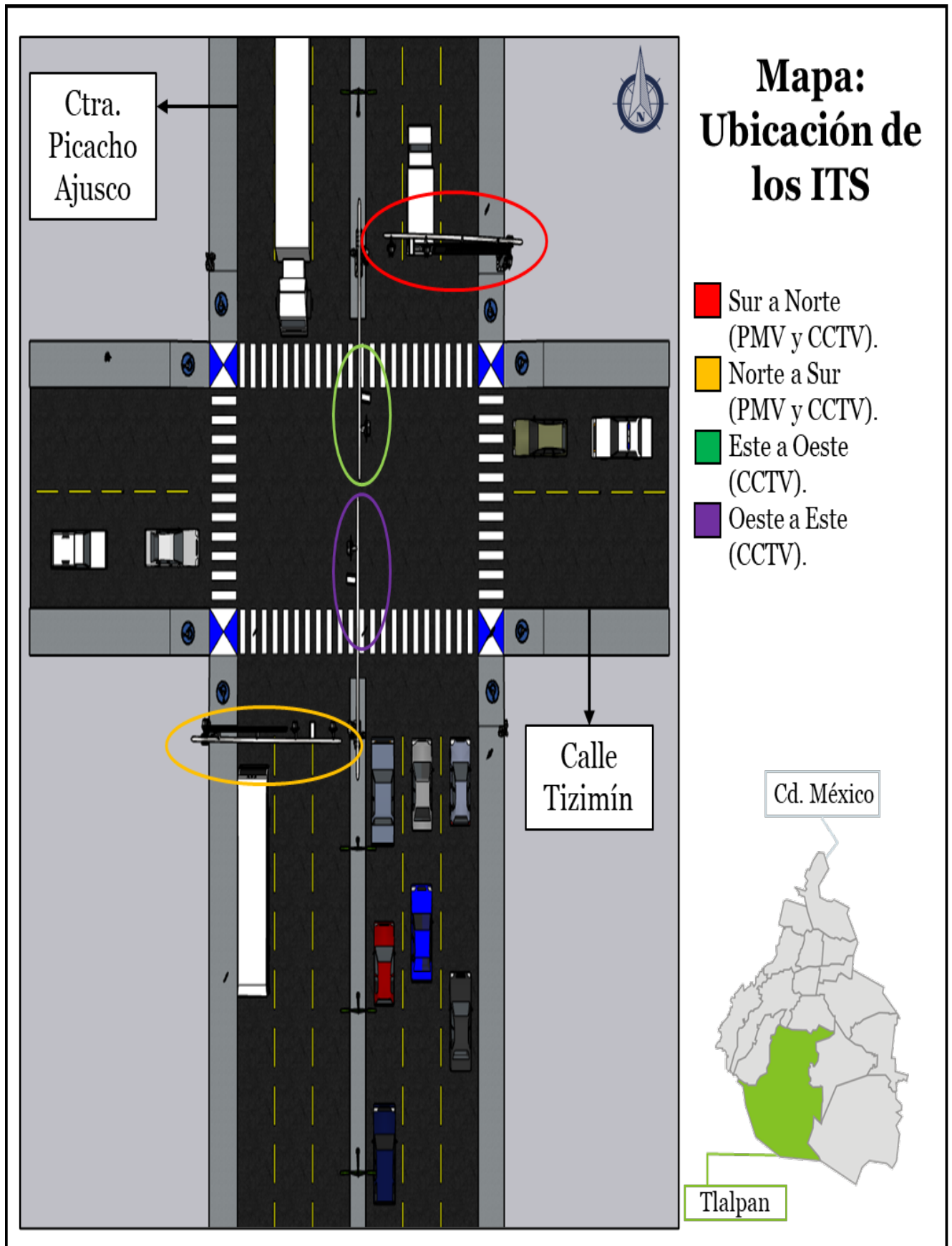


Figura 62
Propuesta de Diseño de los ITS, Vista Planta, ubicación de los ITS
Fuente: Elaboración propia, hecho con el software SketchUp Pro 2021.

Es así como al visitar la zona y al realizar los diferentes diseños y medidas, se puede decir que estos no afectan al entorno urbano, ya que no se tiene que remover ningún árbol, al ser las banquetas lo suficientemente anchas los peatones y las personas que utilizan silla de ruedas podrían pasar sin ningún problema, no existirían afectaciones a las construcciones cercanas dado a que las casas y los locales comerciales se encuentran a una distancia mínima de 10 metros de cada artefacto. De este modo al realizar una Arquitectura Funcional y se crea un bloque entre la correcta funcionalidad entre la parte lógica y física, como si fuera poco se aminoran los posibles errores y pérdidas

de información, sin embargo, si llegara a existir un problema se podría dar solución de manera rápida, ya que al ser un solo conjunto en un mismo lenguaje se puede examinar y dar solución.

Como si fuera poco en el siguiente capítulo se va a realizar un análisis financiero el cual consta de saber la inversión inicial de la Propuesta de Diseño para la Zona de Estudio, además de saber el costo de operación, la manera de obtener ingresos, así mismo saber si es posible un financiamiento y si es rentable un Sistema Inteligente de esta índole.



Capítulo 4.

Análisis para la Implementación del Sistema Inteligente.

Contenido:

4.1 Análisis Financiero

4.1.1 Cálculo del Costo Total del Sistema Inteligente

4.1.2 Financiamiento

4.2 Costo-Beneficio

4.2.1 Estimación de costo por afectaciones en la carretera Picacho Ajusco.

4.2.2 Beneficiados

4.3 FODA



4.1 Análisis Financiero del ITS

El Análisis Financiero por definición estudia el equilibrio financiero a corto y largo plazo a través de la liquidez y solvencia de la empresa. La Liquidez se refiere a la capacidad de convertir sus activos en moneda para pagar deudas a corto plazo. Solvencia significa la capacidad de pagar todas las deudas a largo plazo. Para que esto suceda, el valor de los activos (inversiones) debe ser mayor que los pasivos (deudas). Es decir que, para tener liquidez y solvencia los ITS instalados en la Ctra. Picacho Ajusco debe de tener un equilibrio financiero y ser capaz de autofinanciarse para tener una inversión rentable y a su vez afrontar el pago de deudas en su plazo.

En este caso para la propuesta de diseño e implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte en la Ctra. Picacho Ajusco, los activos son todos los artefactos de la arquitectura funcional que a través de las multas se recauda el pago del financiamiento, y se pueda pagar los gastos de operación durante la vida útil (10 años), teniendo así solvencia económica.

4.1.1 Cálculo del Costo Total del Sistema Inteligente.

En tal sentido, se realizaron diversas cotizaciones en empresas privadas nacionales e internacionales para así establecer un precio en los componentes, obra civil e instalaciones, además de evaluar los costos de operación. Por lo cual en la Tabla 14 se hace una estimación de inversión inicial de acuerdo al diseño del ITS. De manera que se puede observar los artículos, las cantidades, costo unitario, el importe y el costo total.

Además, se hace mención a los costos de operación, los cuales son: Luz eléctrica, Wifi, mantenimiento y la aseguradora. En el caso de la luz eléctrica CFE cobra \$2 el kilowatt hora todo el sistema estará prendido de 6:00 a 23:00. Se multiplica los 120 elementos por los \$2kW/h por las 17 horas, por 30.4 de un mes, por 12 meses, así se obtiene el costo por anual. El Wifi \$1.919,00 por 12. El mantenimiento 7 por el total de la inversión inicial entre 100. Aseguradora 10 por el valor total de la inversión inicial entre 100.

Inversión Inicial			
Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Importe
PMV con 3 líneas de texto + zona gráfica (Incluye accesorios).	6	\$3.053.592,00	\$18.321.552,00
PMV: Obra civil, infraestructura e instalación.	6	\$438.000,00	\$2.628.000,00
Semáforo Inteligente	32	\$53.000,00	\$1.696.000,00
CCTV (Incluye accesorios).	32	\$51.845,00	\$1.659.040,00
Semáforo + CCTV: Obra civil e instalación	32	\$32.874,00	\$1.051.968,00
Sistema de cómputo en el sitio	4	\$22.600,00	\$90.400,00
Sistema de grabación, renta nube de computo y subsistema de conexión inalámbrica	4	\$15.467,00	\$61.868,00
Sistema de reconocimiento físico, Sensor de Fluidos (Incluye accesorios para su instalación).	2	\$14.500,00	\$29.000,00
Total			\$25.537.828,00

Costo de Operación			
Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Luz Eléctrica	118	\$2,00	\$1.463.577,60
Wifi 200 MB	3	\$1.919,00	\$69.084,00
Mantenimiento ITS (7% del valor del ITS)	1	\$1.787.647,96	\$1.787.647,96
Aseguradora (10% del valor total)	1	\$2.553.782,80	\$2.553.782,80
Total			\$5.874.092,36

Inversión total de los ITS
\$31.411.920,36

Tabla 14
Inversión Inicial, Costo de Operación y la Suma de la
Inversión Inicial más Costo Total
Fuente: Elaboración propia.

La liquidez y solvencia económica del ITS depende de las multas para poder pagar el financiamiento y los costos operacionales durante su vida útil. Las multas consisten en pagar una cantidad de dinero, impuesta por haber infringido una ley o haber cometido algún tipo de falta, además que estas sanciones sirven para mejorar malos hábitos que se tiene mientras se conduce. En la siguiente Tabla 15 se mencionan las sanciones que podrán hacer los CCTV con consentimiento de la SSC y apegados al Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México 2021. El Costo de la multa va de acuerdo al valor de la UMA 2021 que es de \$89.62 Pesos M.N. y según el INEGI (2021) una UMA es:

La Unidad de Medida y Actualización (UMA) es la referencia económica en pesos

para determinar la cuantía del pago de las obligaciones y supuestos previstos en las leyes federales, de las entidades federativas, así como en las disposiciones jurídicas que emanen de todas las anteriores (pág. 1).

En específico se tienen 4 sanciones, las cuales pretenden mejorar el flujo de la arteria, proteger a los peatones y mejorar la seguridad vial, en este caso se opta por la UMA más baja para cada sanción además de un punto menos al número de placa. Se realizó una visita de campo para observar cuántas infracciones se hacen por día y hacer un aproximado de cuánto dinero se recauda por día.

Ingresos por Multas (Estimado)					
Sanción	No. De UMAS	Valor UMA	UMAS/\$	Infracciones/día	\$/día
Quienes se pasen un semáforo en rojo	10	\$89,62	\$896,20	37	\$33.159,40
Invadir cruce peatonal	10	\$89,62	\$896,20	53	\$47.498,60
No usar cinturón de seguridad	5	\$89,62	\$448,10	28	\$12.546,80
Uso de distractores mientras esta en movimiento el vehículo	5	\$89,62	\$448,10	41	\$18.372,10
Total					\$111.576,90

Tabla 15
Ingreso por Multas
Fuente: Elaboración propia.

Ingreso por Multas Anual (Estimado)	
Recaudo por día	\$111.576,90
Recaudo por año (L-V 265)	\$29.567.878,50
Reducción de Infracciones por año	10%

Tabla 16
Ingreso por multas anual
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 16 el ingreso estimado por día es de \$87.379.50, con esta información se realiza la siguiente Tabla 18 donde se obtiene el recaudo anual, así pues, el ingreso al día se multiplica por 265 días ya que no se contarán los sábados y domingos al año. Además, con las evidencias del Capítulo 2 en la Zona de Estudio existen 180,717 viajes por la mañana y 180,173 viajes por la tarde noche, entonces se puede valorar que al comenzar a infraccionar habría una reducción de multas aproximadamente del 10% anual.

empresa obtiene fondos. Es un capital ajeno, es decir que se pide prestado el dinero a un Banco o Socio y se debe devolver con intereses en un periodo de largo plazo (≥ 1 año), al ser una financiación externa, el que tiene el capital es el inversionista. Los ITS durante el lapso de pago no generan ganancias. Para saber qué financiamiento conviene, en la siguiente Tabla 17 se estimaron los accesos y tasas de interés en 3 tipos de fuentes de inversión: privadas, públicas y mixtas.

4.1.2 Financiamiento

El concepto de financiación es obtener recursos económicos para la inversión, la fuente de financiamiento es la forma en que la

En la siguiente Tabla 18, para obtener el Acceso se multiplica el costo total del ITS por el porcentaje de Acceso de cada financiamiento. La inversión total o el préstamo a pagar es la suma del acceso más el costo total del ITS.

Financiamiento	Acceso al Financiamiento	Tasa de interés estimada promedio
Privado	8%	22%
Público	2%	11%
Mixto	3%	19%

Tabla 17
Financiamiento
Fuente: Elaboración propia.

Inversión Total	
Costo Total por el ITS	\$31.411.920,36
Acceso: Privado	\$2.512.953,63
Acceso: Público	\$628.238,41
Acceso: Mixto	\$942.357,61
Inversión Total: Privado	\$33.924.873,99
Inversión Total: Público	\$32.040.158,77
Inversión Total: Mixto	\$32.354.277,97

Tabla 18
Inversión Total
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 19 son los Estados de Resultados los cuales ayudan a tener una mejor visión de los recursos de los ITS. Además de saber la rentabilidad y otros aspectos necesarios como: 1.- Los ingresos generados por año, es decir son todas las multas recaudadas en un periodo de 12 meses, pero existe la posibilidad de que anualmente esta renta se reduzca un 10%. 2.- Los costos de operación siempre están presentes durante la vida útil. 3.- Depreciación es la disminución real del valor razonable de un activo, es decir que es el total de la inversión inicial entre los 10 años de vida útil. 4.- La utilidad son todos los ingresos, menos la operación, menos la depreciación. 5.- Impuestos, es la utilidad por la tasa de cada financiación 6.- Utilidad Neta, es la utilidad menos los impuestos.

Tabla de Pago o Tabla de Amortización y según con Duarte (2021), “es un documento que contiene el vencimiento e importe de cada una de las parcialidades, siendo estos los importes que el contratante deberá de pagar” (p.2). En este caso es el desglose a cuantos años se deberá de pagar el sistema, sabiendo que este tiene una vida útil de 10 años y si es viable la obtención de un crédito. Por lo cual en la siguiente Tabla 20 se realizó un análisis al préstamo de cada Banco y así saber cuál conviene más tener una financiación.

Estado de Resultados										
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso (Multas)	\$29,567,878.50	\$26,611,090.65	\$23,949,981.59	\$21,554,983.43	\$19,399,485.08	\$17,459,536.58	\$15,713,582.92	\$14,142,224.63	\$12,728,002.16	\$11,455,201.95
Operación	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36	\$5,874,092.36
Depreciación	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80	\$2,553,782.80
Utilidad	\$21,140,003.34	\$18,183,215.49	\$15,522,106.43	\$13,127,108.27	\$10,971,609.92	\$9,031,661.42	\$7,285,707.76	\$5,714,349.47	\$4,300,127.00	\$3,027,326.79
Impuestos Privado	\$4,650,800.73	\$4,000,307.41	\$3,414,863.41	\$2,887,963.82	\$2,413,754.18	\$1,986,965.51	\$1,602,855.71	\$1,257,156.88	\$946,027.94	\$666,011.89
Impuestos Público	\$2,325,400.37	\$2,000,153.70	\$1,707,431.71	\$1,443,981.91	\$1,206,877.09	\$993,482.76	\$801,427.85	\$628,578.44	\$473,013.97	\$333,005.95
Impuestos Mixto	\$4,016,600.63	\$3,454,810.94	\$2,949,200.22	\$2,494,150.57	\$2,094,605.89	\$1,716,015.67	\$1,384,284.47	\$1,085,726.40	\$817,024.13	\$575,192.09
Utilidad Neta Privado	\$16,489,202.61	\$14,182,908.08	\$12,107,243.01	\$10,239,144.45	\$8,557,855.74	\$7,044,695.90	\$5,682,852.05	\$4,457,192.58	\$3,354,099.06	\$2,361,314.89
Utilidad Neta Público	\$18,814,602.97	\$16,183,061.79	\$13,814,674.72	\$11,683,126.36	\$9,764,732.83	\$8,038,178.66	\$6,484,279.90	\$5,085,771.02	\$3,827,113.03	\$2,694,320.84
Utilidad Neta Mixto	\$17,123,402.71	\$14,728,404.55	\$12,572,906.20	\$10,632,957.70	\$8,887,004.04	\$7,315,645.75	\$5,901,423.28	\$4,628,623.07	\$3,483,102.87	\$2,452,134.70

Tabla 19
Estado de Resultado
Fuente: Elaboración propia.

Tabla de Pago Financiamiento Privado					
Año	Saldo inicial	Pago intereses	Pago capital	Pago total	Saldo Final
1	\$33.924.873,99	\$7.463.472,28	\$9.025.730,33	\$16.489.202,61	\$17.435.671,38
2	\$17.435.671,38	\$3.835.847,70	\$10.347.060,38	\$14.182.908,08	\$7.088.611,01
3	\$7.088.611,01	\$1.559.494,42	\$10.547.748,59	\$12.107.243,01	-\$3.459.137,58

Tabla de Pago Financiamiento Público					
Año	Saldo inicial	Pago intereses	Pago capital	Pago total	Saldo Final
1	\$32.040.158,77	\$3.524.417,46	\$15.290.185,51	\$18.814.602,97	\$16.749.973,26
2	\$16.749.973,26	\$1.842.497,06	\$14.340.564,73	\$16.183.061,79	\$2.409.408,53
3	\$2.409.408,53	\$265.034,94	\$13.549.639,78	\$13.814.674,72	-\$11.140.231,25

Tabla de Pago Financiamiento Mixto					
Año	Saldo inicial	Pago intereses	Pago capital	Pago total	Saldo Final
1	\$32.354.277,97	\$6.147.312,81	\$10.976.089,89	\$17.123.402,71	\$21.378.188,08
2	\$21.378.188,08	\$4.061.855,74	\$10.666.548,81	\$14.728.404,55	\$10.711.639,27
3	\$10.711.639,27	\$2.035.211,46	\$10.537.694,74	\$12.572.906,20	\$173.944,52
4	\$173.944,52	\$33.049,46	\$10.599.908,24	\$10.632.957,70	-\$10.425.963,71

Tabla 20
Tablas de Pago
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla de Pago Financiamiento privado, el préstamo se pagaría en el año 6 además se tendría un saldo a favor de \$3.138.086,00. Aunque es atractivo porque el préstamo es de manera rápida, no se podría realizar ya que no tendría las concesiones, es decir que no podría explotar el servicio durante este periodo de tiempo ya que es un espacio público.

Tabla de Pago Financiamiento Público, en este caso todo el sistema se pagaría en el año 4, para esta misma fecha obtiene una ganancia de \$4.625.917,23, es el financiamiento con mejores prestaciones entre el acceso y la tasa de interés, sin embargo, es un préstamo tardío y se depende 100% que exista presupuesto destinado para esta zona.

Por último, tenemos la Tabla de Pago Financiamiento Mixto, es una combinación

entre el financiamiento Privado y Público, el cual es un préstamo rápido y el gobierno le brinda la concesión al privado por algunos años, en este caso es por 7 años, aunque es el más tardío en pagar, el dinero se obtiene de manera rápida, se puede instalar todos los Sistemas Inteligentes de Transporte y beneficiar a los usuarios de la Carretera Picacho Ajusco.

4.2 Costo/Beneficio

Por definición la relación Costo/Beneficio es el cociente de dividir los valores actualizados de los beneficios del proyecto (ingresos) entre los costos (egresos), es decir que tanto los ingresos totales como egresos totales deben ser sometidos a una tasa de actualización o tasa de rendimiento mínima aceptable. Los beneficios actualizados son todos los ingresos del proyecto, aquí tienen que ser consideradas todas las entradas de dinero en este caso las

multas. Los costos actualizados son todas las salidas del proyecto como lo son: los costos de operación, inversión, impuestos, depreciación, crédito, intereses, etcétera. En la siguiente Tabla 21 se realiza el cálculo donde se divide los ingresos entre los egresos, durante la vida útil del sistema.

Lo cual significa que un proyecto es aceptable si el valor del Costo/Beneficio es mayor o igual

a 1.0, por el contrario, si el resultado es menor a 1 no presenta rentabilidad, ya que la inversión no se recupera en el periodo establecido. Es decir que el Costo/Beneficio de la propuesta del ITS durante su vida útil es rentable ya que la inversión se pudo recuperar en un periodo de tiempo establecido, además de que se obtuvo una ganancia extra, dicho de otro modo, en el año 1 por cada peso invertido se obtiene una ganancia de \$0.73 pesos M.N.

Costo/Beneficio; Privado							
Año	Ingresos	Costos de Operación	Depreciación	Impuesto Privado	Pago intereses Privado	Suma de Egresos	Costo/Beneficio
1	\$29.567.878,50	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$4.650.800,73	\$7.463.472,28	\$20.542.148,17	1,44
2	\$26.611.090,65	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$4.000.307,41	\$3.835.847,70	\$16.264.030,27	1,64
3	\$23.949.981,59	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$3.414.863,41	\$1.559.494,42	\$13.402.232,99	1,79
4	\$21.554.983,43	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	2,56
5	\$19.399.485,08	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	2,30
6	\$17.459.536,58	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	2,07
7	\$15.713.582,92	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	1,86
8	\$14.142.224,63	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	1,68
9	\$12.728.002,16	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	1,51
10	\$11.455.201,95	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80			\$8.427.875,16	1,36

Costo/Beneficio; Público							
Año	Ingresos	Costos de Operación	Depreciación	Impuesto Privado Público	Pago intereses Público	Suma de Egresos	Costo/Beneficio
1	\$29.567.878,50	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$2.325.400,37	\$3.524.417,46	\$14.277.692,99	2,07
2	\$26.611.090,65	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$2.000.153,70	\$1.842.497,06	\$12.270.525,92	2,17
3	\$23.949.981,59	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$1.707.431,71	\$265.034,94	\$10.400.341,81	2,30
4	\$21.554.983,43	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$1.443.981,91		\$9.871.857,07	2,18
5	\$19.399.485,08	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$1.206.877,09		\$9.634.752,25	2,01
6	\$17.459.536,58	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$993.482,76		\$9.421.357,92	1,85
7	\$15.713.582,92	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$801.427,85		\$9.229.303,01	1,70
8	\$14.142.224,63	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$628.578,44		\$9.056.453,60	1,56
9	\$12.728.002,16	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$473.013,97		\$8.900.889,13	1,43
10	\$11.455.201,95	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$333.005,95		\$8.760.881,11	1,31

Costo/Beneficio: Mixto							
Año	Ingresos	Costos de Operación	Depreciación	Impuesto Privado Mixto	Pago intereses Público	Suma de Egresos	Costo/Beneficio
1	\$29.567.878,50	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$17.123.402,71	\$6.147.312,81	\$31.698.590,68	0,93
2	\$26.611.090,65	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$14.728.404,55	\$4.061.855,74	\$27.218.135,44	0,98
3	\$23.949.981,59	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$12.572.906,20	\$2.035.211,46	\$23.035.992,83	1,04
4	\$21.554.983,43	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$10.632.957,70	\$33.049,46	\$19.093.882,32	1,13
5	\$19.399.485,08	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$8.887.004,04		\$17.314.879,20	1,12
6	\$17.459.536,58	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$7.315.645,75		\$15.743.520,91	1,11
7	\$15.713.582,92	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$5.901.423,28		\$14.329.298,44	1,10
8	\$14.142.224,63	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$4.628.623,07		\$13.056.498,23	1,08
9	\$12.728.002,16	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$3.483.102,87		\$11.910.978,03	1,07
10	\$11.455.201,95	\$5.874.092,36	\$2.553.782,80	\$2.452.134,70		\$10.880.009,86	1,05

Tabla 21
Costo/Beneficio
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Estimación de costo por afectaciones en la carretera Picacho Ajusco.

Al conducir un vehículo o bien siendo peatón en las diferentes calles de la Ciudad de México, siempre se corre el riesgo de sufrir algún tipo de accidente, en el caso de la Ctra. Picacho Ajusco las causas más habituales son la colisión por el uso de distractores, no respetar el semáforo en luz roja, no brindar el paso a otros vehículos, además en temporada de lluvias los conductores no suelen tener las precauciones necesarias como la de tomar una distancia adecuada entre vehículos, ya que el pavimento se encuentra mojado y las pendientes son pronunciadas por lo cual suelen derrapar los vehículos, así mismo los automovilistas que no conocen la zona, insertan su auto en las calles inundadas poniéndose en peligro y afectando al auto, como si fuera poco los peatones no cruzan sobre los pasos de cebra poniéndose en riesgo de ser atropellados.

Por lo cual la Propuesta de Diseño e Implementación de un Sistema Inteligente de Transporte en la Carretera Picacho Ajusco, busca mejorar el flujo vehicular, mantener informados a los usuarios en tiempo real y aumentar la

cultura vial. Es decir que, con los Semáforos Inteligentes en conjunto con la programación previamente realizada, aumenta el flujo de los vehículos reduciendo la necesidad de que los usuarios usen algún tipo de distractor, con el CCTV se tiene la posibilidad de multar a las personas que se distraen con algún artefacto mientras conducen, o se estacionan en los pasos peatonales, o no respetan la luz roja, el recargo económico ínsita a tener mejores hábitos de conducción.

Según la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) el costo promedio de un conductor luego de un accidente automovilístico es de entre \$25,000.00 y \$50,000.00 pesos M.N. los cuales solo son gastos médicos y los servicios por lesiones cada mes. Además de los costos materiales que varían por severidad, el año y modelo del auto, promedian entre los \$ 10,000.00 y \$ 15,000.00; este monto puede aumentar porque no solo se requieren los costos del servicio de reparación, sino que también se debe pagar las refacciones requeridas, multas, servicios de grúa y daños a la vía públicas. Por lo cual es importante de tener seguro vigente.

4.2.2 Beneficiados

Los beneficiados serían todas las personas que hicieran uso de los Sistemas Inteligentes de Transporte en la Carretera Picacho Ajusco en específico desde la intersección Conkal hasta la Bifurcación con Periférico Sur, ya que la mayoría de los usuarios estarían informados sobre lo que ocurre mediante los Paneles de Mensajería Variable, también gracias a los Semáforos Inteligentes y los CCTV se crearían olas verdes permitiendo tener un mayor flujo de vehículos y reduciendo tiempos, al respecto conviene decir que existiría una reducción de: 1.- Gases de

efecto invernadero, 2.- Estrés, 3.- Distracciones y ahorro en la compra de hidrocarburos o electricidad, como si fuera poco se mejoraría lo malos hábitos de los conductores.

Al respecto conviene decir que las aseguradoras también se benefician ya que, al estar informados los usuarios y mejorar sus malas prácticas de conducción se reducirían los siniestros. Al tener un flujo constante de vehículos los peatones se verían obligados a cruzar la calle en los puntos designados y esperar el siga en el semáforo peatonal.

4.3 FODA



Conclusiones

En este trabajo se realizó la propuesta de diseño e implementación de un Sistema Inteligente de Transporte en la Carretera Picacho Ajusco desde la intersección Conkal hasta el Periférico Sur para mejorar el flujo vehicular, mantener informados a los usuarios en tiempo real, aumentar la cultura vial y saber si es posible su financiamiento y saber si se puede pagar por sí solo o no. Lo más importante de la propuesta fue crear el diseño y la implementación del ITS, ya que se imaginó y se conceptualizó desde la arquitectura lógica y arquitectura física, así mismo se realizó un análisis financiero de todo el sistema, porque al crear un bloque entre el Diseño y la Implementación se reduce el riesgo de tener errores o pérdidas de información en los ITS además de saber si es o no rentable su instalación.

Lo que más me ayudó a generar esta propuesta fue tener conocimientos de las distintas asignaturas de la carrera en Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano de la UACM como: Introducción a la programación, Económica del transporte urbano, Desarrollo urbano y transporte, Formulación y evaluación de proyectos, Ingeniería de Pavimentos, Sustentabilidad y transporte urbano, Modelos de demanda del transporte, Diseño y construcción de servicios para el transporte, Sistemas de información geográfica, Sistemas inteligentes de transporte, CAD en ingeniería, Seguridad de tránsito y prevención de accidentes.

Al mismo tiempo el apoyo de profesores y la bibliografía referente a la propuesta, además una gran ventaja es vivir cerca de la Zona de Estudio, también al contar con el equipo necesario de cómputo, acceso a internet y así mismo contar con los Softwares requeridos, porque al ser un usuario frecuente de esta vialidad y con el conocimiento adquirido durante mi estancia en la Universidad se van identificando los problemas reales de tránsito de manera específica y al mismo tiempo por medio de la escritura, bocetos, fotografías e información se van creando las condiciones necesarias para poder plantear posibles soluciones.

Lo más difícil fue conceptualizar la idea y crear la estructura adecuada para cada capítulo, además de contar con poca información sobre los Sistemas Inteligentes de Transporte en México ya que son tecnologías “nuevas”, al buscar cotizaciones es complicado y tardado si no perteneces a una empresa o al gobierno, además el confinamiento por pandemia de COVID-19, genera varios inconvenientes como al cerrar la UACM no se puede tener acceso a la biblioteca y no se puede consultar los distintos libros, aunque existe una biblioteca digital muchos ejemplares aún no se encuentran en existencia, por lo cual se tuvo que comprar ciertos libros en físico y varios en manera digital, al mismo tiempo no se pudo usar el Laboratorio de ISTU donde existe el equipo de cómputo y softwares necesarios, sin embargo se pudo adquirir de manera independiente, aquí vale la pena decir que por causas de la enfermedad, cambiaron de manera importante los flujos y los horarios de máxima demanda.

Referencias

Acha Daza, J. A. (2002). SEÑALES DE MENSAJES VARIABLES. Sanfandila, Qro.: SCT.

Archivo General de la Nación - México . (1968). Cinética Urbana: La Ruta de la Amistad de México 68 . Obtenido de <https://artsandculture.google.com/exhibit/cin%C3%A9tica-urbana-la-ruta-de-la-amistad-de-m%C3%A9xico-68-primera-parte/OAlyG2UwFEEmJQ>

Auer, A., Shelley, F., & Stephen, L. (2016). Historia de los sistemas de transporte inteligentes. Departamento de Transporte de Estados Unidos. Estados Unidos: Booz Allen Hamilton. Obtenido de <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/30826>

Azcárate Beltrán , J. C. (2014). 6° Foro de Eficiencia Energética en el Transporte . Tecnologías Inteligentes para Salvar Recursos Energéticos (pág. 30). Ciudad de México : ITS México .

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (11 de Marzo de 2021). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 349. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_110321.pdf

Camós, J. (31 de Mayo de 2012). Motor Pasión . Obtenido de <https://www.motorpasion.com/industria/robert-kearns-y-el-limpiaparabrisas-intermitente-la-epopeya>

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos . (2003). Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre . Madrid: INTA.

CONDUSEF. (2021). SIMULADOR DE CRÉDITO AUTOMOTRIZ. MÉXICO.

Cultura Vial. (3 de Abril de 2021). Cultura Vial.Net. Obtenido de <https://culturavial.net/que-es-cultura-vial/>

García Orozco , G. M. (12 de Noviembre de 2016). Prueba de Ruta . Obtenido de <https://www.pruebaderuta.com/index.php?s=El+origen+del+limpiaparabrisas>

García, A. L. (5 de Octubre de 2020). Arqhys decoración. Obtenido de <https://www.arqhys.com/contenidos/pavimento-concepto.html>

Gobierno de la Ciudad de México. (2019). PLAN ESTRATÉGICO DE CONVIVENCIA VIAL 2019 PARA LA CIUDAD DE MÉXICO. CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.

Gobierno de la Ciudad de México. (2021). Reglamento de la Ciudad de México. Ciudad de México. Obtenido de https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/reglamentos/REGLAMENTO_DE_TRANSITO_DE_LA_CIUADAD_DE_MEXICO_2.pdf

INEGI. (25 de ENERO de 2021). EN MÉXICO SOMOS 126 014 024 HABITANTES:. Obtenido de CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía . (2016). Inventario Nacional de Viviendas 2016. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (27 de Marzo de 2020). Censo Población y Vivienda 2020. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Encuesta Origen Destino: En hogares de la zona metropolitana del valle de México. Zona Metropolitana del Valle de México. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Mapa Digital de México . Obtenido de Encuesta Origen destino 2017: <http://gaia.inegi.org.mx/?v=bGF0OjE5LjQ2O TI0LGxvbjotOTkuMDg5MTMsejo1LGw6Y2VvZA==&theme=eod>

LACROIX CITY. (2021). VMx1 First Panel de Mensajería Variable . Francia. Las Heras, E. (31 de Mayo de 2019). El cinturón de seguridad, el invento

más importante en la historia del automóvil, cumple 60 años. Obtenido de <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2019/05/31/el-cinturon-de-seguridad-el-invento-mas-importante-en-la-historia-del-automovil-cumple-60-anos>

Leal, A., & Vadillo, C. (Octubre de 2015). ITDP. Obtenido de Visión Cero: Estrategia integral de seguridad vial en las ciudades: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/vision-cero2.pdf>

Levitt, D. (1909). The Woman and the Car. (C. Byng Hall, Ed.) Londres, Inglaterra : Ballantyne & Co. Limited.

M. Osorio , V. (30 de Julio de 2014). Michelin, un pinchazo dio origen a la firma de neumáticos. Madrid, Madrid, España. Obtenido de <https://www.expansion.com/2014/07/30/directivos/1406740269.html>

Molinero Molinero , A. R., & Sánchez Arellano , I. (2005). Transporte Público; Planeación, Diseño, Operación y Administración . Toluca, Estado de México : UAEM.

Organización Mundial de la Salud . (Julio de 2017). 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo. Obtenido de <https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>

Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2017). Definición.de . Obtenido de Definición de Cifra: <https://definicion.de/cifra/>

Real Academia Española . (4 de Octubre de 2020). Diccionario de la lengua Española. Obtenido de <https://dle.rae.es/camino>

Revista Turbo. (2018 de Junio de 2018). Así fue el primer accidente automovilístico de la historia. Obtenido de Historia: <https://www.revistaturbo.com/noticias/asi-fue-el-primer-accidente-automovilistico-de-la-historia-887>

Reyes Spíndola , R. C., & Cárdenas Grisales , J. (1994). Ingeniería de Tránsito; Fundamentos y Aplicaciones (7a ed.). México, D.F.: Alfaomega.

Reyes, R. C., & Cárdenas, J. (2007). Ingeniería de Tránsito (8a ed.). México: Alfaomega.

SECRETARIA DE COMUCACIONES Y TRANSPORTES . (14 de Noviembre de 2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden. Obtenido de https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Normas_Oficiales_Mexicanas/NOM-012-SCT-2-2014_sct_14nov14.pdf

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. (2020). Sistemas Inteligentes de Transporte; Implementación en la Red Carretera Federal . Ciudad de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2007). Parque Nacional Cerro de la Estrella. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Ciudad de México. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/108/df.html#:~:text=El%20nombre%20de%20Ajusco%20proviene,significa%20%22Floresta%20de%20Agua%22.&text=Por%20las%20condiciones%20en%20que,Zona%20Sujeta%20a%20Conservaci%C3%B3n%20Ecol%C3%B3gica>.

SECRETARÍA DE MOVILIDAD. (2019). PROGRAMA INTEGRAL DE MOVILIDAD DE LA CIUDAD DE MEXICO. CIUDAD DE MÉXICO: GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

Secretaria de Salud/STCONAPRA. (2018). Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2017. Ciudad de México, México.

SEDUVI. (16 de Marzo de 2021). PAOT. Obtenido de ¿Qué es el uso de suelo?: http://www.paot.org.mx/micrositios/sabias_que/USO_SUELO/tema_3.html

Significados.com. (2021 de Enero de 2021). Población. Obtenido de <https://www.significados.com/poblacion/>

Suarez Florez, M. (10 de julio de 2001). Los sistemas inteligentes de transporte ITS. Bogotá, Colombia.

Vázquez, L., & Palazuelos , I. (Diciembre de 2017). Mirada Legislativa. Obtenido de <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/3791/Mirada%20Legislativa%20138.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20pluviales%20suceden%20cuando%20el,acumule%20durante%20horas%20o%20d%C3%ADas.&text=Por%20%C3%BAltimo%2C%20las%20lacust>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1	6
2	7
3	8
4	9
5	10
6	10
7	11
8	12
9	13
10	14
11	20
12	22
13	22
14	23
15	24
16	25
17	26
18	30
19	32
20	33
21	34
22	35
23	36
24	37
25	38
26	39
27	40
28	47
29	42
30	42
31	43
32	44
33	45
34	46
35	46
36	47
37	48
38	49
39	49
40	50
41	51
42	52
43	53
44	53
45	54
46	56
47	57
48	59
49	61

ÍNDICE TABLAS

Tabla	Página
1	60
2	62
3	63
4	64
5	64
6	65
7	67
8	71
9	72
10	72
11	73
12	74
13	74
14	91
15	92
16	92
17	93
18	93
19	94
20	95
21	96

