

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE
TRANSPORTE URBANO

**Diseño Geométrico y Conectividad de la línea 1 del
Cablebus de la estación La Pastora y RTP**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE
TRANSPORTE URBANO**

PRESENTA:

MICHAEL ANTONIO FERNÁNDEZ PÉREZ

DIRECTOR

MTRO. CARLOS ALBERTO PÁEZ BUREOS

CODIRECTOR

MTRO. JOSÉ LUIS VÁZQUEZ TERRES

Ciudad de México, octubre de 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.

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, que me abrió las puertas para poder cursar la carrera de Ingeniería en Sistema de Transporte Urbano, a mis docentes que tuve la oportunidad de conocer y recibir sus conocimientos que perdurará por siempre.

Además, al M. en I. Carlos Alberto Páez Bureos, Director de mi tesis por guiarme y solucionar mis inquietudes relacionadas con mi tesis.

Al M. en C. José Luis Vázquez Terres, Co-Director de mi tesis por orientarme y apoyarme en la terminación de mi tesis.

Al M. en E. Gerardo Antonio Oseguera Peña, lector de mi tesis por el apoyo en la terminación de mi tesis.

Al M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez, lector de mi tesis por el apoyo en la terminación de mi tesis.

Al Dr. Emilio Bravo Grajales, lector de mi tesis por el apoyo en la terminación de mi tesis.

Y a todos quienes colaboraron para la presente tesis les quedaré muy agradecido.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis profesores que con su infinita enseñanza y, fortaleciendo mis pasos día a día, en cada clase y apoyándome así a conseguir mi carrera universitaria.

A mi madre Norma le quiero dedicar y agradecer, ya que sin ella no estuviera aquí, por ser la mejor madre que con su amor, comprensión, sacrificio, supo sacarme adelante y guiarme por el camino correcto.

A mi Familia que con sus consejos y experiencias me brindaron siempre en todo momento.

A mi hermano Erick que sea de inspiración para ser cada día mejor.

A mis amigos por la confianza que depositaron en mí y en un sin número de veces me brindaron su apoyo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACIÓN	18
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS PARTICULARES	19
HIPÓTESIS GENERAL.....	19
1. CAPÍTULO I -MARCO TEÓRICO	20
1.1 Clasificación de la red vial.....	21
1.2 Ingeniería en Transporte	21
1.3 Diseño geométrico	22
1.4 Señalamientos viales y peatonales	25
1.5 Movilidad y accesibilidad	26
1.6 Conflicto ciudad – automóvil	27
1.7 Relación Cablebús-RTP.....	27
1.8 Seguridad vial	28
2. CAPÍTULO II- METODOLOGÍA	29
2.1 Generación de viajes	32
2.2 Distribución de viajes	34
2.3 División modal.....	35
2.4 Asignación	36
3. CAPÍTULO III- PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO	37
3.1 Modelo digital del terreno.....	38
3.2 Paradas propuestas	40
3.3 Áreas y cajones de estacionamiento	43
3.4 Estaciones y terminales.....	44
3.5 Geometría de movimientos peatonales	44
3.6 Geometría de movimientos vehiculares.....	46
3.7 Rediseño vial.....	47
3.8 Maximización de las áreas de trabajo	51
3.9 Rediseño geométrico.....	52
3.10 Elementos incidentes en la seguridad	54

3.11 Radio de giro.....	55
3.12 Alineamiento horizontal y vertical	56
3.13 Parámetros de dimensionamiento	56
3.14 Diseño geométrico transversal.....	56
4. CAPÍTULO IV- ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO	59
4.1 Análisis del tránsito	60
4.2 Toma de aforos	63
4.3 Volumen del tránsito.....	64
4.4 Composición vehicular	73
4.5 Aforo de velocidades	75
CAPÍTULO V- ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
5.1 Rediseño geométrico vial.....	79
5.2 Señalamientos verticales propuestos	79
5.3 Ingeniería de tránsito	81
5.4 Conectividad	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Demarcación Territorial	8
Ilustración 2. Rutas del Módulo 6 de RTP	10
Ilustración 3. Línea del Cablebús	11
Ilustración 4. Estación Cuauhtepac	13
Ilustración 5. Estación Campos Revolución.....	13
Ilustración 6. Estación Politécnico	14
Ilustración 7. Estación Indios Verdes	14
Ilustración 8. Incidentes viales dentro de un radio de 500 metros.	15
Ilustración 9. Predio de construcción Cablebús	16
Ilustración 10. Carriles por sentido de vialidad.....	16
Ilustración 11. Puente peatonal obsoleto	17
Ilustración 12. Semáforos viales Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita....	17
Ilustración 13. Alineamiento Vertical	22
Ilustración 14. Alineamiento Horizontal	23
Ilustración 15. Radio de Giro	23
Ilustración 16. Traza Urbana	24
Ilustración 17. Áreas de circulación peatonal.....	25
Ilustración 19. Semáforos viales.....	26
Ilustración 20. Uso de suelo	32
Ilustración 21. Localización de comercio en planta baja.....	33
Ilustración 22. Atractor y Generador de viajes.....	33
Ilustración 23. Distribución de viajes	34
Ilustración 24. Redes de transporte.....	36
Ilustración 25. Plano 1- Modelo digital del terreno actual	39
Ilustración 26. Plano 2- Parada 1 Av. Puerto de Mazatlán.....	40
Ilustración 27. Plano 3- Parada 2- Av. Puerto de Mazatlán	41
Ilustración 28. Plano 4- Parada 3- Av. Cuauhtepac.....	42
Ilustración 29. Plano 5- Áreas de estacionamiento.....	43
Ilustración 30. Plano 6 - Movimientos peatonales	45
Ilustración 31. Plano 7- Movimientos vehiculares	46
Ilustración 32. Plano 8 - Identificadores de velocidad	47
Ilustración 33. Plano 9- Reductor de velocidad sentido	48
Ilustración 34. Plano 10- Rediseño vial.....	49
Ilustración 35. Plano 11- Pasos peatonales.....	50
Ilustración 36. Plano 12- Áreas de trabajo	51
Ilustración 37. Plano 13- Rediseño geométrico.....	52
Ilustración 38. Plano 14- Paso exclusivo peatonal	53
Ilustración 39. Tipo de intersección	54
Ilustración 40. Características del Radio de giro.....	55
Ilustración 41. Sección transversal	56
Ilustración 42. Sección transversal	57
Ilustración 43. Calle Germán Valdez	57
Ilustración 44. Calle Domingo Soler	58
Ilustración 45. Intersección tipo Equis.	60
Ilustración 46. Clasificación vehicular	61
Ilustración 47. Semáforos vehiculares actuales.....	62
Ilustración 48. Propuesta de semáforos peatonales.....	62

Ilustración 49.Fases del semáforo	63
Ilustración 50. Volumen de hora de máxima demanda primera fase	66
Ilustración 51.Volumen de hora de máxima demanda segunda fase.....	69
Ilustración 52. Volumen de hora de máxima demanda tercera fase	72
Ilustración 53. Composición vehicular	73
Ilustración 54.Composición vehicular	74
Ilustración 55.Composición vehicular	74
Ilustración 56.Histograma de frecuencias de velocidades.....	76
Ilustración 57.Velocidades promedio	77
Ilustración 58.Plano señalamientos verticales	80
Ilustración 59. Transito total vehicular.....	82
Ilustración 60.Simulación Synchro.....	83
Ilustración 61. Volúmenes de transito	84
Ilustración 62.Simulación del flujo vehicular.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea 1 Cablebus	8
Tabla 2. Línea 2 Cablebus	9
Tabla 3. VHMD Primera fase.....	65
Tabla 4. VHMD Segunda fase.....	68
Tabla 5. VHMD Tercera fase	71
Tabla 6. Distribución de frecuencias de velocidades	75

RESUMEN

En el presente trabajo se realizará una propuesta de diseño geométrico de la estación La Pastora del Sistema de Transporte Cableabas de la Línea 1, como una estación intermedia, haciendo uso de los parámetros de la Ingeniería de Tránsito y utilizando el uso de software de dibujo para la propuestas de paradas, cajones de estacionamiento, maximización de las áreas de estudio, trayectorias peatonales además de las vehiculares, además del rediseño geométrico con el cual se conjugará de forma armoniosa y consistente las trayectorias de los movimientos hacia la estación de una manera segura y rápida a través de una propuesta de diseño geométrico.

Los problemas analizados fueron los accidentes de tránsito, los datos abiertos de la Ciudad de México muestran los principales puntos de conflicto de la zona de estudio y donde se tomó se referencia para plantear propuestas de solución a estos problemas de tránsito. De igual manera se realizó un aforo vehicular en donde se muestra cómo se comporta el flujo de tránsito, se realizó un análisis del volumen del tránsito, así como su composición vehicular y un aforo de velocidades de la zona de estudio para determinar las demoras.

Se realizó una simulación del comportamiento del flujo del tránsito de la zona de estudio con el programa Syncro en la cual se determinó el nivel de servicio de la zona de estudio, esto para representar de una manera el flujo actual de la zona y cuáles son sus principales movimientos.

INTRODUCCIÓN

Las ciudades son lugares donde las personas desarrollan sus actividades, se desplazan en diferentes formas ya sea transporte público, automóvil, bicicleta o caminando; esto se debe a cómo está diseñada la ciudad, de ahí la importancia de realizar una propuesta de diseño geométrico que mejore la movilidad y accesibilidad de la zona de estudio a través de un diseño tomando en cuenta la jerarquía de movilidad donde el peatón tenga la prioridad y pueda desplazarse de una manera cómoda y segura.

Las vialidades influyen en las condiciones del tránsito y la operación de los sistemas de transporte. De ahí la importancia en la planificación de un sistema de transporte que se conjugan con conceptos teóricos, metodológicos y de tránsito, tomando en cuenta la seguridad, la eficiencia de operación de las vialidades y el diseño geométrico.

Los conceptos teóricos que se enfocan a estudiar la infraestructura vial como constituyente de los espacios y rutas de desplazamiento de los automovilistas, así como la relación entre ellos, influyen a ser una de las principales causas de los accidentes de tránsito ya que no se enfocan en la relación entre el usuario con la infraestructura y vehículo.

Este trabajo aborda en su primer capítulo las generalidades, los antecedentes actuales de la zona de estudio y cómo estos se ven reflejados en las principales problemáticas de movilidad. Se menciona la importancia que tiene la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México (RTP) ya que es un sistema de transporte que satisface las necesidades de la población de las zonas periféricas de la ciudad en el traslado de usuarios a sus destino y cómo es que la Estación la Pastora del Cablebús será un sistema que tenga una gran afluencia de peatones, se plantearon objetivos los cuales indican la importancia de ver hacia un futuro con una propuesta diseño geométrico para evitar la saturación de la vialidad debido al flujo de personas que generaran estos dos sistemas de transporte.

El sistema de Cablebús es una implementación del gobierno de la Ciudad de México, en el que pretender dar solución a los principales problemas de movilidad y accesibilidad de la zona de Cuauhtémoc, con la implementación de un de transporte elevado para las zonas de difícil acceso.

En el segundo capítulo aborda una búsqueda de los términos, definiciones, que mencionan la importancia de la Ingeniería en Transporte y cómo ésta ha surgido a través de diferentes ramas de la Ingeniería; se menciona un apartado en el que explica cuál es la importancia de un diseño geométrico correcto para tener una movilidad y accesibilidad adecuada y cómo esto conlleva a mejorar la seguridad vial.

En el tercer capítulo se explica la metodología de transporte del modelo de 4 etapas que son: Generación y atracción de viajes, Distribución, Elección del modo de transporte, Elección de ruta, en el cual cada una de estas etapas está relacionada con la forma en que el usuario tiene un motivo por el cual realizan su viaje y como es que el entorno está enfocado a la atracción y generación de viajes.

En el cuarto capítulo se realizó la propuesta del diseño geométrico en el que se propusieron paradas, geometría de movimientos vehiculares y peatonales, se determinó el radio de giro correspondiente al diseño vial y secciones transversales. Se elaboró secciones transversales propuestas como calles peatonales, esto para dar una mayor salida y evitar la interrupción del flujo vehicular.

En el quinto capítulo se realizó un aforo de la zona de estudio para determinar las condiciones existentes del tránsito, así como su composición vehicular y poder realizar el análisis del tránsito para determina el flujo vehicular existente en la zona de estudio.

En el sexto capítulo se realizó un plano de los señalamientos verticales que requiere la zona de estudio para tener una mejor visión de estos señalamientos y estos puedan transmitir a los peatones como vehículos un mensaje claro y preciso de las indicaciones y precauciones a tomar, además se elaboró una simulación en Synchro del comportamiento vehicular a través del aforo realizado capturando el número de vehículos que transitan por cada una de las avenidas de la zona de estudio.

Las conclusiones muestran cómo se deben llevar a cabo las propuestas de diseño geométrico planteadas, tomando en cuenta los manuales de diseño geométrico, señalamientos viales y dispositivos de seguridad y el manual de calles, esto para llevar a cabo las propuestas planteadas garantizando su funcionalidad y seguridad.

Las recomendaciones indican el uso adecuado de software especializado para el diseño geométrico y georreferenciación cartográfica, para el funcionamiento y actualización de los planos, además de la actualización anual de los aforos vehiculares.

ANTECEDENTES

Existen sistemas de transporte elevados internacionales como son Mi Teleférico ubicado en Bolivia, que tiene 10 líneas y es uno de los más importantes de América Latina, en el Estado de México también se localiza el Mexicable que cuenta con 7 estaciones las cuales son: Santa Clara, Hank González, Fátima, Tablas del Pozo, Los Bordos, Deportivo y La Cañada con una longitud de 4.9 km con 36 postes a una altura de 35 metros con una capacidad de traslado de 3000 usuarios /hora/sentido en sus 185 cabinas con una capacidad de 10 personas en un tiempo de recorrido de 19 minutos (MEXICABLE, 2020).

Países como Colombia cuentan con un teleférico turístico el cual lo ha convertido en el mayor atractivo turístico del país, Venezuela al igual cuenta con un teleférico que se sitúa a más de 4765 metros de altura siendo el teleférico más alto del mundo el cual te transporta de una ciudad a otra ya que cuenta con 12, 000 kilómetros de largo. Con base en el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2020, en la demarcación Gustavo A. Madero habitan¹ 1, 173,351, por lo que la implementación de la Línea 1 del Cablebús ofertará al 26% de la población, es decir, 300 mil personas.

” La fecha de construcción del Cablebús de la obra se inició el 27 de mayo del 2019, con una duración de 550 días hábiles, esta obra cuenta con recursos de la Secretaría de Administración y Finanzas de la Ciudad de México. Este sistema de transporte contará con un sistema aéreo por cable con 377 cabinas con una capacidad de 10 personas sentadas a una velocidad de 21.6 km/h, con longitud de 7.7 kilómetros para una capacidad de transporte de 4,000 pasajeros/hora-sentido con un tiempo de recorrido de 33.2 minutos, contará con 63 torres y 5 estaciones las cuales son: Estación Indios Verdes, Estación Instituto Politécnico Nacional, Estación La Pastora, Estación Campos Revolución y Estación Cuauhtépec, con un anexo(una conexión) a la Estación Chiquihuite con una longitud de 1.70 kilómetros con una capacidad de 1,000 pasajeros hora sentido”. (Servicios, 2020, pág. 2)

Este sistema de transporte es una alternativa de movilidad para la Alcaldía Gustavo A. Madero, específicamente para las zonas altas de Cuauhtépec ya que cuenta con una traza urbana de plato roto lo que indica que se dio un crecimiento urbano rápido y sin planificación, lo que implica calles estrechas y modos de transporte no regulados debido al terreno de tipo lomerío a montañoso, en algunas partes la traza urbana es reticular donde ya se dio un desarrollo más ordenado lo que implica un aumento de las

¹INEGI. (15 de Mayo de 2021). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/default.aspx?tema=me&e=09>

velocidad de desplazamiento ya que existe un gran número de habitantes en la zona de Cuauhtémoc ya que pertenece a la segunda delegación con mayor número de habitantes.

Actualmente la Alcaldía Gustavo A. Madero e Iztapalapa son las demarcaciones territoriales con mayor número de habitantes de ahí la importancia de la realización de un sistema de transporte adecuado para ambas Alcaldías.

Ilustración 1. Demarcación Territorial

Clave de la demarcación territorial	Demarcación territorial	Habitantes 2020
007	Iztapalapa	1,835,486
005	Gustavo A. Madero	1,173,351
010	Álvaro Obregón	759,137
012	Tlalpan	699,928
003	Coyoacán	614,447
015	Cuauhtémoc	545,884
017	Venustiano Carranza	443,704

Fuente-<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>

Tabla 1. Línea 1 Cablebus

LÍNEA 1 DEL CABLEBUS	
Ubicación- Alcaldía Gustavo A. Madero CDMX	Total, de cabinas- 377
Conexión- STC Línea 3	Capacidad (Pax.)- 10 personas sentadas
Velocidad- 6.0 m/s (21.6 km/h)	Tiempo de recorrido- 33 minutos 20 segundos
Torres – 63 (troncal -54 y antena 9)	Longitud del trazo - 7.54 km Troncal 1.66 km Antena
Capacidad máxima - 80,000 mil pasajeros/día	

Elaboración propia realizada con datos de www.obras.cdmx.gob.mx

Como se muestran en las tablas, las líneas 1 y 2 del Cablebús muestran que ambas alcaldías serán beneficiadas con este proyecto, principalmente por las condiciones topográficas de difícil acceso con las que cuentan ambas alcaldías, garantizando la conectividad con los diferentes sistemas de transporte que transitan dentro del perímetro de las líneas del Cablebús.

Tabla 2. Línea 2 Cablebús

LÍNEA 2 DEL CABLEBUS	
Ubicación- Alcaldía Iztapalapa CDMX	Total, de cabinas- 308
Conexión- STC Línea 8, Línea A, RTP y Trolebús	Capacidad (Pax.)- 10 personas sentadas
Velocidad- 6.0 m/s (21.6 km/h)	Tiempo de recorrido- 40 minutos
Torres – 59	Longitud del trazo - 10.6 km con 7 Estaciones
Capacidad máxima - 200 mil pasajeros/día	

Elaboración propia realizada con datos de www.obras.cdmx.gob.mx

Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México

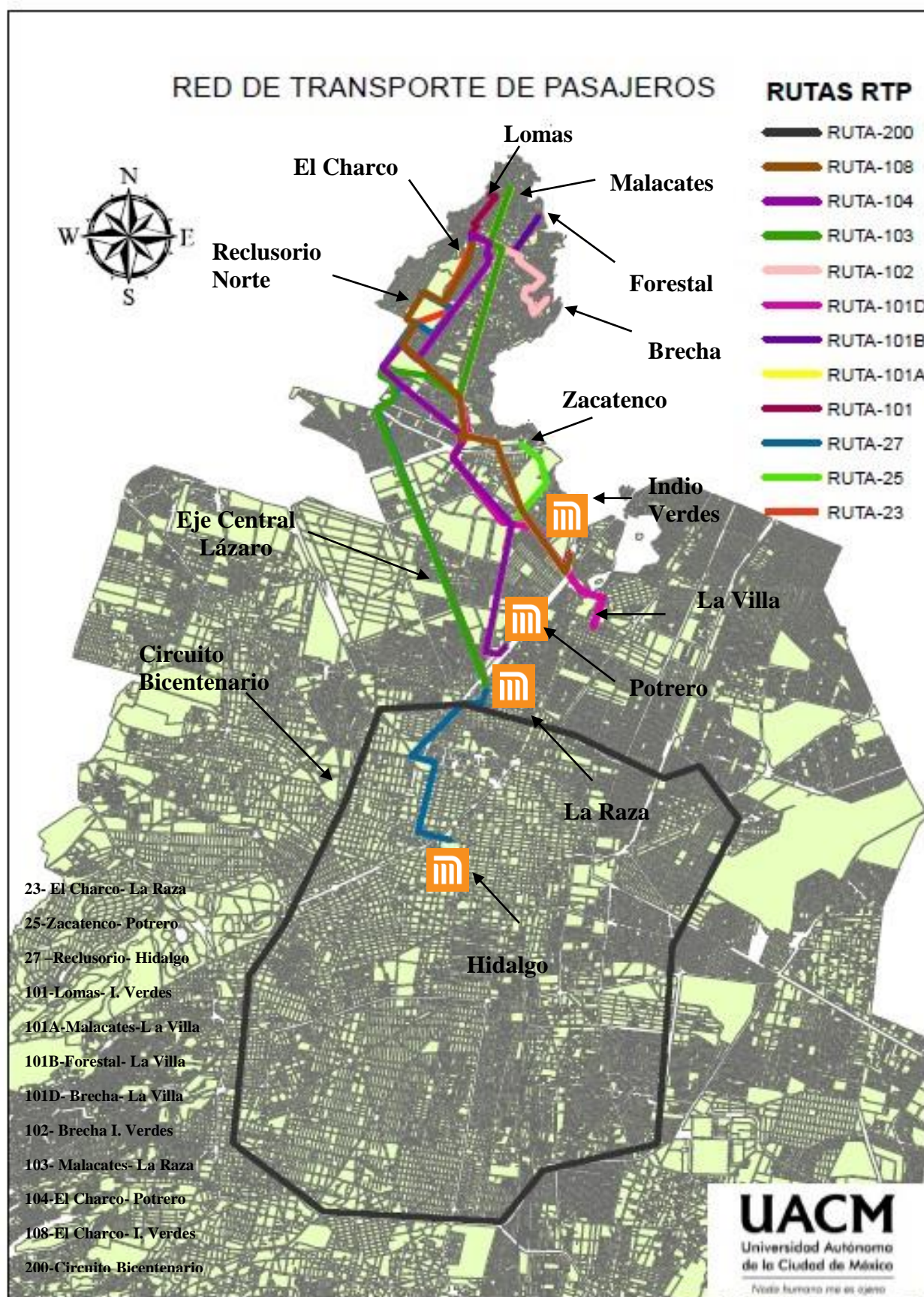
La prestación del servicio público de transportación de pasajeros en la ciudad de México, corresponde de origen al Gobierno de la Ciudad de México. Dicho servicio se presta mediante actividades organizadas tendientes a satisfacer las necesidades de traslado de la población, en forma obligatoria, regular, continua y uniforme, para que los habitantes de la Ciudad de México tengan acceso a los beneficios del desarrollo urbano.

El sistema de transporte a grandes rasgos es de vital importancia para el traslado de usuarios ya que con el paso del tiempo este se ha convertido en uno de los principales sistemas de transporte con mayor traslado de usuarios, además de la adquisición de nuevas unidades lo que reducirá el tiempo de espera de los usuarios.

Cabe mencionar que se tiene pensado que la estación la pastora de la línea 1 del Cablebús como se muestra en la ilustración 2 y la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México (RTP), el terreno se divida para ambas partes pero a medida de la investigación la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México se ha mudado a un predio vecino ubicado en la misma Avenida Puerto de Mazatlán, por lo que se tiene contemplado el cambio de modulo operativo de la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México y por ende ver el espacio que tendrá en la estación La Pastora, lo cual solo se tendrá parte del antiguo módulo para el encierro de unidades.

Además del sistema de transporte RTP existen sistemas de transporte concesionado como lo son la ruta 18 que corre de Indios Verdes- La Villa a Cuauhtepac con un tiempo de recorrido aproximado de 50 minutos, de igual forma existen taxis colectivos que dan servicio, es importante mencionar que existen taxis irregulares que dan servicio en el perímetro de la zona de estudio ya que no existe un sistema de transporte que traslade a las personas a las zonas altas de la zona de estudio.

Ilustración 2. Rutas del Módulo 6 de RTP



Elaboración propia realizada con el programa Arcgis 10.1

Ilustración 3. Línea del Cablebús



Elaboración propia realizada con Google Earth y Global Mapper

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los proyectos de transporte público atienden criterios de capacidad , sin tomar en cuenta el flujo de usuarios que se generará afuera de la estación convirtiéndose en un problema, es por ello que los Planes de Movilidad Urbana (PMU), se están enfocando en las necesidades de movilidad del peatón, una propuesta de diseño geométrico vial adecuada está directamente ligada con el desarrollo del territorio, tomando en cuenta la jerarquía de la pirámide de movilidad en la que indica que el peatón tiene mayor prioridad por lo que atender los espacios por donde transitará el peatón será importante para reducir el problema de accidentes de tránsito que se presentan en la zona de estudio.

A través de los años el comportamiento y la toma de decisiones del conductor han dependido de su cultura vial, ya que el factor humano es clave en la toma de decisiones, por ello se plantea realizar un diseño geométrico adecuado a la zona de estudio para contribuir a la seguridad de la zona de estudio a través de la reducción de accidentes. Esta propuesta se verá justificada con la realización de un aforo vehicular en cual mostrará como actualmente la vialidad se encuentra saturada y como a través de una propuesta de diseño geométrico se podría estabilizar ya que se tiene contemplado que el flujo peatonal y vehicular aumenten afectando cada vez más la vialidad, si bien un diseño geométrico no puede dar una solución concreta a la problemática encontrada en la zona de estudio pero si puede dar una propuesta de mantener la vialidad en condiciones favorables para su operación.

La investigación se enfoca en una propuesta de diseño geométrico adecuado para la estación La Pastora de la Línea 1 del Cablebús, para que al momento del desplazamiento de todos los movimientos peatonales que se generen una vez iniciando operaciones la estación la pastora sea fácil liberar el flujo vial y evitar accidentes viales.

A partir de un análisis realizado en cada una de las estaciones de la línea 1 del Cablebús para determinar el número de accidentes que se localizan dentro de un perímetro de 500 metros con base en los Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México, se eligió la estación La pastora para hacer una propuesta de diseño geométrico que evite el incremento de accidentes y la saturación del flujo vehicular debido a que es una estación intermedia con alto flujo de vehículos y por la cantidad de accidentes que se suscitan en su zona de influencia.

En la estación Politécnico el número de accidentes es de 135 dentro del perímetro, pero en el punto exacto donde se localizará la estación es de 76 incidentes viales.

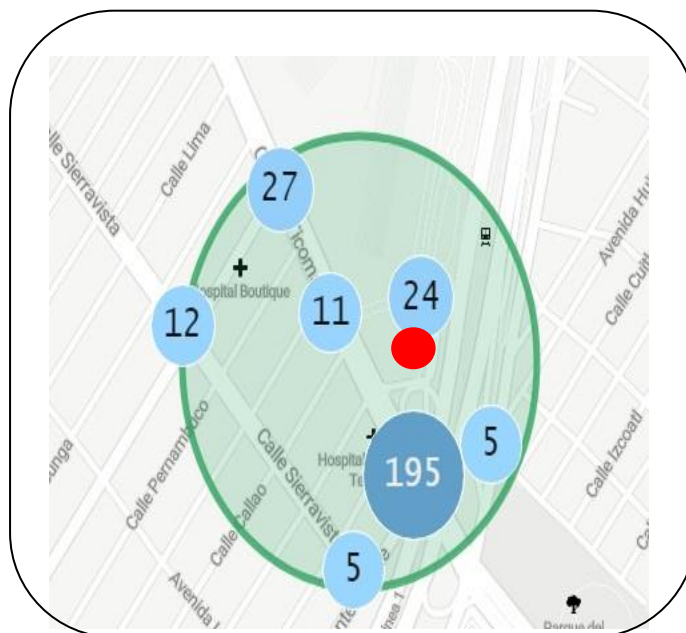
Ilustración 6. Estación Politécnico



Fuente: Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México, periodo 2020

Y para la estación Indios Verdes el número máximo de incidentes viales es de 195 estos en el cruce de Av. Ticomán debido al continua salida y entra de vehículos.

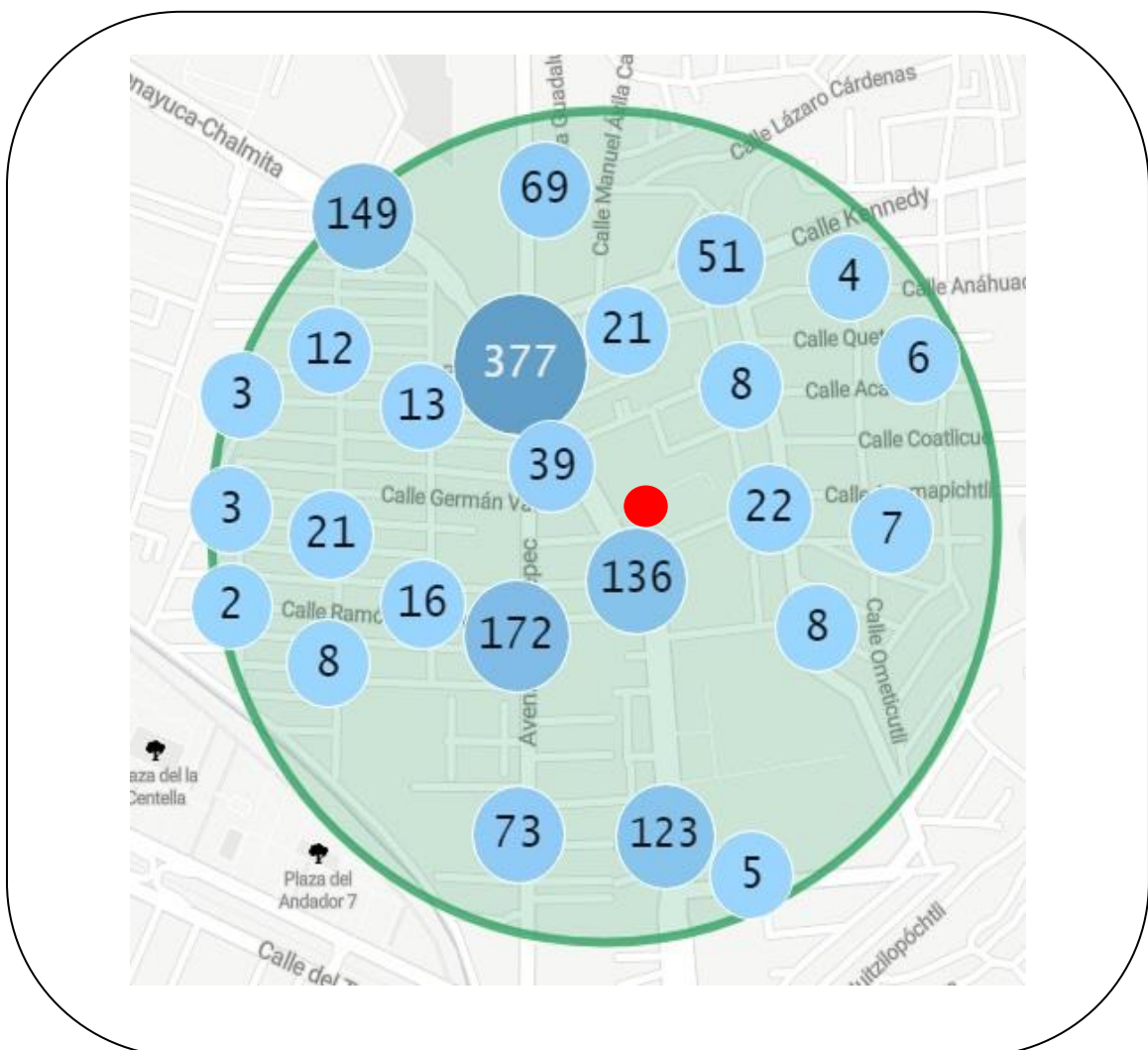
Ilustración 7. Estación Indios Verdes



Fuente: Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México, periodo 2020

El análisis que se realizó para determinar el estudio de la estación La Pastora, fue de un radio de 500m tomando en cuenta donde se localizara la estación del Cablebús, con base en los datos abiertos de la Ciudad de México sobre los accidentes viales reportados al C5, la ilustración 11, muestra un claro ejemplo de los accidentes suscitados durante el periodo de Enero a Noviembre del 2020, lo cual, muestra que en promedio se suscitan 377 incidentes viales en la intersección Av. Puerto de Mazatlán, Av. Tenayuca Chalmita y Av. Cuauhtepec, en la entrada del predio de construcción de la estación La Pastora se han reportado 136 accidentes, en la esquina norte 39 y en el sentido sur 123 accidentes estos accidentes engloban atropellados, volcaduras, lesionados y accidentes automovilísticos, esto debido a diferentes factores como lo son; nula señalización vial, falta de semáforos peatonales, señalamientos horizontales y verticales no legibles, cabe mencionar que todos estos factores no siempre son participes de los accidentes ya que entran factores como lo son condiciones de la vía, condiciones climáticas o distracciones tanto de automóviles y peatones son parte de las incidencias viales.

Ilustración 8. Incidentes viales dentro de un radio de 500 metros.



Fuente: Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México, periodo 2020

Actualmente la estación La Pastora de la Línea 1 del Cablebús se está considerando en este estudio como una estación intermedia, está ubicada en la en la Ciudad de México en la Demarcación Territorial Gustavo A. Madero en la Av. Puerto de Mazatlán entre Luis Echeverría y José López Portillo en la Colonia La Pastora, donde se encontraba operando el Módulo 6 de la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México.

Ilustración 9. Predio de construcción Cablebús



Imagen propia-. Predio de construcción del Cablebús ubicado en la Avenida Puerto de Mazatlán

La Av. Puerto de Mazatlán cuenta con 3 carriles en ambos sentidos donde circulan automóviles particulares, transporte público de pasajeros, transporte de carga, bicicletas y peatones, pero ningunos de las divisiones de carriles son visibles debido a la falta de mantenimiento vial lo que es parte de la problemática presentada.

Ilustración 10. Carriles por sentido de vialidad



Imagen propia- Ubicación en la intersección de Av. Cuauhtemoc y Avenida Tenayuca Chalmita

En la intersección de la Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita se localiza un puente peatonal en operación, a pesar que nadie lo usa, lo cual representa un problema de movilidad ya que los peatones cruzan las calles entre los vehículos, incluso cuando estos están en movimiento lo que representa un peligro tanto para el automovilista como para el peatón.

Ilustración 11. Puente peatonal obsoleto



Imagen Propia - Ubicado en la Av. Tenayuca Chalmita

La intersección de estudio cuenta con semáforos viales solo en la intersección Av. Puerto de Mazatlán, pero no cuenta con semáforos peatonales en ninguna de las intersecciones, el flujo vehicular está en continuo movimiento por lo que en tramos anteriores a la intersección tampoco se localizó ningún señalamiento vial por lo que la seguridad y la visibilidad de señalamientos es nula todos los sentidos direccionales.

Ilustración 12. Semáforos viales Av. Puerto de Mazatlán v Av. Tenayuca Chalmita



Imagen propia -Ubicado en la intersección de Av. Cuauhtemoc y Avenida Puerto de Mazatlán

JUSTIFICACIÓN

El “Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas” está enfocado al diseño de flujos eficientes de personas al transformar cada calle y contribuya al incrementar la seguridad tanto vial como ciudadana. El desarrollo del presente trabajo en cuanto a la elección de esta estación La Pastora se ve justificado como una estación intermedia además por el número de accidentes que se dan en la zona de estudio y la alta afluencia de personas y vehículos, la propuesta a través de un diseño geométrico que contribuya a la movilidad de la zona de estudio una vez iniciada operaciones la estación del Cablebús, será necesaria para evitar el incremento de número de accidentes, de acuerdo con los Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México, muestra que en promedio se suscitaron 377 incidentes viales durante el periodo 2020 en la intersección; con base en una propuesta de diseño geométrico que facilite la movilidad y accesibilidad de los peatones, utilizando parámetros de ingeniería de tránsito para mejorar el traslado de usuarios, seguridad vial como peatonal.

Esta investigación pretende elaborar propuestas que cuenten con una movilidad y accesibilidad correcta que jerarquice al peatón y no al automóvil, esto para evitar un desorden vial, lo que implica conjugar dos ramas de la Ingeniería para formar una infraestructura accesible haciendo uso de los principios básicos de Ingeniería y uso de software especializado de dibujo de las distintas ramas de la ingeniería.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de diseño geométrico con base en una armonización del flujo peatonal y vehicular de La Estación La Pastora considerando los principios básicos de la Ingeniería de Transito, para favorecer la movilidad en la zona de estudio.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Armonizar la circulación de vehículos como peatones de los sistemas de transporte público en la Estación La Pastora del Cablebús.
- Elaborar una propuesta de mejoramiento de diseño geométrico utilizando software especializado.
- Elaborar una propuesta de infraestructura vial basado en la jerarquía de movilidad urbana priorizando al peatón y haciendo uso de los principios básicos de la Ingeniería de Transito mejorando la seguridad vial y peatonal.
- Diseñar trayectorias peatonales que mejoren la circulación y que faciliten la movilidad y la accesibilidad de la zona de estudio.

HIPÓTESIS GENERAL

El crecimiento del tráfico ha provocado el aumento de las redes de transporte de la zona de estudio, el poco espacio para que transite el peatón y la poca señalización vial, ha contribuido al aumento de accidentes a través de los años. La implementación de la línea 1 del Cablebús tendrá un mayor flujo peatonal en la zona de estudio por lo que se propone que mediante un análisis del flujo de tránsito se realice una propuesta de diseño geométrico que contribuya a la movilidad y accesibilidad de la zona de estudio, que conlleve a la reducción de accidentes viales y se tenga una distribución de espacio más accesible para el peatón, además de generar un armonía vial entre el peatón y el automovilista con la organización de señalamientos viales.

1. CAPÍTULO I -MARCO TEÓRICO

1.1 Clasificación de la red vial

La vialidad actualmente es una red primaria por lo que en muchas ocasiones superan la velocidad reglamentada de la vía. Las vialidades se clasifican primarias, secundarias y locales, lo que implica que entre más vehículos y peatones circulen por la vialidad tienen una mayor importancia, por lo que la vialidad analizada es una vía de gran importancia ya que es la principal fuente de alimentación por parte de las vías secundarias y terciarias, por consiguiente, la saturación de la vialidad en las horas de máxima demanda. Estas vialidades secundarias siempre llevan a una vialidad primaria por lo que los accesos a estas en horas pico son una travesía para ingresar a ellas en la zona de estudio y desplazarse a su destino, las vialidades terciarias por lo regular están utilizadas para estacionarse por lo que la reducción del espacio para circular se ve afectada en las horas de mayor afluencia principalmente en la Av. Puerto de Mazatlán.

Vías primarias

“Diseñadas para canalizar los movimientos de larga distancia, cumplen funciones de conexión y distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan sin detenerse en ella”. (Blázquez, 1999, p.18)

1.2 Ingeniería en Transporte

“La Ingeniería de Transporte está definida como: "aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente". (Mayor, 2008, p.39)

Es por ello que en este trabajo de tesis se muestra de manera práctica cómo dos disciplinas cómo lo son la Ingeniería Civil y la Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, se pueden conjugar para contribuir a mejorar la movilidad y accesibilidad proponiendo un diseño geométrico de la zona de estudio pensando en la seguridad del peatón a través de diseños geométricos propuestos de trayectorias peatonales, radio de giro, alineamiento vertical y horizontal, cajones de estacionamiento y radio de giro; el autor Cal y Mayor indica cómo es que la rama de la Ingeniería está pensada en contribuir a mejorar la movilidad y seguridad con un análisis de planeación aplicando principios tecnológicos y científicos.

1.3 Diseño geométrico

El diseño geométrico propuesto para una planificación de la vialidad permite tener una estimación a futuro sobre los problemas que se presentarán de movilidad y como el aumento de vehículos tendrá una saturación de la vía, si bien ya lo tiene, es por eso que es importante tener una perspectiva de cómo las personas ven el espacio en el que transitan, es por eso que una propuesta de diseño geométrico pensado en el peatón para mejorar la accesibilidad y movilidad de la zona de estudio.

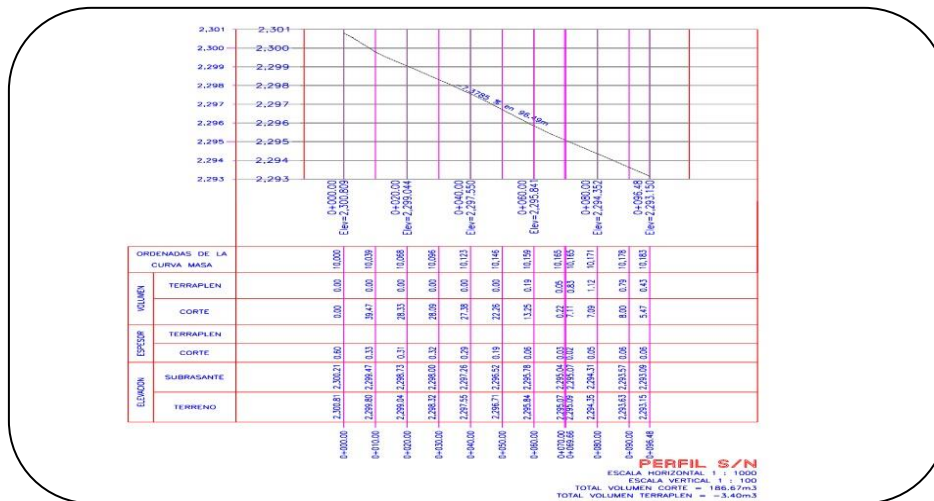
“El Proyecto Geométrico de calles y carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría, en este sentido, una calle o carretera queda definida geoméricamente por el proyecto de su eje en planta (alineamiento horizontal) y en perfil (alineamiento vertical), y por el proyecto de su sección transversal”. (Mayor, 2008, p.39)

Es por eso que elementos como lo son las baquetas, radio de giro, cebras peatonales, señalamientos viales pintados en el pavimento, líneas separadoras de carril etc., todo lo que conlleve a una buena visibilidad para el peatón y los automóviles para optimizar el espacio de la zona de analizó y planteo este proceso de correlación entre la infraestructura y el peatón.

Alineamiento vertical

“El alineamiento vertical se define como una proyección del eje sobre una superficie vertical” (Mayor, 2008, p.39), la zona de estudio no representa ningún análisis ya que no se pretende modificar la vialidad solo mejorar las condiciones existentes.

Ilustración 13. Alineamiento Vertical



Elaboración propia- Practica de estacionamiento de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Alineamiento horizontal

“El alineamiento horizontal es una proyección del eje sobre un plano (vía)”, (Mayor, 2008, p.39), en la zona de estudio se presenta el alineamiento vertical realizado del Cablebús de la estación La Pastora para el análisis del espacio.

Ilustración 14. Alineamiento Horizontal

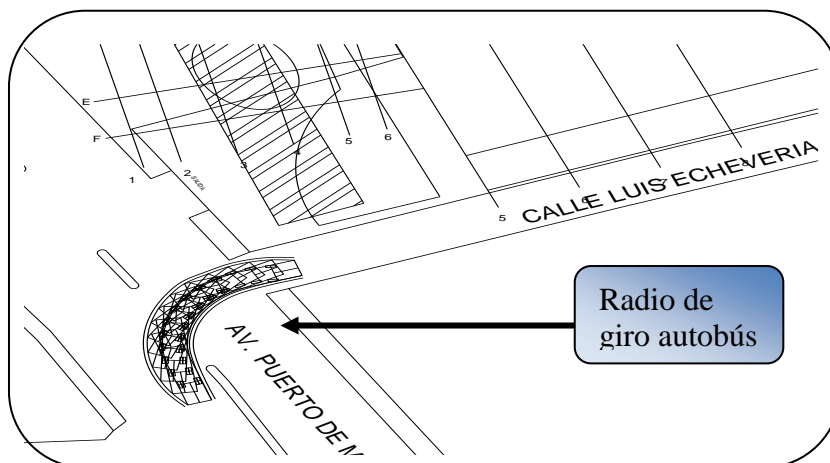


Elaboración propia con Auto CAD- Alineamiento vertical Estación la Pastora del Cablebús.

Radio de giro

“El radio de giro de la unidad de transporte es una de las condiciones de movimiento importantes para analizar a la hora de máxima demanda, ya que implica espacio y tiempo. Éste viene determinado por la anchura, la separación entre ejes, el máximo ángulo de giro de las ruedas delanteras y la longitud total del vehículo”. (Blázquez, 1999, pág. 14)

Ilustración 15. Radio de Giro



Elaboración propia con Auto CAD- Radio de Giro de la calle Luis Echeverría con Av. Puerto de Mazatlán

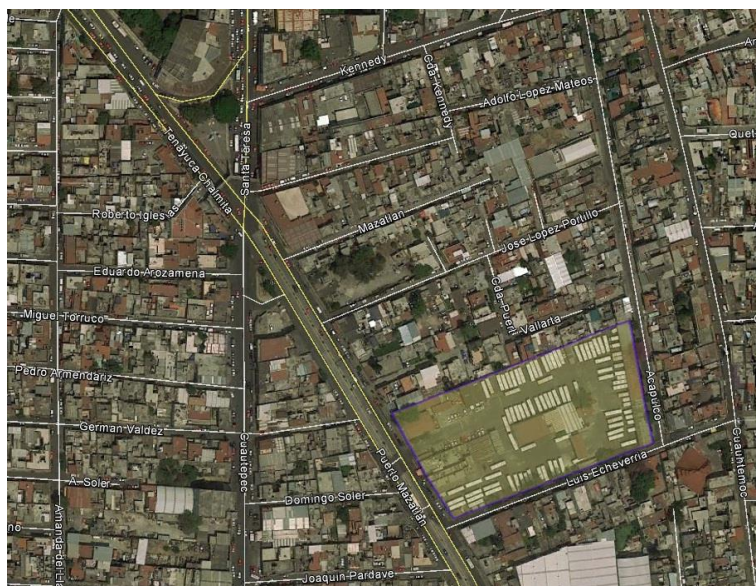
Como se muestra en la Ilustración 11 el radio de giro de la unidad de transporte RTP es importante ya que este interrumpe el flujo vehicular y repercute más en las horas de máxima demanda, cabe destacar que la vuelta para integrarse a la avenida Puerto de Mazatlán no tendría ninguna dificultad lo cual implicaría que las dimensiones de la calle Luis Echeverría son adecuadas para el movimiento de radio de giro.

La explicación que tiene el radio de giro en este trabajo es determinar de manera precisa la vuelta de las unidades de transporte público en este caso RTP, que se integran de la calle Luis Echeverría a Av. Puerto de Mazatlán y así poder optimizar el espacio de las calles para contar con una mayor movilidad vehicular y peatonal y a su vez contribuir a la accesibilidad y seguridad de la zona de estudio.

Traza urbana

La traza urbana que tiene la zona de estudio es de plato roto en las zonas altas y reticular en la zona de estudio, lo que implica que debido al rápido desarrollo y a la nula planeación territorial, es que se formaron este tipo de trazas urbanas, lo que implica la poca accesibilidad de las calles debido a las dimensiones de las calles y avenidas.

Ilustración 16. Traza Urbana



Fuente: Google Earth, Ubicación Modulo- 6 RTP

La traza urbana nos sirve para determinar las condiciones del terreno en este caso de la zona de estudio que estamos analizando y poder realizar propuestas de diseño que mejoren la accesibilidad.

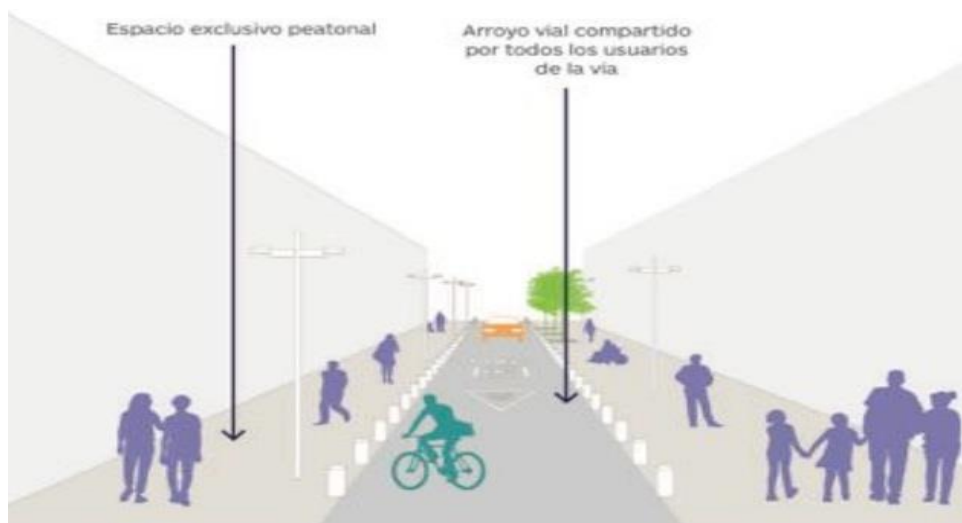
1.4 Señalamientos viales y peatonales

A medida que pasan los años la saturación de la vialidad, tanto de vehículos como de peatones, ha hecho que se dependa cada vez más de los señalamientos viales, semáforos, señalamientos horizontales y verticales, pero a estos no se les da un mantenimiento y en ocasiones ya no son visibles es por eso que el planteamiento para que contribuyan a la comunicación entre dichos componentes es primordial ya que tienen como objetivo transmitir un mensaje claro, preciso y tener una ubicación correcta sobre la vía.

Banquetas

“Las banquetas juegan un importante papel en la organización urbana ya que, además de servir de soporte al tráfico peatonal, albergan y canalizan una serie de servicios urbanos, tales como el alumbrado, las redes de media y baja tensión, el sistema de riego e incendios, telefonía, gas, agua potable e incluso redes de cable y fibra óptica”. (Blázquez, 1999, pág. 23)

Ilustración 17. Áreas de circulación peatonal

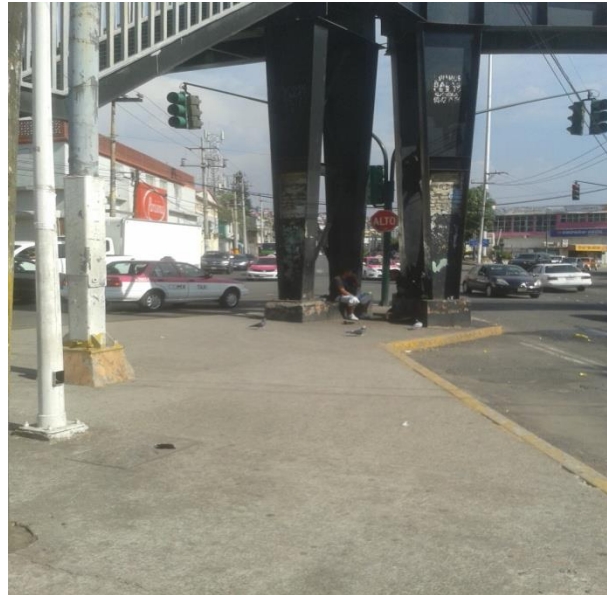


Fuente: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP).

Estas banquetas analizadas presentan deterioro en sus condiciones físicas, por lo que estas juegan un papel importante según (Blázquez, 1999, pág. 23), en la organización urbana y aún más en la zona de estudio analizada ya que estas soportan el flujo de personas que transitan.

“Los semáforos son dispositivos electrónicos que sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, ámbar y verde, operados por una unidad de control”. (Transportes S. d., 2014, pág. 571)

Ilustración 18.Semáforos viales



Fuente: Imagen propia

Estos semáforos analizados presentan el nulo mantenimiento que se le ha dado ya que son semáforos fijos controlados por intervalos de tiempo, que da paso a la circulación de vehículos de la zona de estudio, si bien son funcionales en ocasiones estos semáforos son utilizados solo para la circulación de los vehículos y no de los peatones ya que los peatones son los que se tiene que coordinar para cruzar la vialidad.

1.5 Movilidad y accesibilidad

(Saenz, 1996). *“Define a la movilidad como un desplazamiento de las personas o bienes con base en a la economía de la zona”.*

Sin embargo, el tiempo en realizar los desplazamientos, refiriéndose a que si la accesibilidad es inadecuada por ende la movilidad va a ser interrumpida, es por ello que para tener una movilidad correcta conlleva a tener una adecuada accesibilidad de la zona de estudio.

1.6 Conflicto ciudad – automóvil

El crecimiento desmedido y desordenado de la ciudad ha provocado un caos entre el automovilista y el peatón, este crecimiento desordenado se debe a las política de movilidad en el cual se le ha priorizado al automovilista con la construcción de nuevas carreteras, calles y avenida propiciando el tráfico, olvidando completamente al peatón, ya que algunas de estas banquetas tienen un difícil acceso debido a las malas condiciones que representan, lo cual dificultan el libre tránsito del peatón, este escenario plantea de una manera adecuada darle la importancia de priorizar la movilidad del peatón como lo indica la pirámide de movilidad.

El uso del automóvil es la principal factor del tráfico, es por eso que a las principales vías de movilidad se les han llamado estacionamientos ya que el movimiento es a vuelta de rueda, por ello el uso del automóvil es el principal responsable del entorpecimiento de la movilidad y la saturación de las vialidades ya que cada vez que se planea un diseño geométrico se piensa en liberar la vialidad afectada pero esta se volverá a saturar en un futuro, es por eso que conlleva una responsabilidad el diseñar vialidades que favorezcan la movilidad del peatón y así reducir el uso del automóvil.

En general una mala planeación urbana, una amplitud incorrecta del cruce peatonal, una mala señalización vial tiene un alto impacto en la percepción de los automovilistas al conducir con mayor seguridad, es por eso que se pretende explicar cómo el diseñar una vialidad es cómo se tiene una percepción de seguridad y movilidad adecuada.

1.7 Relación Cablebús-RTP

A principios de este año se inició la construcción del Cablebús de la Línea 1 indicando que una de sus estaciones de localizará en el Módulo 6 de la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México, llamada la estación La Pastora, por lo que el estudio que se pretende realizar es determinar cómo estos sistemas de transporte pueden trabajar de manera armoniosa, ya que una vez que comiencen a operar la estación comenzará a generar y atraer viajes, por lo que tendrá un gran flujo de personas además del flujo de vehículos que ya se tiene, esto quiere decir que hay puntos focales que atraen viajes como lo son el Reclusorio Norte, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, el Instituto de Educación Media Superior entre otras por lo que pretende determinar cómo será esta estación si se convirtiera en un Centro de Transferencia Modal (CETRAM) en pequeña escala debido a los diferentes viajes que se realizarán.

1.8 Seguridad vial

“Un conflicto vial es definido como un evento que culminaría en una colisión, si las velocidades y los movimientos de las personas permanecieran iguales. Es decir que el siniestro es evitado gracias a un cambio de conducta de la persona, al último momento (frenar, correr, etc.). Los conflictos son mucho más numerosos que los siniestros. Si analizamos los conflictos, obtenemos información valiosa sobre elementos de riesgo que no podemos observar cuando el hecho ya sucedió. En otros términos, al analizar conflictos, analizamos índices de muertes y lesiones, antes de que sucedan”. (ITDP, Puebla implementa acciones de diseño vial seguro y recuperación de espacios públicos., 2020)

Cada vez que se realiza un estudio el término de seguridad vial es de vital importancia ya que de ahí parten los principales problemas del tráfico debido al índice de accidentes que representa la vialidad en la zona de estudio y la importancia de realizar propuestas de solución que conlleven a una armonización entre el peatón y el automovilista con el fin de reducir el índice de accidentes que se presentan en la vialidad analizada.

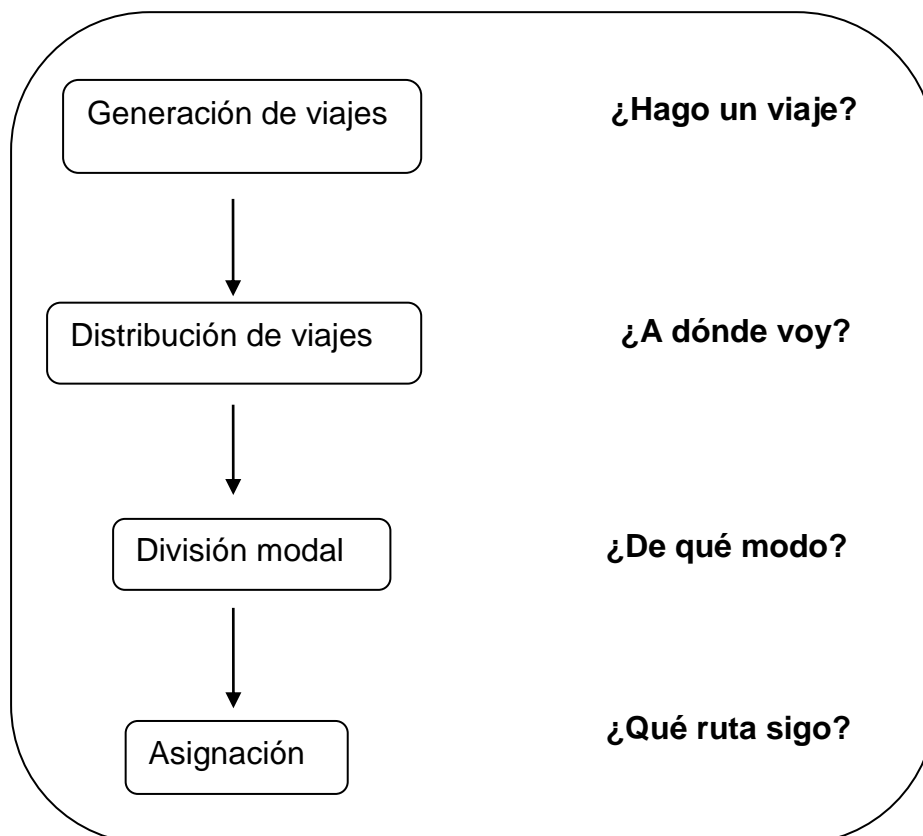
2. CAPÍTULO II- METODOLOGÍA

El modelo de transporte de 4 etapas fue introducido en el año de 1956 en la ciudad de Chicago para realizar una predicción de la demanda de un sistema de transporte ya que es un proceso analítico relacionado con las actividades de los usuarios. (Fernando A., 2005)

El modelo planteado se realizó utilizando cuatro pasos, evaluando cada una de las etapas correspondientes, a través de análisis económicos, comportamiento humano, características de la vía y aspectos sociales, esto con apoyo de visita a campo y un rollo fotográfico.

1. Generación y atracción de viajes
2. Distribución
3. Elección del modo de transporte
4. Elección de ruta

Modelo de transporte



Elaboración propia: Diagrama de modelo de transporte de 4 etapas

La primera etapa se realizó analizando los parámetros socioeconómicos de la zona de estudio se encontraron los viajes que son atraídos y cuantos viajes son generados, con base a la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda, Zonificación de usos de suelo presentadas en la zona de estudio, esto se determinó que depende del uso de suelo del área estudiada son los viajes generados , lo cual indica que el uso de suelo es comercial con habitacional en su mayoría lo que se debería esperar mucha atracción de personas.

La segunda etapa se realizó tomando en cuenta en el comportamiento humano, esto se hizo haciendo un recorrido en campo y analizando las características de la zona en cuando a comercio, vivienda u ocio, planteando la siguiente pregunta: ¿A dónde voy a ir?, lo que se realizó en determinar cuántos viajes se suscitaron entre dos zonas del punto de origen al punto de destino que en este caso es la zona de estudio analizada.

La tercera parte se realizó analizando el comportamiento humano haciendo parte de la siguiente pregunta: ¿En automóvil o autobús?, encontrando en el recorrido en campo que las personas prefieren su modo de transporte tomando en cuenta aspectos como lo son: la comodidad, confort y tarifa de cada uno de estos sistemas de trasporte; las opciones encontradas fueron RTP, Microbús, Taxi o automóvil esto haciendo un recorrido en campo, la diferencia que se encontró es en el tiempo de traslado, debido a la congestión que se suscita en la zona de estudio.

La cuarta etapa que se realizó es elegir la ruta, ¿Qué línea elegir?, esto se hizo con las medidas recolectadas en campo de la geométrica de la zona de estudio (calles y avenidas, observado en campo que las características de las calles y la avenida prácticamente son las mismas ya que presentan las mismas problemáticas por lo que la elección que se encontró fue casi de las mismas dimensiones geométricas esto lo determinamos tomando medidas en campo y realizando planos de diseño geométrico.

El modelo de transporte de 4 etapas es un modelo de provisiones de la demanda y cada una de las etapas es independiente una de otra, por lo que para realizar que tenga sentido el modelo llevo una consistencia entre cada una de las etapas, se puede decir que se equilibró la oferta y demanda lo que indica que la primera etapa analizada depende el comportamiento humano con base en su decisión ay que como se encontró en campo solo existe dos sistemas de transporte público, entonces los usuario no tiene variedad e donde elegir y la última y esto se determinó etapa se basa en la red de transporte existente y como ya se indicó solo existen dos avenidas principales. Por lo que también se encontró que el modelo toma en cuenta el tiempo que es un factor importante que influye en la elección de las personas al momento de elegir el modo de transporte y en campo se determinó que las demoras en las horas de máxima demanda afectan las avenidas teniendo un tiempo de espera considerable dentro del perímetro de la zona de estudio

2.1 Generación de viajes

La zona de estudio ubicada en Avenida Puerto de Mazatlán, Colonia La Pastora, se hizo tomando de referencia a la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda donde se encontraron los siguientes usos de suelo de la zona de estudio.

1. HC- habitacional con comercio: Zonas en las cuales predominan las viviendas con comercio como son consultorios, oficinas y talleres en planta baja.
2. H-habitacional- Zonas en las cuales predomina la habitación en forma individual o en conjunto de dos o más viviendas. Los usos complementarios son guarderías, jardín de niños, parques, canchas deportivas y casetas de vigilancia
3. HM-habitacional mixto: Zonas en las cuales podrán existir inmuebles destinados a vivienda, comercio, oficinas, servicios e industria no contaminante.

Como se muestra en la lustración 16, se hizo un análisis de un radio de 200 metros para la zona de estudio, lo que se encontró es que cuenta con 3 tipos de uso de suelo, lo que quiere decir que son un generador y a tractor de viajes ya que está en función al número de viajes que ese realiza y las características socioeconómicas de la población, esto tomando de referencia a la Zonificación de usos de suelo de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Ilustración 19. Uso de suelo

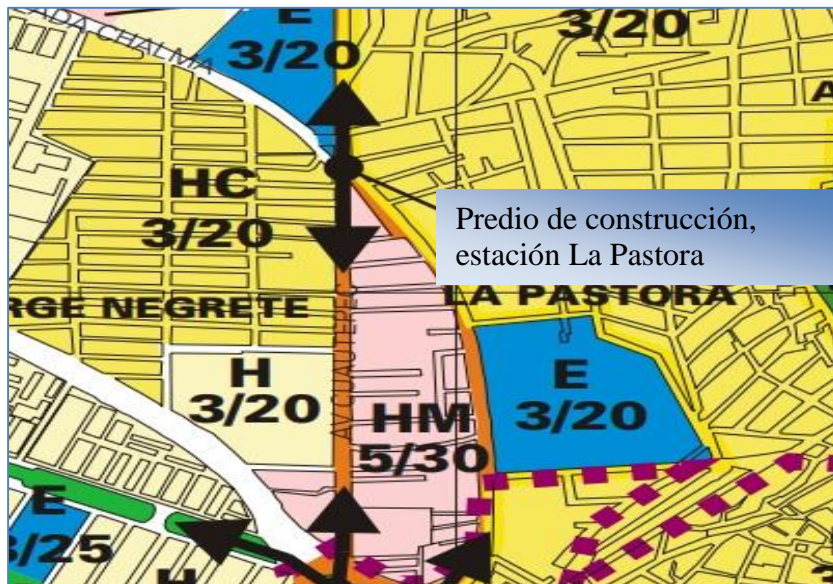


Imagen obtenida de – Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda,
Zonificación de usos de suelo

Cabe mencionar que en el recorrido en campo el uso de suelo que se localiza en la zona de estudio es factor ya que influye en la ubicación de la estación La Pastora del Cablebús ya que además se encontró en campo que es de las intersecciones con mayor flujo vehicular y por ser una de las salidas principales de Cuauhteppec, el motivo principal es liberar esa intersección del flujo vehicular que se genera todos los días.

Ilustración 20. Localización de comercio en planta baja



Imagen propia -Ubicado en la intersección de Av. Cuauhteppec y Avenida Puerto de Mazatlán

En la visita a campo se realizaron fotografías de la zona de estudio, se encontró que se genera un gran flujo de peatones y vehículos lo que convierte a la zona como se mencionó anteriormente en un atractor y generador de viajes ya que varias casas tienen en la planta baja un local como se muestra en la imagen tomada en campo.

Ilustración 21. Atractor y Generador de viajes



Imagen propia -Ubicado en la intersección de Av. Cuauhteppec y Avenida Puerto de Mazatlán

2.2 Distribución de viajes

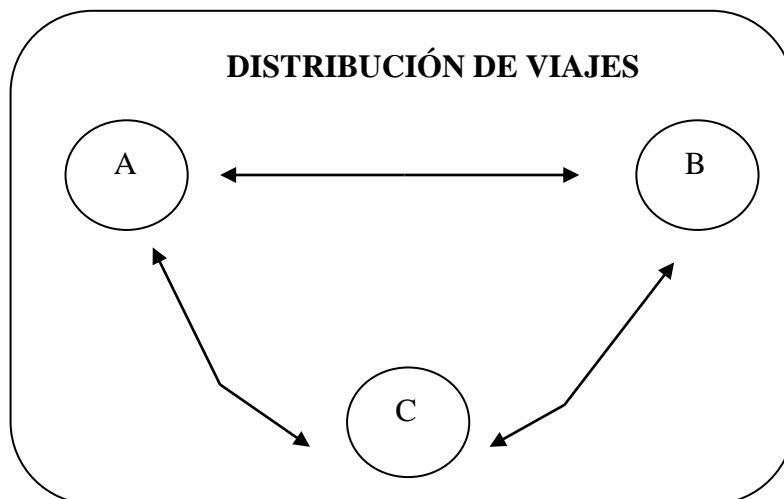
En el recorrido en campo se realizó un rollo fotográfico donde los principales a tractores y generadores de viaje son para ir al trabajo, escuela, hogar o por ocio, esto se determinó ya que son las principales salida de acuerdo a la encuesta origen y destino, esta elección dar paso a la elección del modo de transporte lo cual es RTP o microbús y la red ya sea Av. Cuauhtémoc o Av. Puerto de Mazatlán ya que el tiempo va a ser un factor importante que influirá en la elección de desplazamiento del usuario.

Ilustración 22. Distribución de viajes



Imagen ubicada en la intersección de Av. Cuauhtémoc y Avenida Puerto de Mazatlán

El indicador de desplazamiento entre el origen y el destino y la importancia de atracción se realizó con la accesibilidad de la zona de estudio con respecto al motivo de viaje, como se mencionó anteriormente la importancia que le da el usuario a la distancia del viaje a realizar, el tiempo requerido y su costo, se tomó como referencia la encuesta origen y destino para determinar el porqué del desplazamiento hacia la zona de estudio.



Elaboración propia- Diagrama de Etapa de distribución de viajes

En la visita a campo se encontró que existe equipamiento como son panaderías, bancos, escuelas, fábricas de trabajo, centros de compra que son los que motivan a las personas a realizar el viaje.

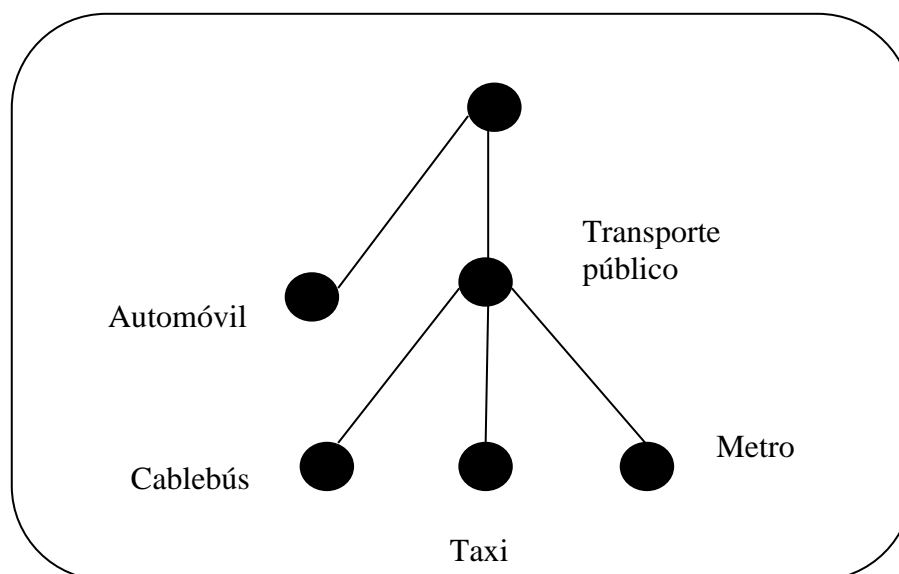
2.3 División modal

El transporte público que se encontró en la visita a campo que da servicio en la zona estudiada se realizó con un aforo vehicular en el que se encontró las personas utilizan el sistema de transporte RTP o el Microbús o en ocasiones un taxi, tomando en cuenta que existe varios factores fundamentales en la toma de esta decisión como lo son el tiempo de viaje, el costo del transporte y la disponibilidad de unidades del servicio, esto porque en la visita realizada y con el aforo vehicular y aforo de velocidades se determinó que las demoras exceden el tiempo debido a la congestión que se suscita en la zona de estudio.

En este caso la zona de estudio cuenta con diferentes sistemas de transporte para desplazarse como lo son:

- Transporte público (RTP)
- Transporte concesionado (Ruta18)
- Taxis
- Transporte particular

La elección del sistema de transporte también depende del tipo de usuario esto se determinó por como lo son por sus ingresos, características como: propósito, hora, día del viaje de acuerdo a la encuesta origen destino, sin olvidar que la económica del usuario da valor a su tiempo sin importar el costo del viaje.

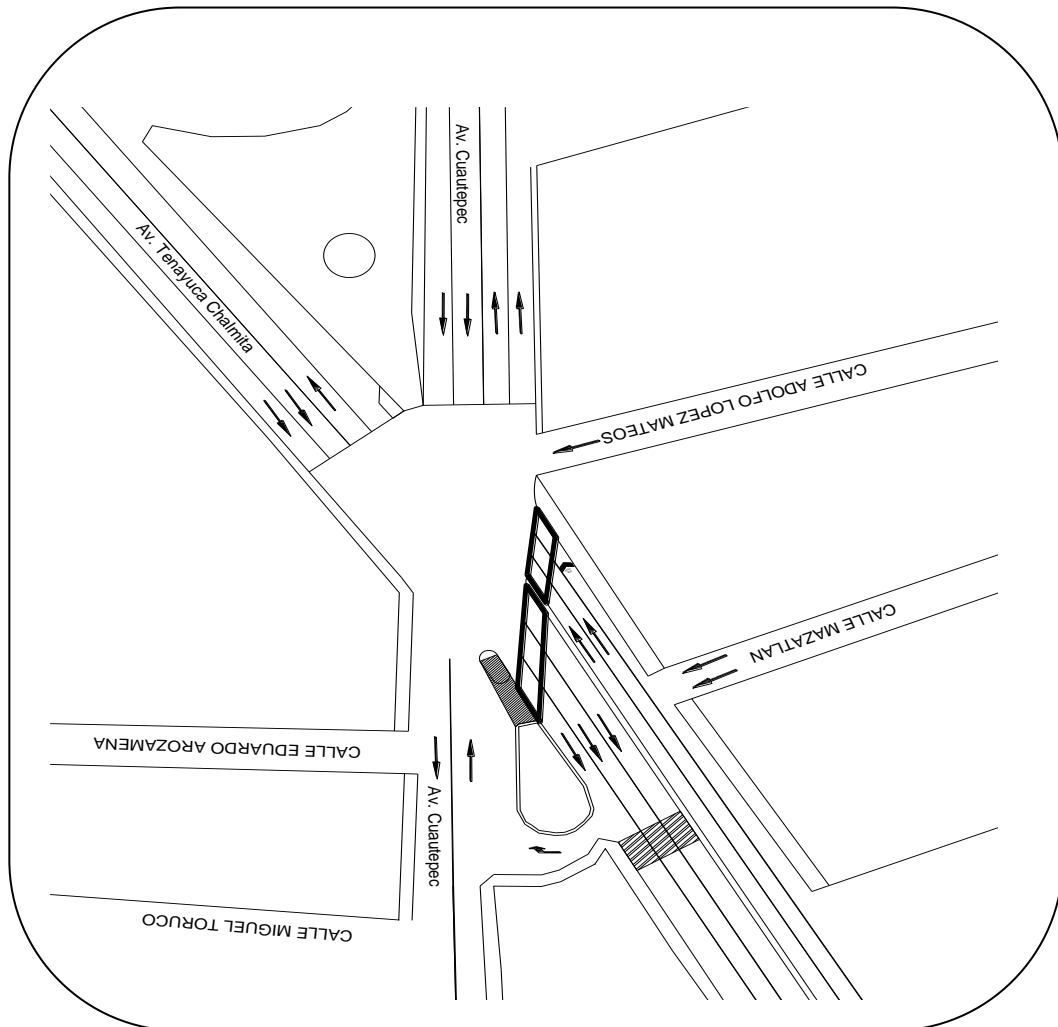


Elaboración propia- Diagrama de selección de medios de transporte

2.4 Asignación

Se encontró en la visita en campo y realizando un diseño geométrico con las medidas recolectadas en campo de que las redes de transporte son Av. Cuauhtepac y Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita, la elección del medio de transporte, sé que los usuarios toman en cuenta: vehículos por hora que se encuentran en la avenida, el tiempo, distancia de recorrido, señalamiento que retrasen el desplazamiento, dispositivos de control (semáforos), factores ambientales u otros obstáculos que se localizan a lo largo de la vía ya que con el estudio de campo se encontró que los usuarios no cuenta con variedad e opción a elegir para su desplazamiento.

Ilustración 23. Redes de transporte



Elaboración propia con Auto CAD- Salidas principales de la zona de estudio (Av. Cuauhtepac y Av. Puerto de Mazatlán).

Como se muestra las salidas de ruta a elegir, principalmente son la Av. Cuauhtepac y la Av. Puerto de Mazatlán y la Av. Tenayuca Chalmita, estas avenidas se encuentran saturadas en las horas de máxima demanda por lo que la elección de la red de transporte va a depender de los factores anteriormente mencionados.

3. CAPÍTULO III- PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO

En el presente capítulo se utilizará el diseño geométrico ya es una de las actividades más importantes para la elaboración del trabajo, por lo cual en el Manual de Diseño Geométrico de la ciudad de México se utilizaron las principales técnicas de investigación de diseño vial.

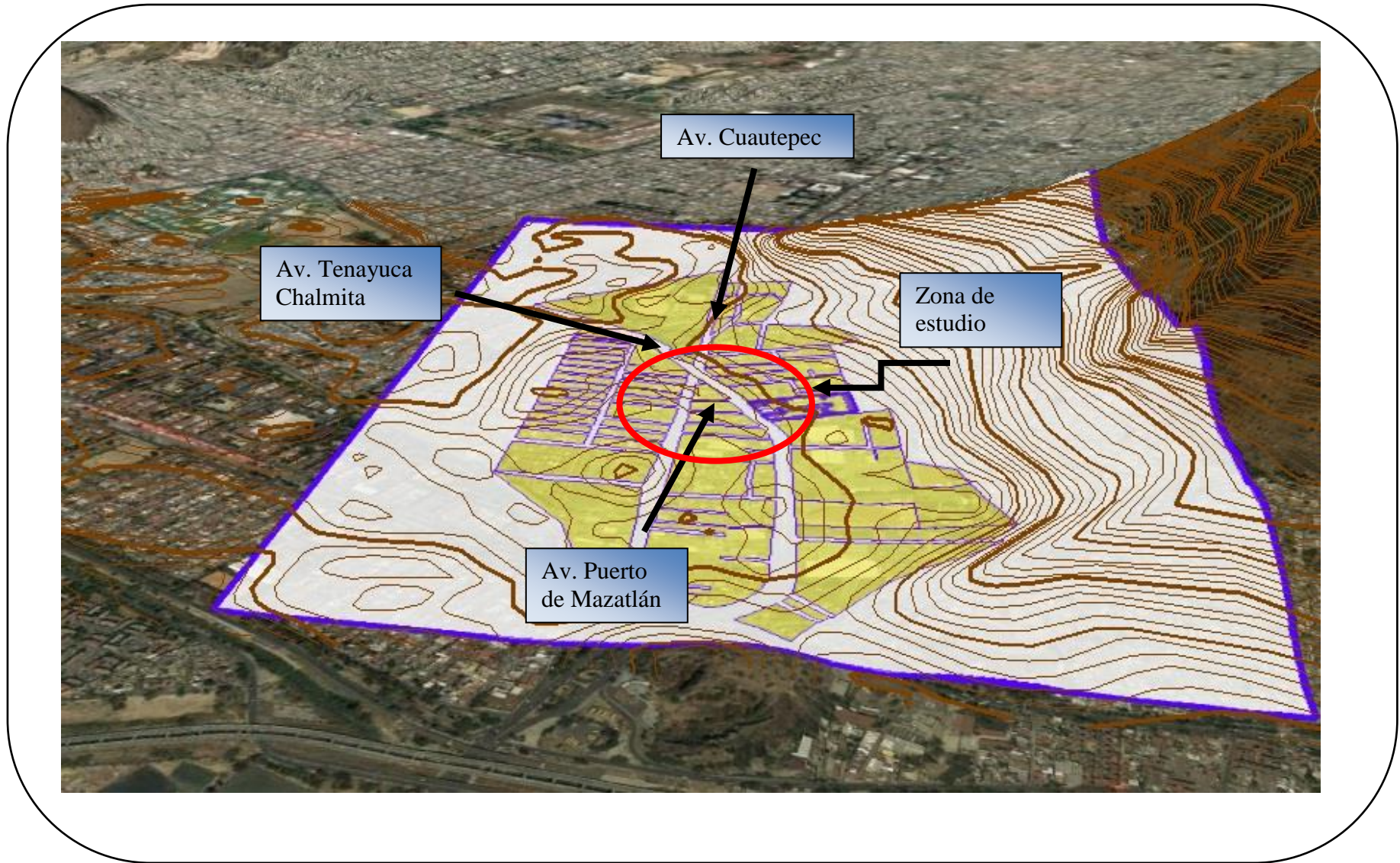
3.1 Modelo digital del terreno

Utilizando el software especializado Auto CAD, se realizaron los planos para presentar el modelo digital del terreno y poder generar las propuestas para el diseño geométrico de la zona de estudio.

Actualmente en el Plano 1 es como se encuentra actualmente la estructura de diseño geométrico, en el que se muestra el deterioro por el paso de tiempo o por el nulo mantenimiento, cabe mencionar que en la Av. Puerto de Mazatlán donde se localizara la entrada de la estación La Pastora esta obstruida por vehículos que se estacionan por un largo lapso de tiempo lo que afecta el libre tránsito tanto vehicular como peatonal, ya que el libre tránsito es de gran importancia para el buen funcionamiento ya que determina el trabajo eficiente de la vía, además de determinar si el transito diario excede el volumen estimado de capacidad y los problemas de congestionamiento que esto generara atreves del paso del tiempo.

La señalización horizontal presenta un nulo mantenimiento ya que no son visibles los y estos solo se encuentran en la intersección de Av. Tenayuca Chalmita y Av. Puerto de Mazatlán y no en el perímetro de la zona de estudio, pero cabe mencionar que además de la poca visibilidad de estos no se localizan señalamientos vertical que indique el tránsito de peatones ni señalamiento informativos, restrictivos y preventivos suficientes para que el conductor tenga una visión del espacio por el que transita.

Ilustración 24. Plano 1-Modelo digital del terreno actual

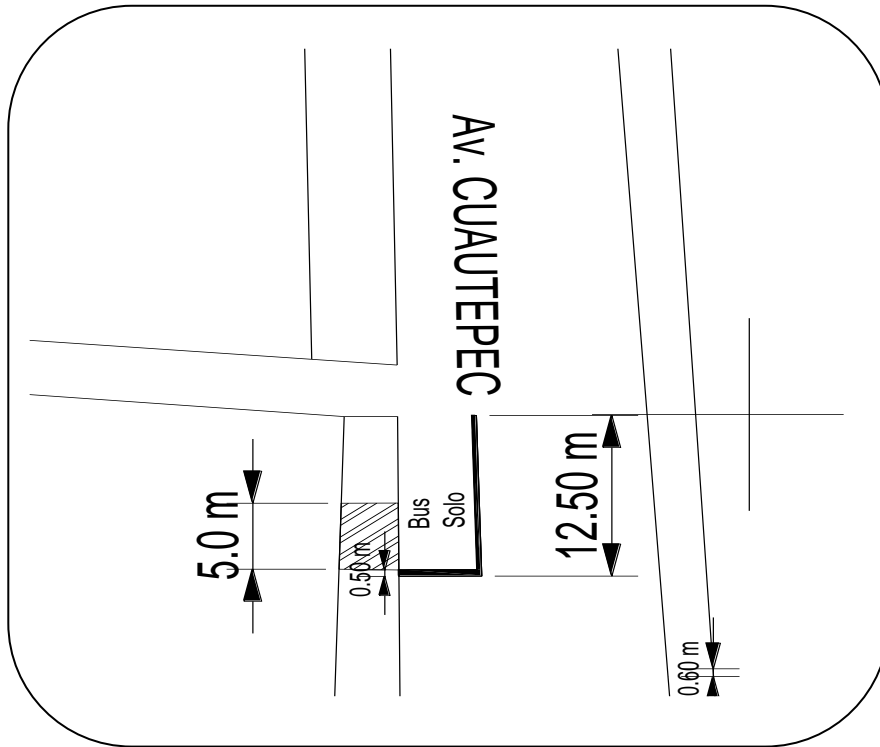


Elaboración propia con Global Mapper y Google Earth- Modelo geométrico del terreno

3.2 Paradas propuestas

Las paradas son elementos físicos importantes que participan el adecuado funcionamiento de los servicios de transporte, por ello están relacionadas con el diseño geométrico, además de limitar la capacidad de línea, es por eso importante considerar el espaciamiento adecuado para su localización.

Ilustración 25. Plano 2- Parada 1 Av. Puerto de Mazatlán

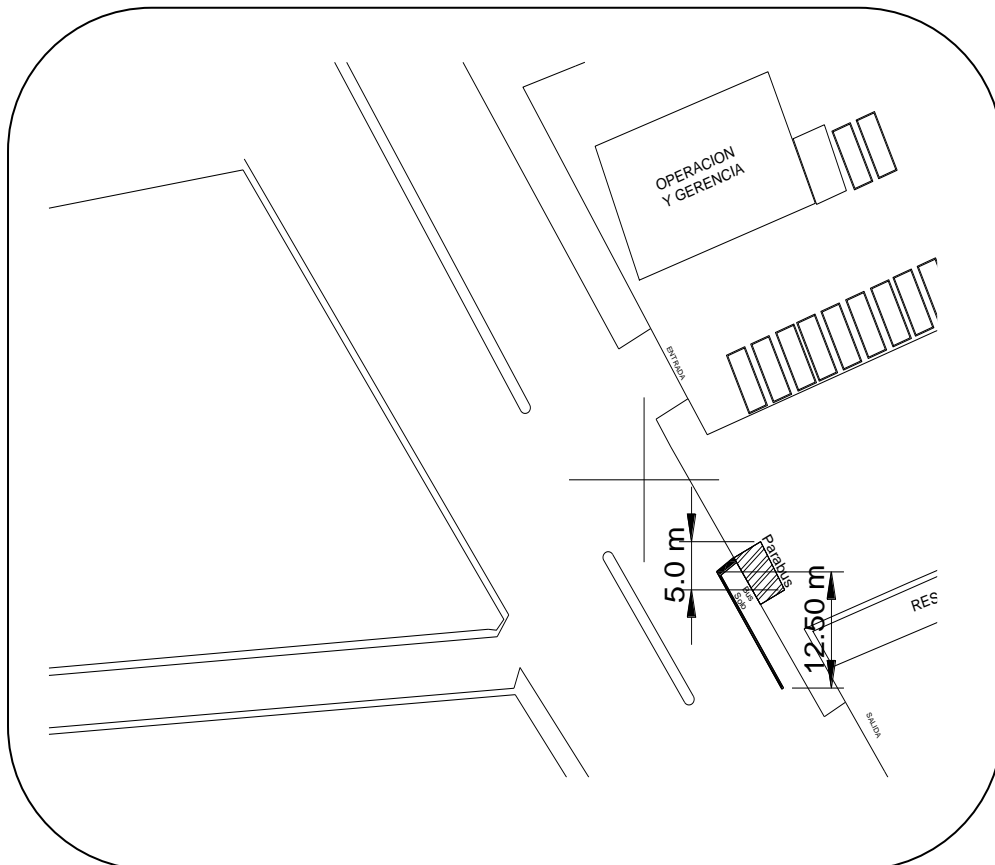


Elaboración propia con Auto CAD- Propuesta de parada 1 ubicada en Av. Puerto de Mazatlán sentido Norte-Sur

La primera parada se localizará en Av. Puerto de Mazatlán en sentido de Norte a Sur, está ocupará parte del carril para el libre descenso y para no interrumpir el libre tránsito de los demás vehículos, esto se llevará a cabo a través de la liberación de la vía. Es por ello que ubicar aquí está parada es estratégico ya que normalmente ubicar una parada a media cuadra tiene la mayor cantidad de atracción de usuarios por ende un mayor número de personas que abordan o descienden la unidad, esto también va a depender del horario el tipo de intersección y de los movimientos peatonales que tienen mayor afluencia, además que aseguren el ascenso y descenso desde el punto de vista de los usuarios para su óptimo abordaje a la unidad llevando a cabo una disminución del tiempo en cada parada. También es importante que la parada tenga las medidas como se muestra en el plano 2, diferente al color del pavimento para una mejor visión, además de la señalización vertical en el indicando la prohibición a vehículos no permitidos.

La segunda parada se localizará en Av. Puerto de Mazatlán en sentido de Sur a Norte, esta tendrá la principal función de recolectar la demanda de la Estación la Pastora, ya que será un transbordo, como se mencionó en el capítulo anterior una parte de los usuarios tienen otro destino por lo que se pretende que esta estación recolecte esa demanda para llevar a cabo el traslado del usuario a su destino final.

Ilustración 26. Plano 3- Parada 2- Av. Puerto de Mazatlán

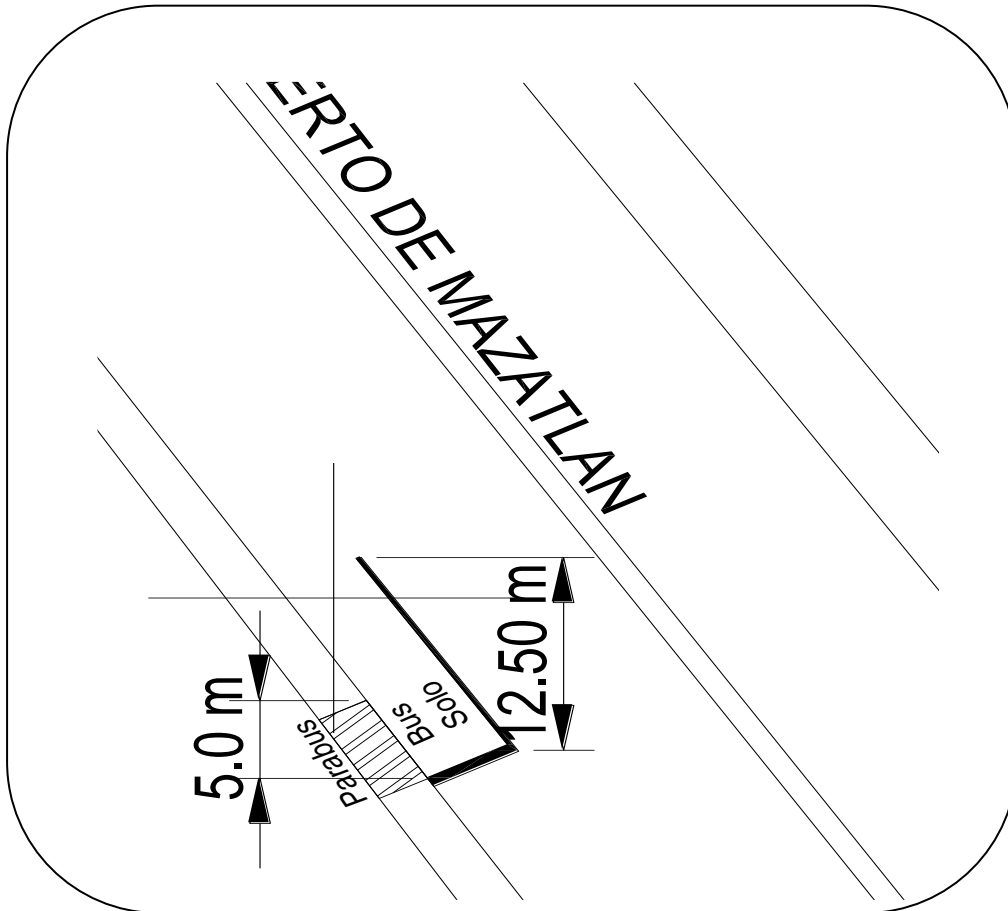


Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de parada 2 ubicada en Av. Puerto de Mazatlán sentido Sur-Norte

Las paradas tienen comúnmente un ascenso y descenso de personas que se ven influenciados en el tiempo requerido para efectuar la parada ya que se toma en cuenta si el usuario lleva equipaje de mano, el pago del sistema de transporte entre otros factores es por ello que la ubicación y el espacio geométrico son importantes para evitar la interrupción del tráfico y así llevar un flujo vehicular continuo minimizando las interrupciones, además que se vea reflejado en la seguridad del peatón al momento de abordar o descender la unidad.

La tercera parada se localizará en Av. Cuauhtémoc en sentido de Norte a Sur, será representada con marcas en el pavimento ya que las dimensiones geométricas de la vía impiden la colocación de una bahía que evite la interrupción del flujo vehicular y si esto ocurriera obstruiría el libre paso peatonal generando un acceso inadecuado.

Ilustración 27. Plano 4- Parada 3- Av. Cuauhtémoc



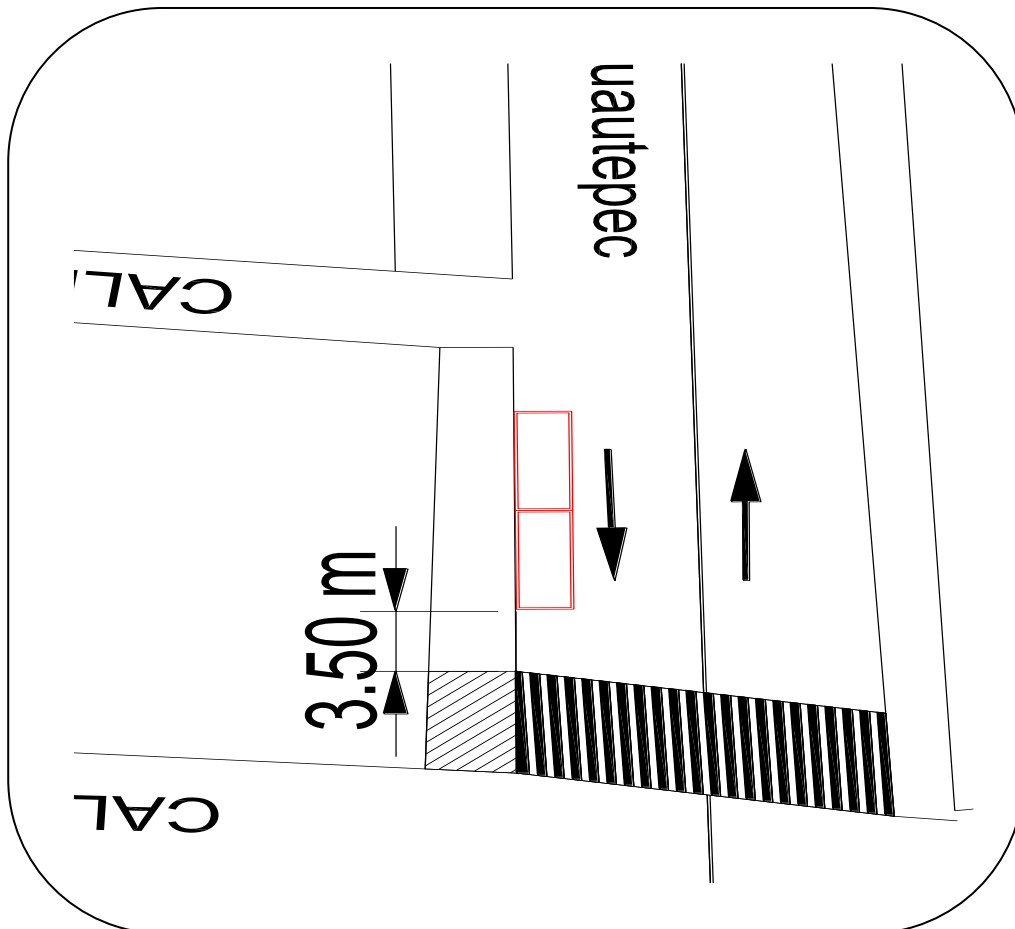
Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de parada 3 ubicada en Av. Cuauhtémoc

Como ya se mencionó anteriormente se pretende que el ascenso como descenso de peatones no afecte el libre tránsito, además que la parada es conocida por los usuarios por lo que no requiere información adicional solo nos mencionados, además de no afectar los carriles centrales. Una ubicación y distancia correcta trae beneficios a los usuarios ya que hay un ahorro de tiempo de transbordo de un sistema de transporte a otro, menor distancia de camino del usuario hacia la parada, además se debe enfatizar en la seguridad del descenso del usuario de los movimientos vehiculares.

3.3 Áreas y cajones de estacionamiento

Los estacionamientos en vía pública son zonas de libre acceso que se terminan afectando el funcionamiento de una red vial, es por eso que tener un control de estacionamiento es importante para desincentivar el uso del automóvil además de liberar las vías, los espacios de estacionamiento que se encuentran en la zona de estudio son en batería esto debido a la capacidad y dimensiones geométricas de la zona de estudio.

Ilustración 28.Plano 5- Áreas de estacionamiento



Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de cajones de estacionamiento ubicada en Av. Cuauhtémoc

Como lo indica el Manual de calles² la distancia mínima para poder estacionarse es de 3.50 después de un paso peatonal esto para no interrumpir la visibilidad del peatón y poder cruzar de manera segura la avenida.

² (ITDP, Manual de calles, Diseño vial para Ciudades Mexicanas, 2016)

3.4 Estaciones y terminales

Una estación se refiere a la infraestructura diseñada para el transbordo de usuarios de un sistema de transporte a otra en este caso sería de la Estación La Pastora donde se pueda realizar un libre ascenso y descenso de usuarios. Es por ello que se optó que en la Av. Puerto de Mazatlán se diseñaran para ambos sentidos paradas estratégicas para el intercambiando usuarios.

Esta estación será un a tractor y generador de viajes, es por ello que el tiempo en abordar otro medio de transporte es importante para el usuario ya que juega un papel fundamental dándole una ventaja al usuario en las horas de máxima demanda y esto no afecte los movimientos peatonales y vehicular.

En los planos realizados de la estación la Pastora muestra un acceso de usuarios, por eso la accesibilidad al momento de bordar otro sistema de transporte implica una ventaja fundamental para los usuarios.

3.5 Geometría de movimientos peatonales

Los movimientos peatonales se caracterizan por trasladarse por cuenta propia a su destino, esto se jerarquiza de acuerdo a la secretaria de movilidad tomando en cuenta la pirámide de movilidad, algunos de estos peatones no tienen la manera de desplazarse por cuenta propia ya que tienen una movilidad limitada , por eso es necesario enfocar un diseño vial pensado en darle prioridad a los peatones, es decir darle su espacio al peatón para que se pueda desplazar de una manera segura y rápida a su destino.

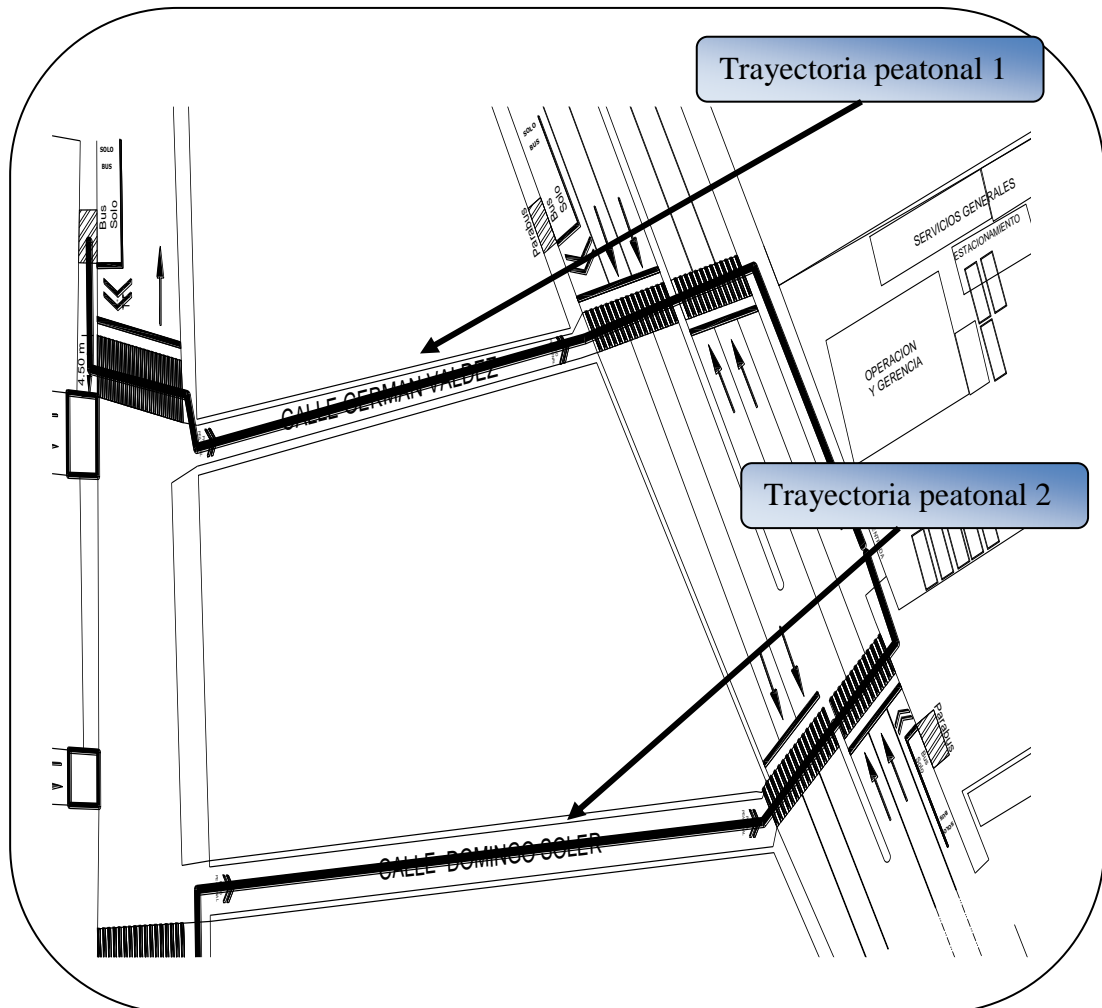
Al diseñar esta calle se pensó en que al momento de descender de la unidad los usuarios como lo son adultos mayores necesitan un mayor tiempo de traslado, algunos de estos usuarios también pueden traer carga con ellos, por lo que su espacio y tiempo en trasladarse aumenta, pensando en todos estos factores que influyen en la seguridad del peatón y tomando que la velocidad de un peatón depende de su capacidad motriz se pensó en tomar la calle Germán Valdez y Domingo Soler ya que tiene un libre acceso sin dificultades para los peatones con una longitud de 60 metros aproximadamente teniendo un tiempo de traslado óptimo para la estación La Pastora, está mejora de calle está pensada ya que tendría un alto flujo peatonal ya que estaría además señalizada como una solo acceso peatonal y se restringiría el acceso vehicular a excepción de los habitantes de las casas para asegurar la movilidad de los peatones, teniendo una ventaja ya que sería un acceso seguro con señalamiento preventivos indicando el libre acceso peatonal.

La fórmula que se utilizó para calcular el tiempo de traslado es la siguiente: $T = \frac{D}{V}$

Donde:

T-tiempo; D-distancia; V-velocidad promedio

Ilustración 29. Plano 6 - Movimientos peatonales



Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta trayectoria peatonal de la Av. Cuauhtémoc y Av. Puerto de Mazatlán

La primera trayectoria peatonal parte de la Av. Cuauhtémoc a Av. Puerto de Mazatlán línea roja (trayectoria peatonal 1) por la calle Germán Valdez:

$$T = 0.152 \text{ km} / (4 \text{ km/h}) = 0.0152 * 60 = \mathbf{2.28 \text{ min}}$$

Con esto se muestra que el tiempo de traslado de un medio de transporte a otro es de 2.28 minutos en promedio.

La segunda trayectoria peatonal es de la calle Av. Puerto de Mazatlán a Av. Cuauhtémoc línea azul claro (trayectoria peatonal 2) por la calle Domingo Soler:

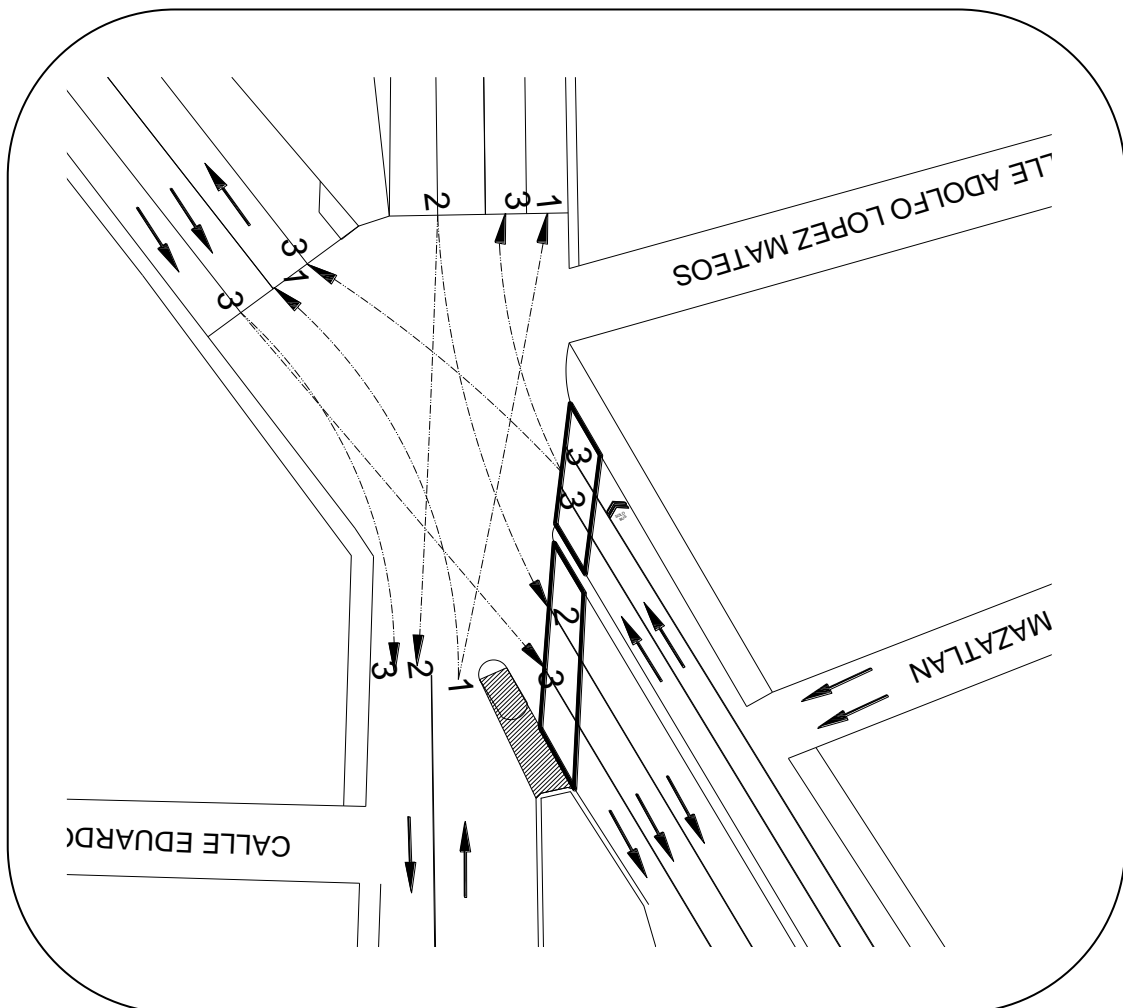
$$T = 0.136 \text{ km} / (4 \text{ km/h}) = 0.0136 * 60 = \mathbf{2.04 \text{ min}}$$

Con esto se muestra que el tiempo de traslado de un medio de transporte a otro es de unos dos minutos en promedio ya que solo es cuestión de atravesar la calle para tomar el sistema de transporte.

3.6 Geometría de movimientos vehiculares

Los movimientos vehiculares representan la principal capacidad de flujo de una intersección por lo que en el plano 27 se muestran los principales conflictos que se generan.

Ilustración 30. Plano 7- Movimientos vehiculares



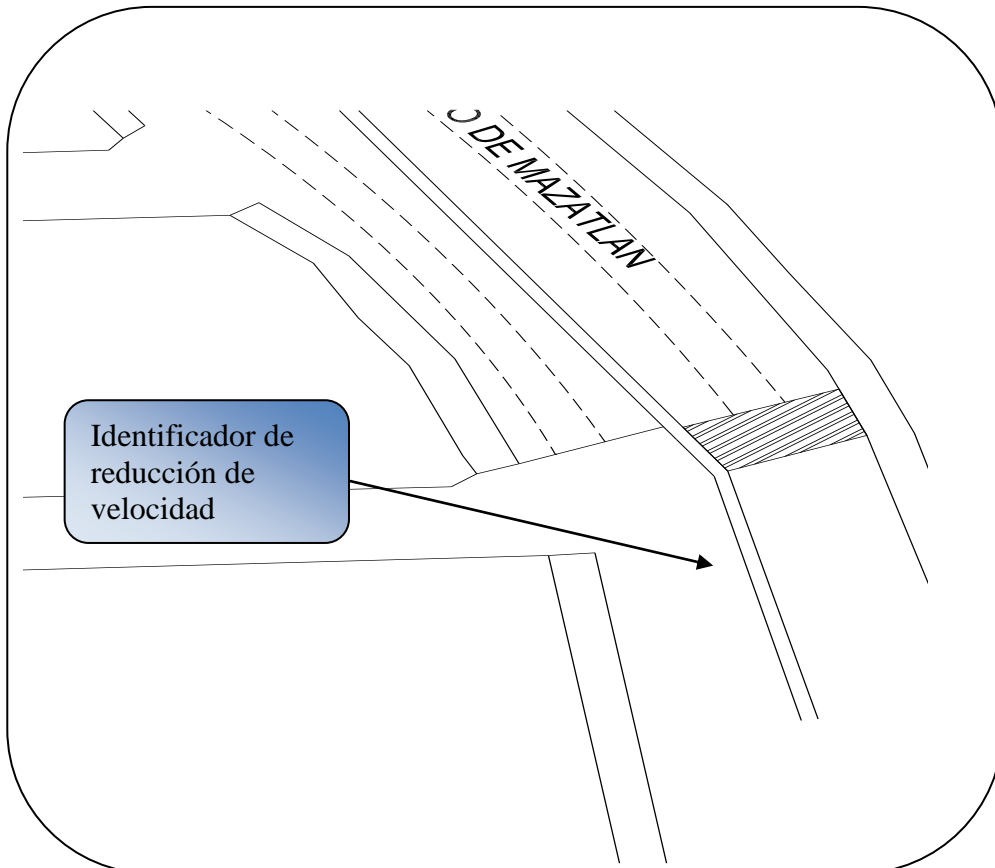
Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta trayectoria vehicular de la Av. Cuauhtemoc, Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita

Como se muestra en el plano existen diferentes trayectoria que están reguladas a través de semáforos, por lo que se genera un orden en cada una de las fases de los movimientos vehiculares, además se muestran los puntos de conflicto, por ello la implementación de raya de alto indicando el espacio a detenerse al automóvil para dar tiempo de cruzar al automovilista, cabe mencionar que esto no es un indicador de paso peatonal ya que las fases del semáforo no permiten un cruzamiento correcto para el peatón.

3.7 Rediseño vial

En la Av. Puerto de Mazatlán cuenta con tres carriles de los cuales uno está ocupado por vehículos estacionados, los dos restantes son de circulación libre, por lo que la colocación de identificadores de reductores de velocidad es un factor importante ya que no solo transitan vehículos particulares, transporte público sino también de carga lo que implica un riesgo para el peatón por lo que la implementación de identificadores de velocidad se estaría advirtiendo con la presencia de un dispositivo para el control de velocidad.

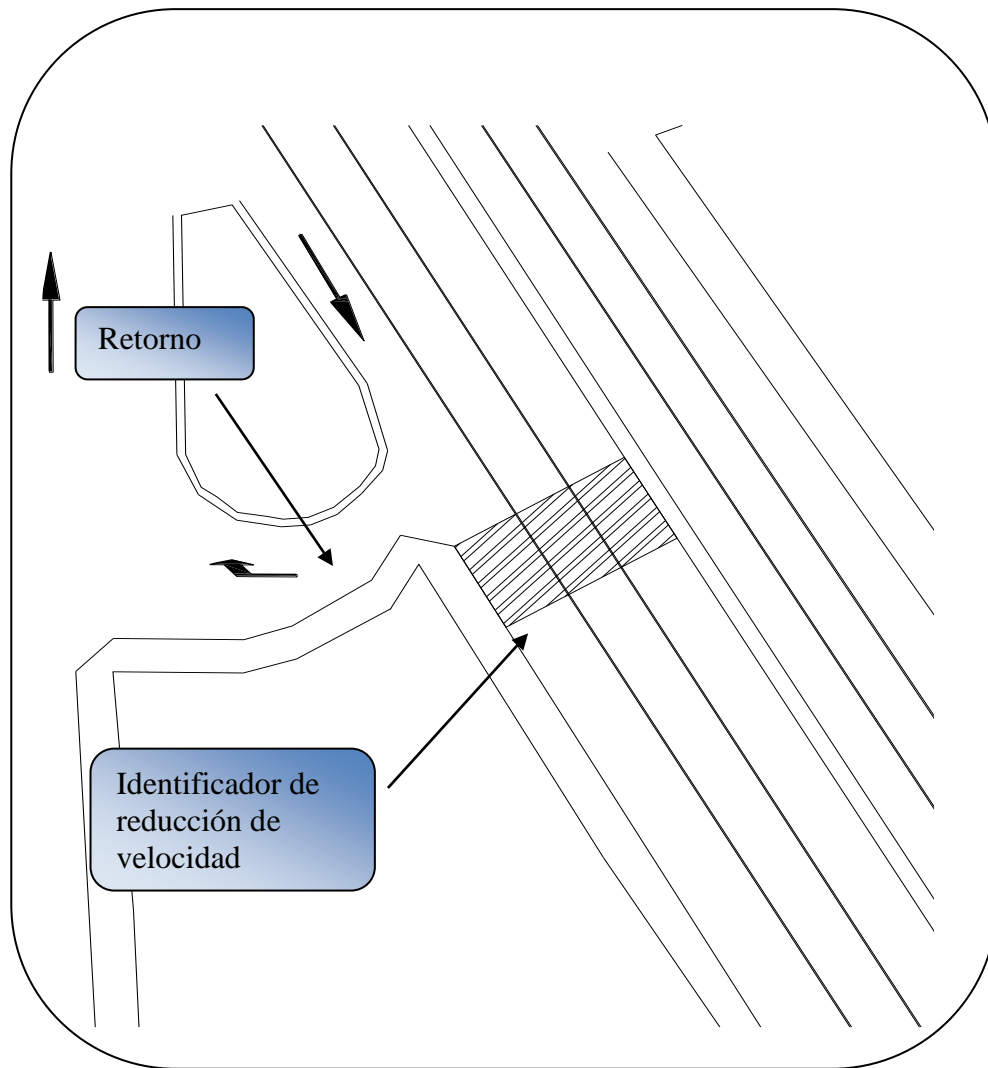
Ilustración 31.Plano 8 - Identificadores de velocidad



Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de identificadores de velocidad en la Av. Puerto de Mazatlán sentido Sur-Norte

El reductor de velocidad propuesto en la Av. Puerto de Mazatlán en sentido de Norte - Sur tiene la misma función que el mencionado anteriormente, pero este se encuentra en un retorno a la derecha por lo que la disminución de la velocidad debe estar indicada por los dos carriles centrales para evitar cualquier accidente ya que este retorno está muy pegado a la intersección.

Ilustración 32.Plano 9-Reductor de velocidad sentido



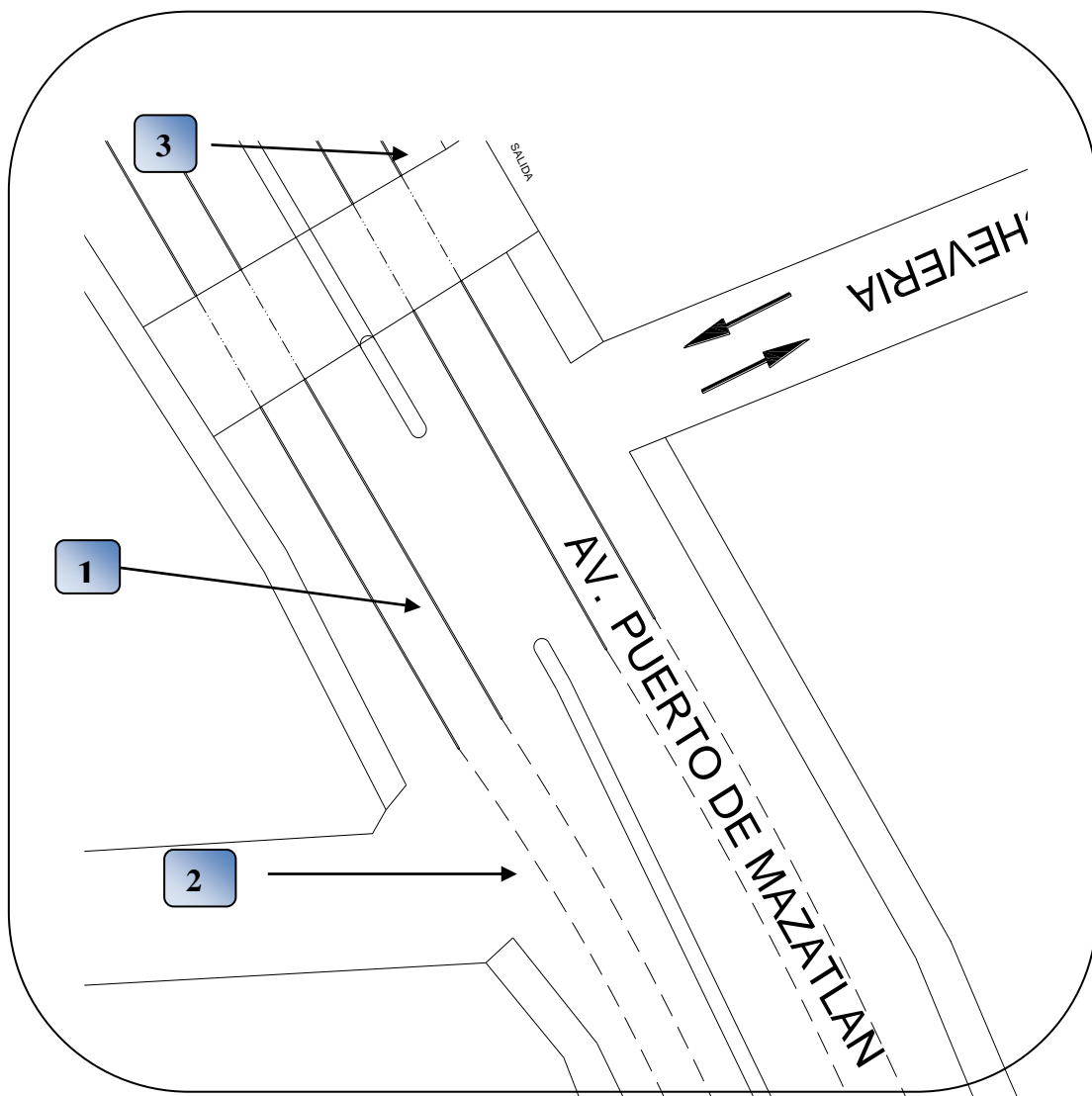
Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de identificadores de velocidad en la Av. Puerto de Mazatlán sentido Norte-Sur

El punto 1 indica una raya separadora de sentidos de circulación continúa indicando a los usuarios la delimitación de carriles en el mismo sentido de circulación, cuando no se permite el cambio de carril con base en el reglamento de tránsito.

El punto 2 indica una raya discontinua separadora de carriles indicando a los automovilistas la posibilidad de rebase de carril esto debido a que la zona de alto flujo peatonal se encuentra aún lejos por ello la posibilidad de rebase de carril indicado en el reglamento de tránsito.

El punto 3 indica una continuidad de línea para que el automovilista no pierda la orientación de su carril de circulación y mantenga su línea de dirección.

Ilustración 33. Plano 10- Rediseño vial

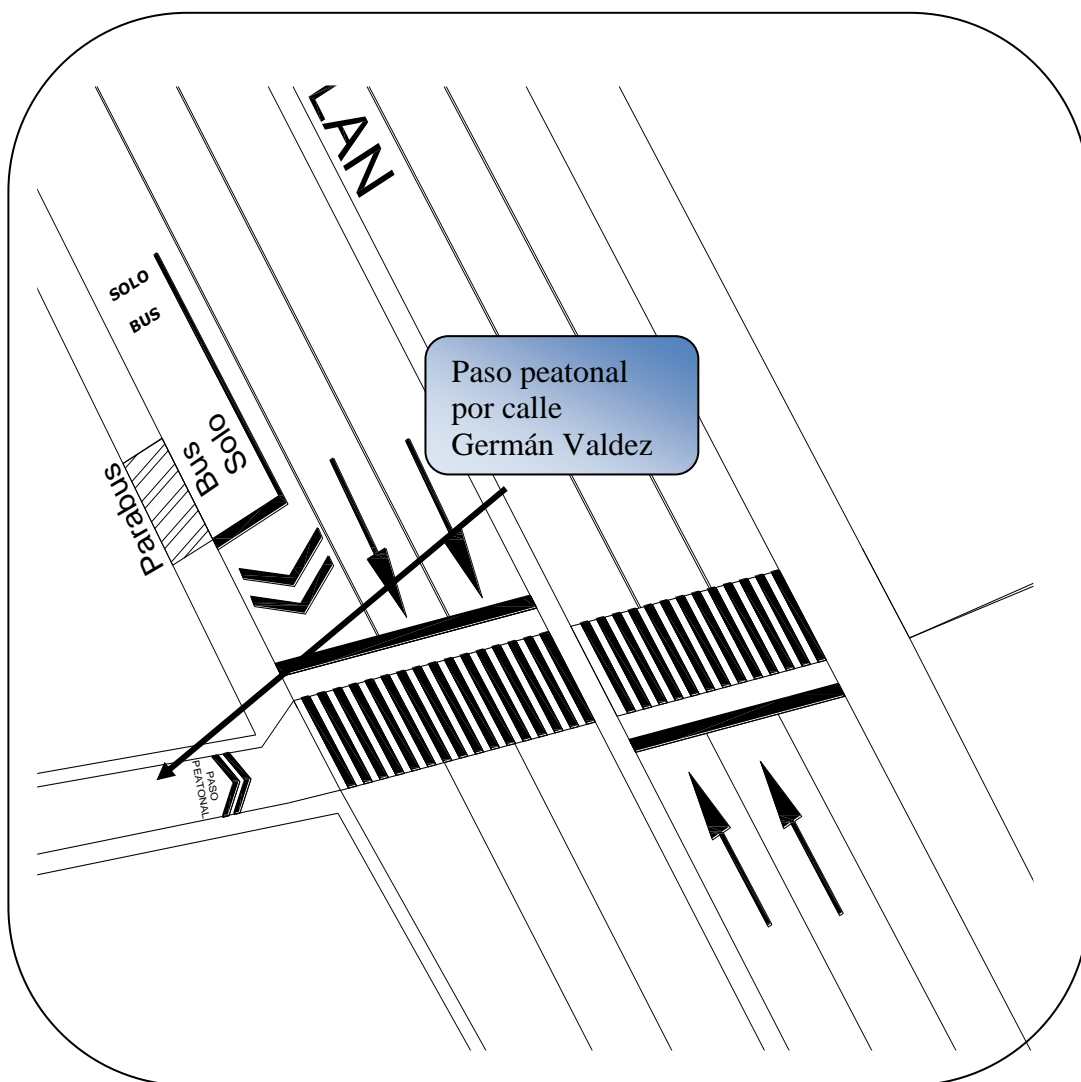


Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de rediseño vial en la Av. Puerto de Mazatlán

Las rayas de cruce de peatones (cebras) indican al usuario la delimitación de las áreas de circulación para el tránsito peatonal dentro de un avenida o intersección, estas son pintadas en el pavimento cuando se encuentra una afluencia peatonal considerable, siendo este el caso ya que se estima una mayor movilidad de la que actualmente se encuentra en la zona de estudio.

Las flechas que indican el sentido de circulación son importantes darles un mantenimiento continuo ya que son una referencia de sentido de carril para el automovilista, así como al peatón.

Ilustración 34. Plano 11- Pasos peatonales

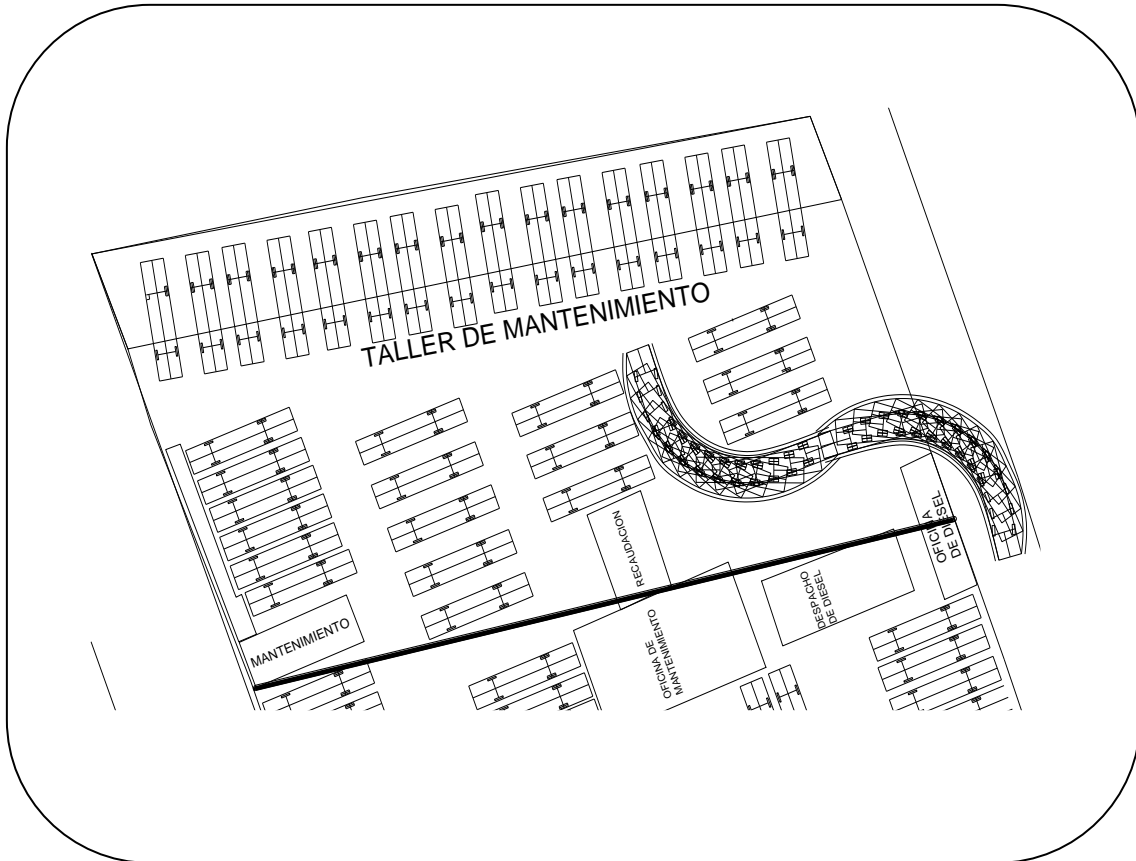


Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de rediseño vial de Pasos peatonales en la Av. Puerto de Mazatlán

3.8 Maximización de las áreas de trabajo

Las áreas de trabajo que se localizan en el módulo de la Red de Transporte de la Ciudad de México van a ser afectadas por la infraestructura de la Estación La Pastora de la Línea 1 del Cablebús, de ahí la importancia de distribuir el espacio restante para la distribución de los movimientos vehiculares dentro del área asegurando la seguridad.

Ilustración 35.Plano12- Áreas de trabajo



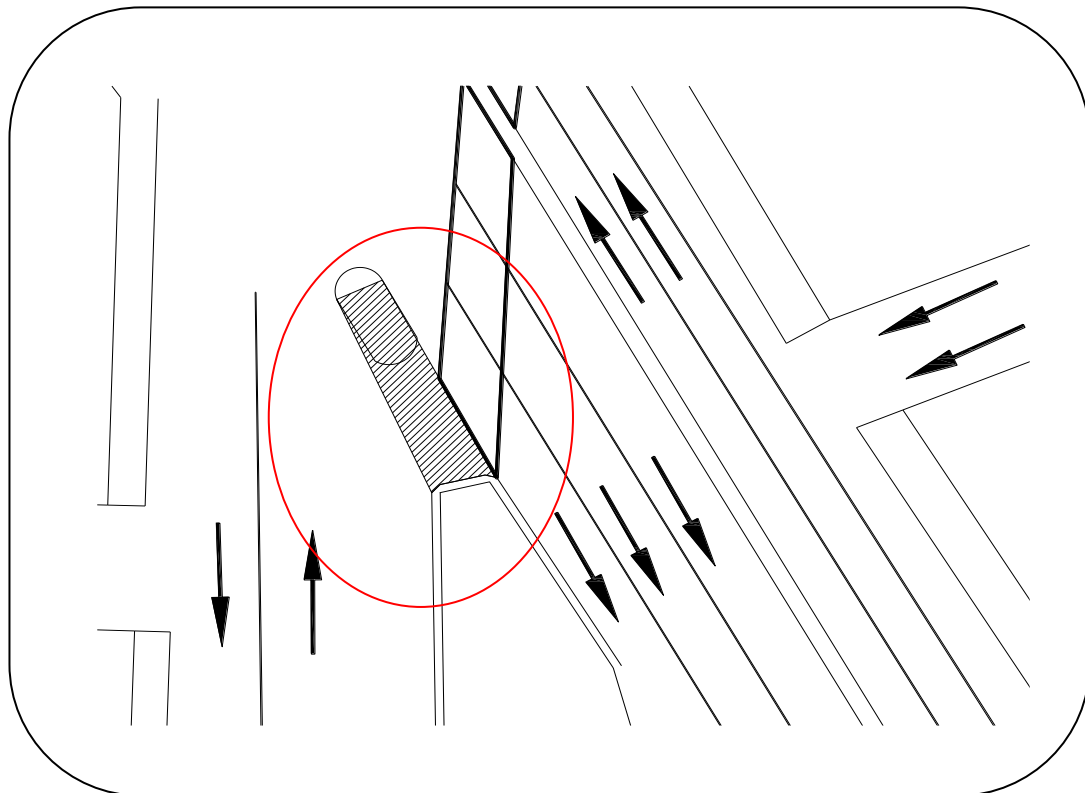
Elaboración propia con Auto CAD - Maximización de las áreas de trabajo

Como se muestra en el plano 12 la necesidad de maximizar las áreas para poder tener un espacio accesible ya que como se mencionó anteriormente conforme a la investigación solo se tendrá esta parte para RTP y solo se utilizará como área de mantenimiento para la reparación o espera de refacciones para las unidades, por lo que los mecánicos asignados a la reparación de cada unidad tendrán un tiempo para la reparación de la unidad y esta pueda salir a ruta una vez reparada.

3.9 Rediseño geométrico

Actualmente en la intersección se localiza un tramo entre la Av. Cuauhtémoc y Av. Puerto de Mazatlán, que en su esquina se encuentra un tramo incompleto de acotamiento lo que afecta la visibilidad y seguridad del automovilista además que esta se encuentra con una varilla a la vista, por lo que la propuesta es cambiar el diseño geométrico del acotamiento para darle una mejor estructura a la vía como se muestra en plano 13.

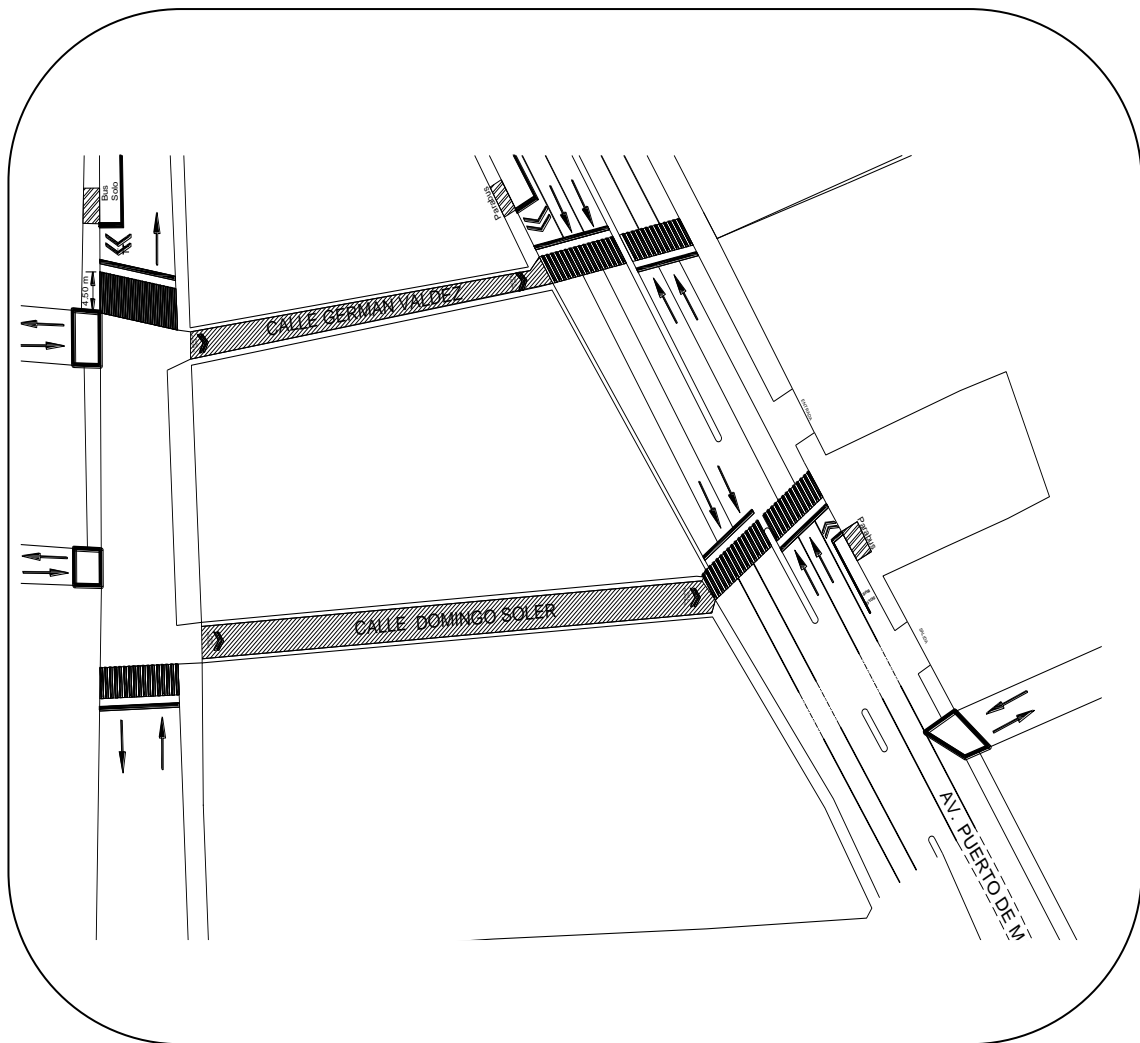
Ilustración 36. Plano 13- Rediseño geométrico



Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de rediseño vial en la Av. Puerto de Mazatlán

Como se mencionó anteriormente la implementación de una parada en la Av. Cuauhtepéc necesita un tramo que dé seguridad a los peatones al momento del traslado de cambio de medio de transporte por lo que la propuesta de implementar la calle Germán Valdez como un paso exclusivo peatonal mejorando el acceso y movilidad de los peatones contribuiría a reducir el tiempo de cambio de medio de transporte.

Ilustración 37.Plano 14- Paso exclusivo peatonal



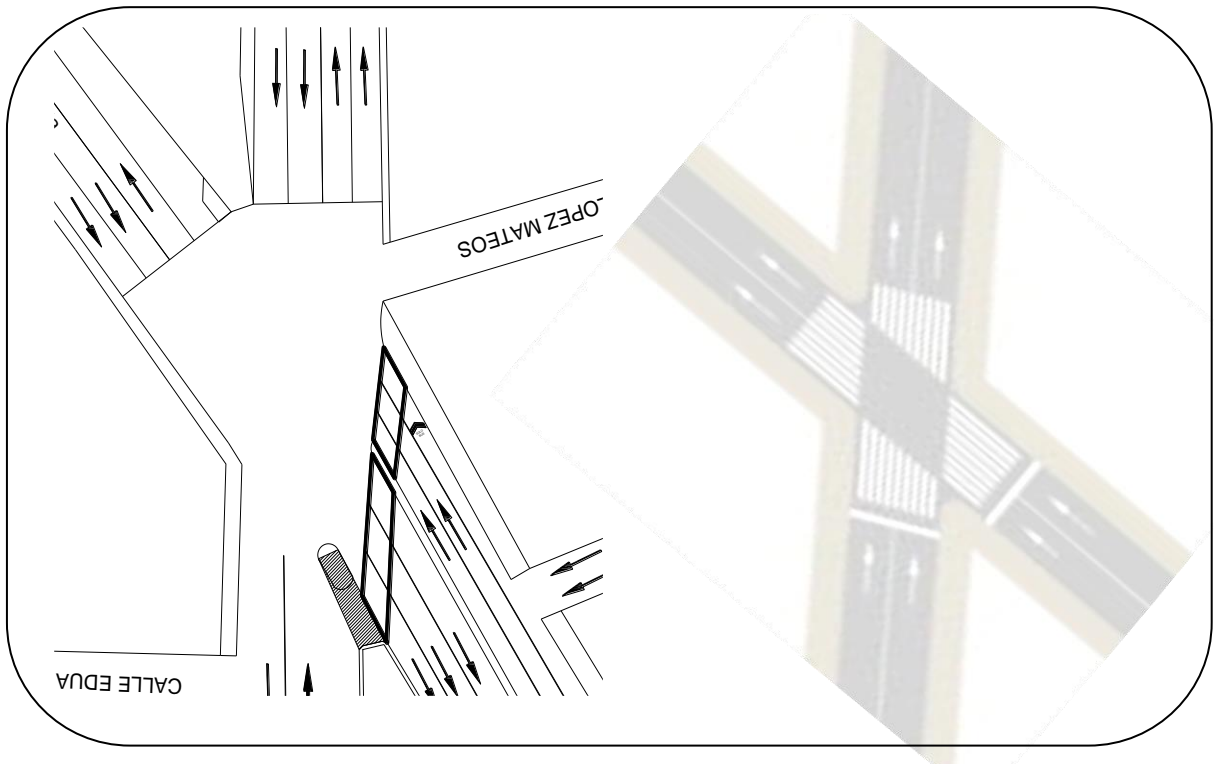
Elaboración propia con Auto CAD - Propuesta de paso exclusivo en la calle Germán Valdez

3.10 Elementos incidentes en la seguridad

La tipología de las intersecciones depende de la intersección que se tenga, en este caso se tiene un tipo de intersección en equis de cuatro ramales lo que implica que se deben tener mayores elementos que inciden en la seguridad como lo son:

- Semáforos vehiculares
- Semáforos peatonales
- Señalamientos preventivos
- Señalamientos restrictivos
- Señalamientos informativos

Ilustración 38. Tipo de intersección



Elaboración propia con Auto CAD - Intersección tipo T de 4 ramales

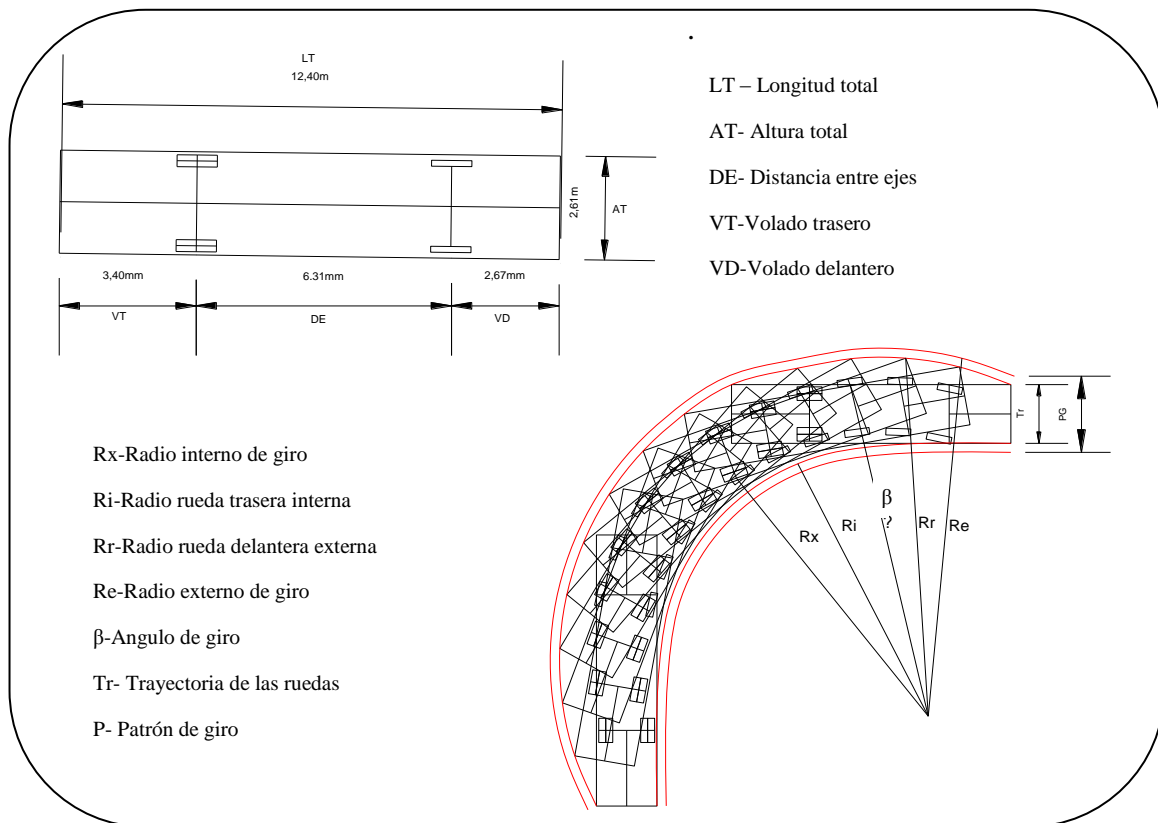
Por lo que es importante tener señalamientos como lo son de límites de velocidad para crear un ambiente seguro entre el peatón y el automovilista, también es importante la señalización peatonal se tengan cebras peatonales visibles, los señalamientos horizontales tengan un mantenimiento ya que como se ha mostrado anteriormente se modificará la geometría vial para que mejore la seguridad.

Se pretende que la propuesta de modificación del diseño geométrico de la zona de estudio mejore la seguridad a través de ganar espacio para el peatón, colocando reductores de velocidad, rampas a nivel de banqueta como lo son las estrías y señalamientos correctos para la zona de estudio.

3.11 Radio de giro

Los movimientos de un autobús representan puntos críticos ya que hay puntos no visibles para el operador de la unidad, es por eso que las características que tiene la unidad se puede calcular el radio dependiendo de las dimensiones de la unidad, además que los autobuses regulares tienen dos ejes y su capacidad máxima de pasajeros es de 90, se puede determinar el radio de giro necesario para la unidad de transporte público

Ilustración 39. Características del Radio de giro



Elaboración propia con Auto CAD – Radio de giro

Estas dimensiones son básicas para el cálculo de radio de giro ya que determinan de una manera precisa el espacio necesario para que la unidad pueda girar sin ningún impedimento. Como se mostró anterior mente el radio de giro de la unidad es la adecuada ya que permite una vuelta sin impedimentos por parte de la vía.

3.12 Alineamiento horizontal y vertical

El alineamiento estará compuesto con base en la composición vehicular y el determinado ancho de la vía, es decir con la modificación o intervención del diseño geométrico a través de propuestas del diseño geométrico.

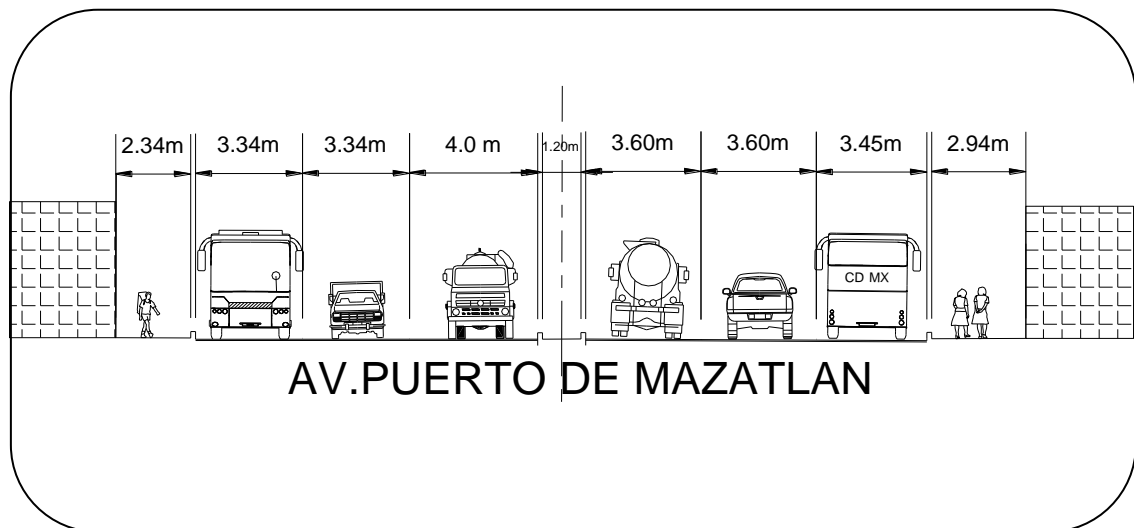
3.13 Parámetros de dimensionamiento

El dimensionamiento está compuesto del diseño vial, propuesto en el cual las vías se liberan del espacio obstruido por los vehículos estacionados en la vía pública así la redistribución del espacio vial con lineamientos para el beneficio de los usuarios y así mejorando la movilidad y accesibilidad de la zona de estudio.

3.14 Diseño geométrico transversal

La avenida Puerto de Mazatlán está compuesta por tres carriles en ambos sentidos, la propuesta es colocar el carril lateral para el uso de transporte público en el tramo de la Av. Puerto de Mazatlán, como se muestra en la ilustración 37.

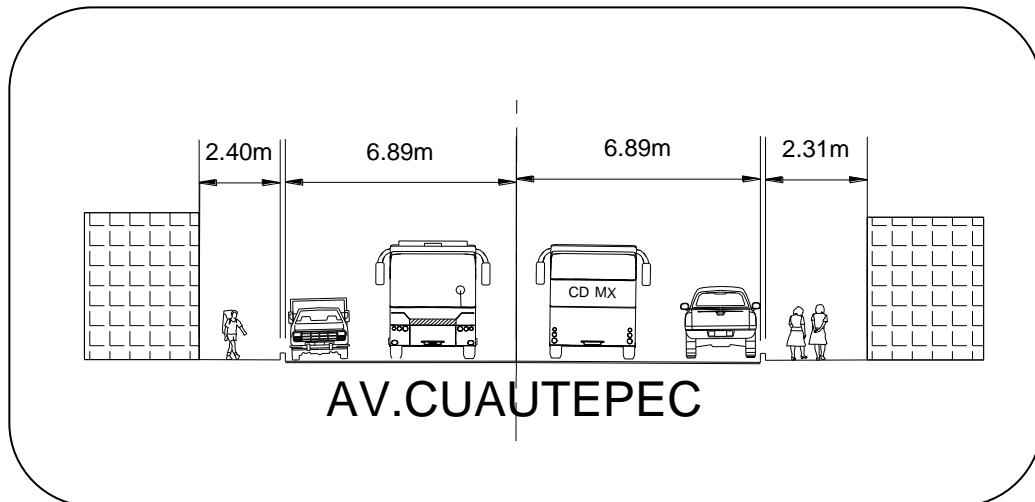
Ilustración 40. Sección transversal



Elaboración propia con Auto CAD - Sección transversal propuesta

La Av. Cuauhtémoc cuenta con dos carriles en ambos sentidos del lado derecho se encuentra una parada de descenso de peatones, lo cual la propuesta es liberar estos espacios ocupados por vehículos estacionados en vía pública para no interrumpir y liberar el flujo vehicular.

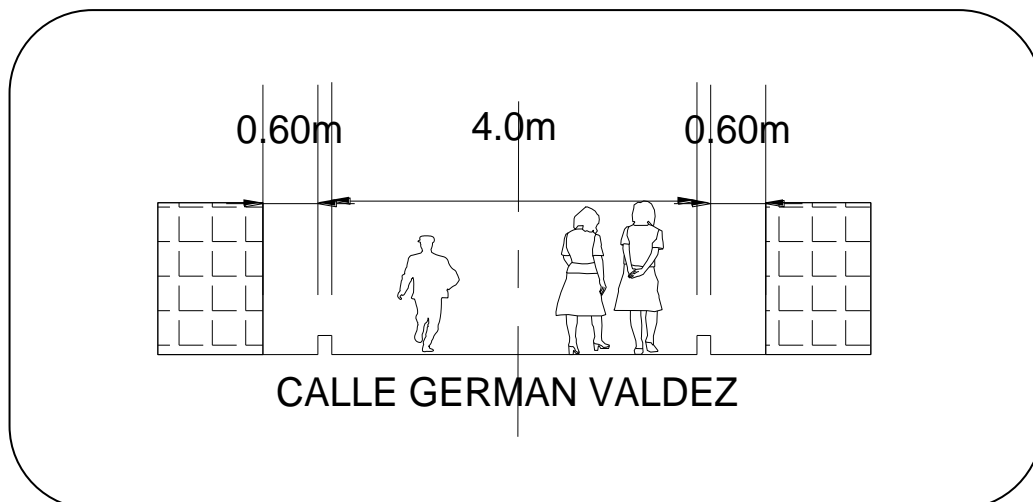
Ilustración 41. Sección transversal



Elaboración propia con Auto CAD - Sección transversal propuesta

Además, se propone que la calle Germán Valdez sea peatonal para el paso libre de los peatones que vayan a abordar la Estación ya que como indica el Manual de Calles de la Ciudad de México y la pirámide de movilidad para dar prioridad al peatón al momento de su recorrido debe tener un libre paso y acceso que no interrumpa su movilidad al momento de realizar su traslado.

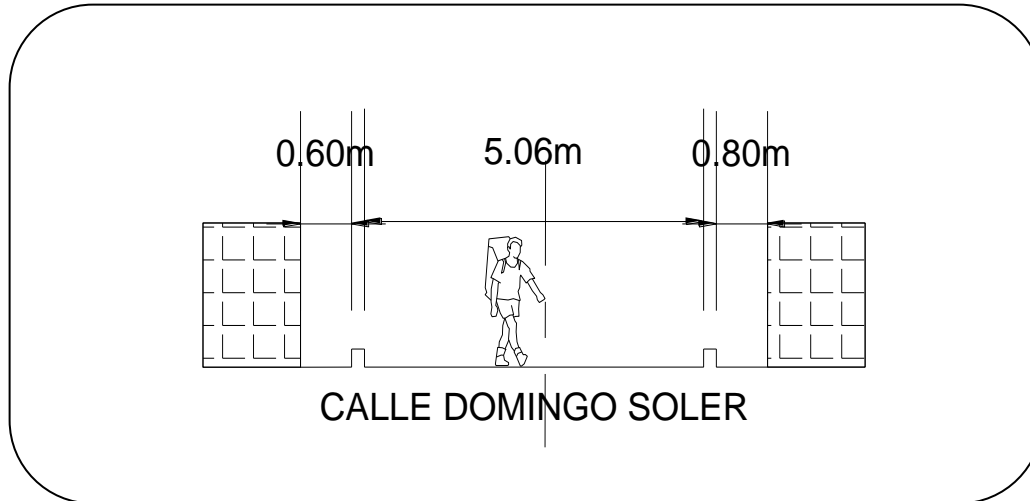
Ilustración 42. Calle Germán Valdez



Elaboración propia con Auto CAD - Sección transversal propuesta

También la propuesta de que la calle Domingo Soler sea peatonal para el tránsito peatonal cruce de manera segura de la Av. Cuauhtemoc hacia Av. Puerto de Mazatlán es una propuesta del diseño geométrico como se muestra en la ilustración 40.

Ilustración 43. Calle Domingo Soler



Elaboración propia con Auto CAD - Sección transversal propuesta

Estas secciones transversales son importantes para el diseño geométrico ya que representan de una forma más realista la imagen que se le quiere dar a transmitir al peatón al momento de realizar un diseño geométrico de los componentes físicos de la calle o avenida.

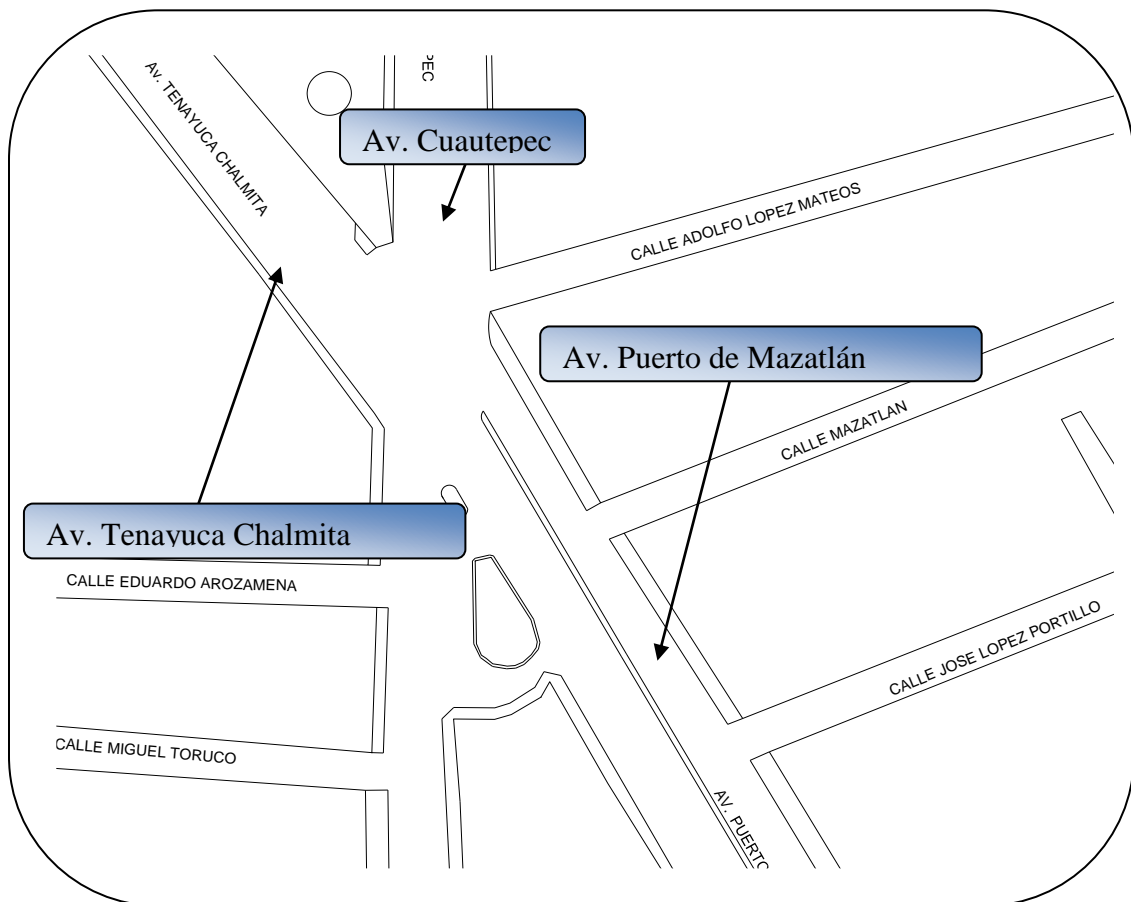
La propuesta de llevar a cabo una sección transversal que represente la geometría de una calle o vialidad, mostrar cómo sería la implementación, en este caso las dos últimas secciones trasversales propuestas son para dar paso a la calle peatonal sin bloquear el paso de los habitantes de las casas, esto para proporcionar un flujo peatonal libre y evitar puntos de conflicto entre peatones y vehículos.

4. CAPÍTULO IV- ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO

4.1 Análisis del tránsito

Una intersección se define como el cruce de dos o más vialidades, actualmente la intersección Avenida Tenayuca Chalmita/Av. Puerto de Mazatlán y Avenida Cuatepec y con base en el manual de calles la intersección es de tipo equis, lo que implica que los vehículos aumenten su velocidad, provocando la inseguridad del peatón y por ende provocando accidentes viales debido a la naturaleza del diseño de la vía.

Ilustración 44. Intersección tipo Equis.

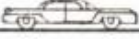
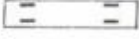
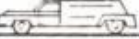













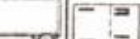



Elaboración propia con Auto CAD – Ubicado en la Colonia Pastora

Este tipo de intersección permite ampliar las banquetas, reducir la velocidad vehicular por ello la propuesta de un diseño geométrico con reductores de velocidad, señalamientos horizontales y verticales son elementos importantes para la seguridad del peatón y la modificación de la estructura geométrica de la vialidad.

El análisis del tránsito de vehículos que circulan por la intersección está compuesto por vehículos de transporte público, vehículos pesados, vehículos particulares principalmente, estos se clasifican en:

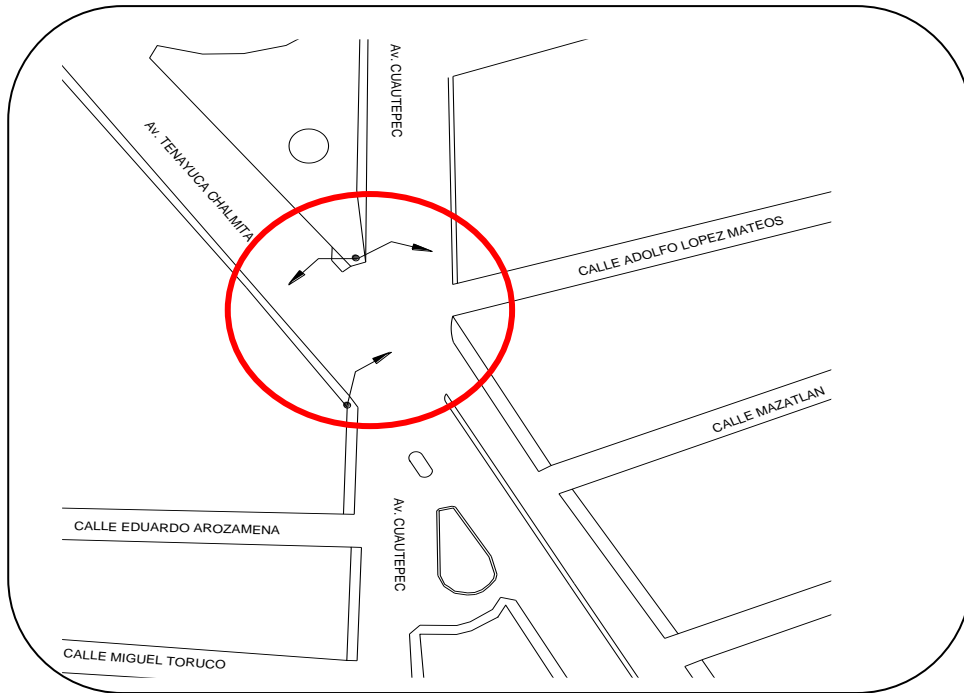
Ilustración 45. Clasificación vehicular

TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS	
		PERFIL	PLANTA				
VEHICULOS LIGEROS	2			Ap	—	46	58
				Ac		12	
	2			B		12	
VEHICULOS PESADOS	2			C2	73		
				C3			
	3			T2-S1	13		
VEHICULOS CAMIONES	4			T2-S2	7	100	30
				T3-S2			
	5			T2-S1-R2	7		
		OTRAS COMBINACIONES					
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES		VARIABLE	E _n n = variable	VARIABLE		
	MAQUINARIA AGRICOLA						
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS						
	OTROS						

Fuente –Manual de Carreteras de las Secretaria de Comunicaciones y Transportes

Actualmente la intersección tiene un mecanismo de control de semaforización estática lo que quiere decir que no varían de acuerdo a la hora del día o de acuerdo al cambio de flujo vehicular o peatonal.

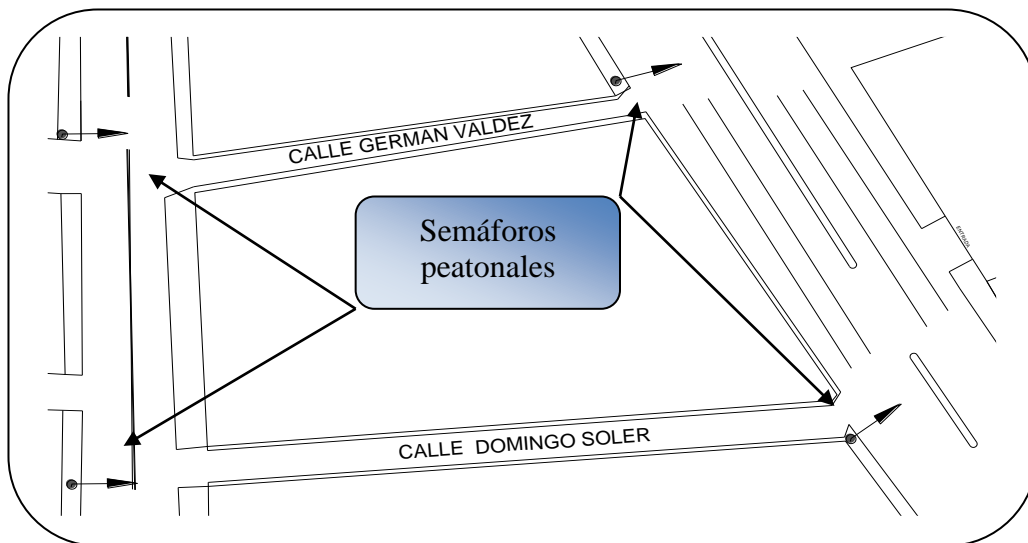
Ilustración 46. Semaforos vehiculares actuales



Elaboración propia con Auto CAD – Ubicado en la Colonia Pastora

La propuesta es colocar semáforos peatonales que regulen el tránsito, estos colocados en la Av. Puerto de Mazatlán y Av. Cuauhtepéc como se muestra en la ilustración 44.

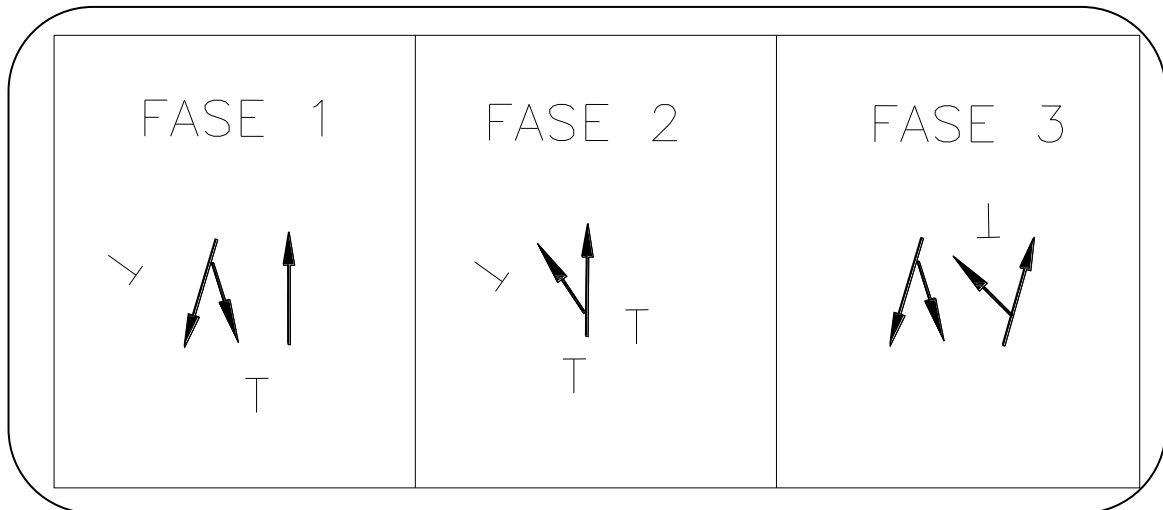
Ilustración 47. Propuesta de semáforos peatonales



Elaboración propia con Auto CAD – Ubicado en la Colonia Pastora, propuesta de semáforos

Si bien la intersección cuenta con semáforos vehiculares, se determinó que la intersección Avenida Tenayuca Chalmita/Av. Puerto de Mazatlán y Avenida Cuauhtemoc consta de 3 fases, la primera fase es de Sur-Norte, la segunda fase es de Norte-Sur y la tercera fase es de Norte-Sur y viceversa como se muestra en la Ilustración 45.

Ilustración 48. Fases del semáforo



Elaboración propia con Auto CAD – Fases del semáforo zona de estudio

La intersección muestra el flujo de vehículos que pasan durante el periodo de una hora en el cual se muestra el porcentaje tanto de vehículos, autobuses y camiones en la intersección, además de las dimensiones de las vialidades, así como el número de carriles de cada vialidad.

Al momento de realizar el aforo vehicular se determinó que la primera fase del semáforo tiene un tiempo de duración 35 segundos, la segunda fase del semáforo tiene un tiempo de duración de 31 segundos, mientras que la tercera fase y como se muestra en la ilustración 45 tiene un tiempo de duración de 42 segundos en promedio, cabe mencionar que estos tiempos de semáforo fueron medidos en tiempo real en campo.

4.2 Toma de aforos

La toma de aforos que se realizó fue de 8:00 de la mañana a las 20:00 para determinar el volumen del tránsito y la composición vehicular de la intersección, durante un periodo de 24 horas esto para tener un volumen de vehículos mayor y más preciso para la realización de las gráficas de composición vehicular y así determinar el periodo de máxima demanda de la zona d estudio.

4.3 Volumen del tránsito

Para la primera fase del semáforo se ubica en la Av. Cuauhtémoc, se tomaron los datos de la tabla 1 en el que se calculó el volumen horario de máxima demanda (VHMD) con la siguiente fórmula:

$$VHMD=Q1+Q2+Q3+Qn...+...$$

Donde:

$$VHMD= 418+433+383+410=1,644 \text{ vehículos mixtos /hora}$$

Donde se encontró que para la primera fase el volumen de hora de máxima demanda es de 1,644 vehículos mixtos /hora. Con lo que se determinó que el volumen máximo en el periodo de 8:15 a 8:30 con un valor de 433 vehículos mixtos. Además, se determinó el FHMD (factor de hora de máxima demanda), donde q es el flujo máximo y N es el número de periodos durante una hora con la siguiente fórmula:

$$FHMD=\frac{VHMD}{N(qmax)}$$

Donde:

$$FHMD=\frac{1,644}{4(433)} = 0.95$$

Con lo que se obtuvo que el factor de hora de máxima demanda es de 0.95, lo que indica que el paso de vehículos tiene una demora de 25.1 y 40.0 segundos por vehículo³.

Es importante aclarar que no necesariamente significa que pasen exactamente 1,644 vehículos mixtos /hora en este periodo ya que esto también depende del día de la semana en el que se realiza el aforo, pero sí da una amplia visión de cómo se comporta el flujo de vehículos en ese periodo de tiempo, indicando que es una intersección comúnmente transitada durante todo el transcurso del día.

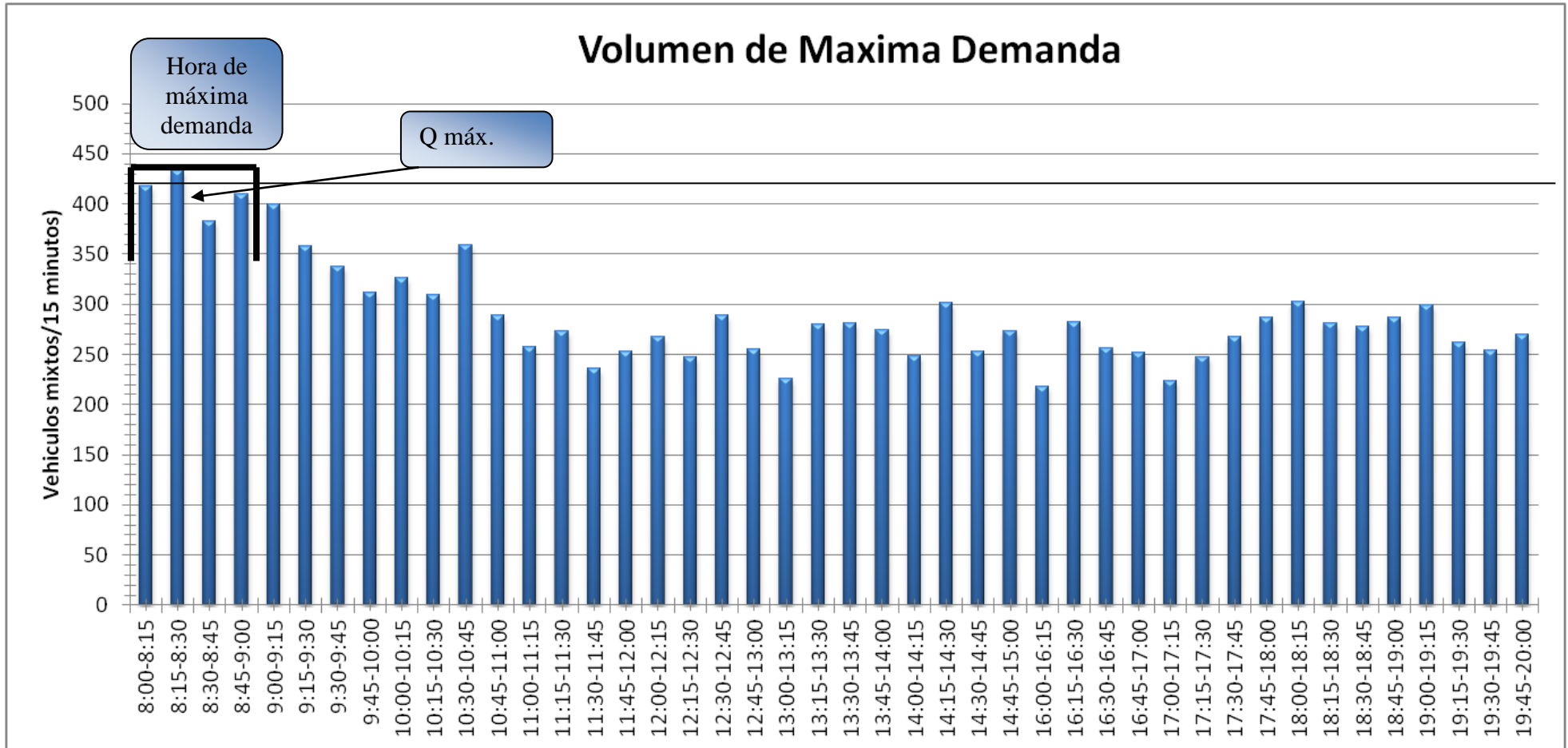
³Mayor, R. C. (2008). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. México D.F.: Alfaomega, pag 382.

Tabla 3.VHMD Primera fase

PERIODO	Volumen de 15 min Vehículos ligeros	Volumen de 15 min Autobús	Volumen de 15 min camiones	Volumen TOTAL de 15 min
8:00-8:15	387	23	8	418
8:15-8:30	406	17	10	433
8:30-8:45	346	24	13	383
8:45-9:00	380	19	11	410
9:00-9:15	371	22	6	399
9:15-9:30	327	24	7	358
9:30-9:45	313	17	7	337
9:45-10:00	285	18	9	312
10:00-10:15	300	17	9	326
10:15-10:30	281	16	12	309
10:30-10:45	329	20	10	359
10:45-11:00	270	13	6	289
11:00-11:15	231	19	7	257
11:15-11:30	251	17	5	273
11:30-11:45	211	17	8	236
11:45-12:00	223	21	9	253
12:00-12:15	244	15	9	268
12:15-12:30	222	16	9	247
12:30-12:45	264	15	10	289
12:45-13:00	231	18	6	255
13:00-13:15	197	22	7	226
13:15-13:30	249	18	13	280
13:30-13:45	255	19	7	281
13:45-14:00	256	9	9	274
14:00-14:15	219	18	11	248
14:15-14:30	276	19	6	301
14:30-14:45	223	18	12	253
14:45-15:00	249	15	9	273
16:00-16:15	189	19	10	218
16:15-16:30	259	13	10	282
16:30-16:45	230	18	8	256
16:45-17:00	225	20	7	252
17:00-17:15	199	16	9	224
17:15-17:30	226	15	6	247
17:30-17:45	236	19	12	267
17:45-18:00	249	22	16	287
18:00-18:15	269	20	13	302
18:15-18:30	256	15	10	281
18:30-18:45	250	18	10	278
18:45-19:00	259	21	7	287
19:00-19:15	271	16	12	299
19:15-19:30	238	16	8	262
19:30-19:45	228	16	10	254
19:45-20:00	241	16	13	270
TOTALES	11621	786	406	12813

Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

Ilustración 49. Volumen de hora de máxima demanda primera fase



Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda durante periodo de 15 minutos

Para la segunda fase del semáforo se ubica en Av. Puerto de Mazatlán, se tomaron los datos de la tabla 2 en el que se calculó el volumen horario de máxima demanda (VHMD) con la siguiente fórmula:

$$VHMD=Q1+Q2+Q3+Qn...+...$$

Donde:

$$VHMD= 235+232+237+241= \mathbf{945 \text{ vehículos mixtos /hora}}$$

Donde se encontró que para la segunda fase el volumen de hora de máxima demanda es de 945 vehículos mixtos /hora. Con lo que se determinó que el volumen máximo en el periodo de 17:45 a 19:00 con un valor de 244 vehículos mixtos. Además, se determinó el FHMD (factor de hora de máxima demanda), donde q es el flujo máximo y N es el número de periodos durante una hora con la siguiente fórmula:

$$FHMD=\frac{VHMD}{N (qmax)}$$

Donde:

$$FHMD=\frac{945}{4(241)} = \mathbf{0.97}$$

Con lo que se obtuvo que el factor de hora de máxima demanda es de 0.98, lo que indica que el paso de vehículos tiene una demora de 40.5 y 60.0 segundos por vehículo.⁴

Esto indica que esta fase se considera aceptable pero dentro de un límite considerado, alto en demoras ya que como se mostró en la tabla 2 en la Av. Puerto de Mazatlán es muy concurrida, aunque presenta 3 carriles la alta demanda de flujo vehicular la supera en las horas de mayor demanda.

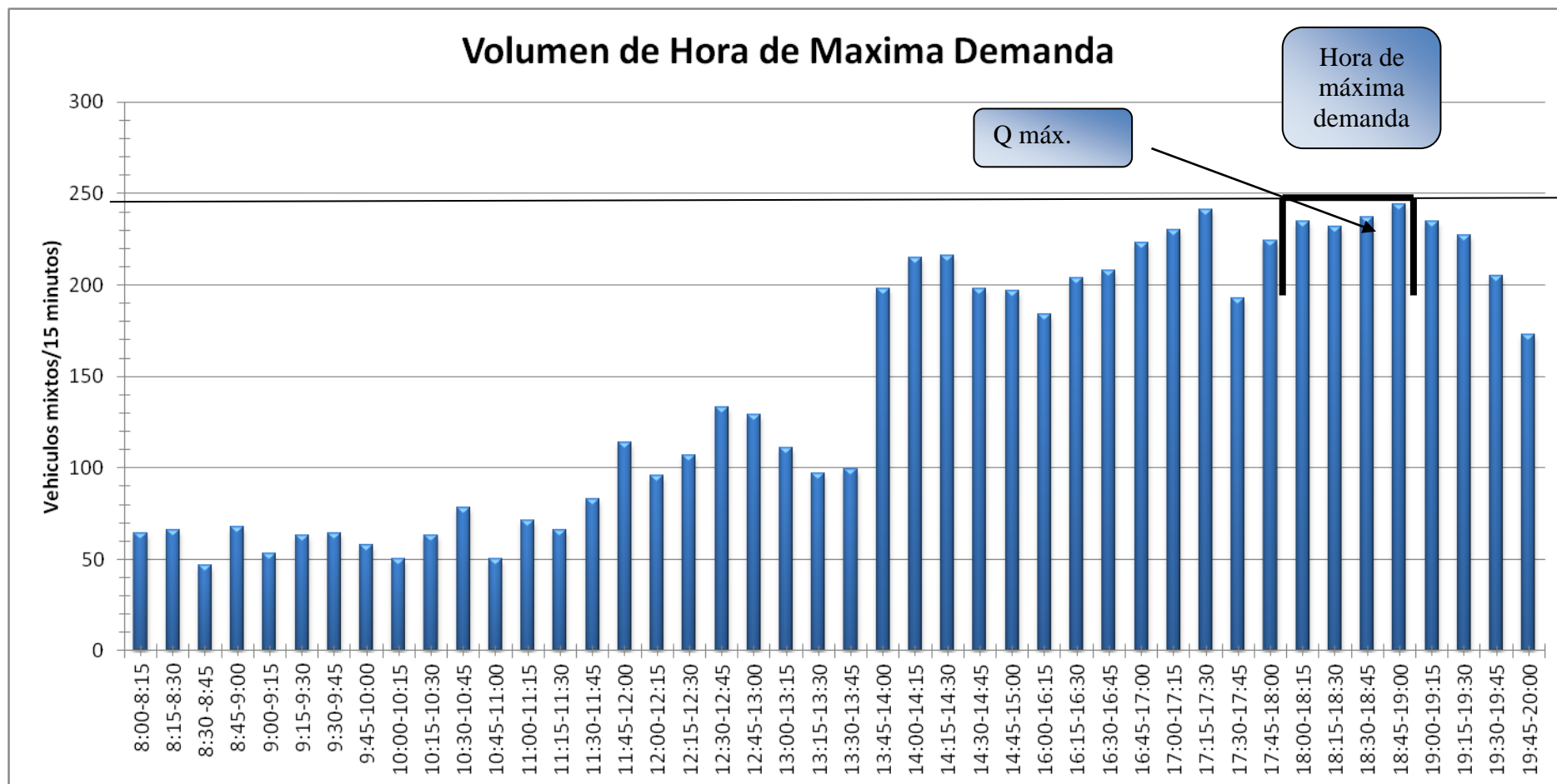
⁴Mayor, R. C. (2008). *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico D.F.: Alfaomega, pag 382.

Tabla 4. VHMD Segunda fase

PERIODO	Volumen de 15 min Vehiculos ligeros	Volumen de 15 min Buses	Volumen de 15 min camiones	Volumen TOTAL de 15 min
8:00-8:15	59	4	1	64
8:15-8:30	63	2	1	66
8:30-8:45	41	5	1	47
8:45-9:00	63	2	3	68
9:00-9:15	46	4	3	53
9:15-9:30	57	3	3	63
9:30-9:45	57	2	5	64
9:45-10:00	50	5	3	58
10:00-10:15	40	7	3	50
10:15-10:30	58	4	1	63
10:30-10:45	70	4	4	78
10:45-11:00	43	5	2	50
11:00-11:15	64	2	5	71
11:15-11:30	57	3	6	66
11:30-11:45	75	3	5	83
11:45-12:00	107	3	4	114
12:00-12:15	84	7	5	96
12:15-12:30	96	9	2	107
12:30-12:45	119	11	3	133
12:45-13:00	114	11	4	129
13:00-13:15	93	13	5	111
13:15-13:30	86	7	4	97
13:30-13:45	87	11	1	99
13:45-14:00	189	9	0	198
14:00-14:15	199	12	4	215
14:15-14:30	205	9	2	216
14:30-14:45	182	12	4	198
14:45-15:00	183	11	3	197
16:00-16:15	171	7	6	184
16:15-16:30	193	9	2	204
16:30-16:45	195	9	4	208
16:45-17:00	209	11	3	223
17:00-17:15	219	8	3	230
17:15-17:30	227	10	4	241
17:30-17:45	183	6	4	193
17:45-18:00	209	12	3	224
18:00-18:15	218	10	7	235
18:15-18:30	213	12	7	232
18:30-18:45	220	11	6	237
18:45-19:00	235	8	1	244
19:00-19:15	216	12	7	235
19:15-19:30	215	9	3	227
19:30-19:45	188	12	5	205
19:45-20:00	161	10	2	173
TOTALES	5859	336	154	6349

Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

Ilustración 50. Volumen de hora de máxima demanda segunda fase



Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda durante periodo de 15 minutos

Para la tercera y última fase del semáforo se ubica en Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita de la zona de estudio se tomaron los datos de la tabla 3 en el que se calculó el volumen horario de máxima demanda (VHMD) con la siguiente fórmula:

$$VHMD=Q1+Q2+Q3+Qn...+...$$

Donde:

$$VHMD= 1439+1386+1216+1074= \mathbf{5115 \text{ vehículos mixtos /hora}}$$

Donde se encontró que para la tercera fase el volumen de hora de máxima demanda es de 5115 vehículos mixtos /hora. Con lo que se determinó que el volumen máximo en el periodo de 17:45 a 18:00 con un valor de 1439 vehículos mixtos. Además, se determinó el FHMD (factor de hora de máxima demanda), donde q es el flujo máximo y N es el número de periodos durante una hora y con la siguiente fórmula:

$$FHMD=\frac{VHMD}{N (qmax)}$$

Donde:

$$FHMD=\frac{5115}{4(1436)} = \mathbf{0.89}$$

Con lo que se obtuvo que el factor de hora de máxima demanda es de 0.89, lo que indica que el paso de vehículos tiene una demora de 5.1 y 15.0 segundos por vehículo.⁵

Esto indica que si bien tiene mayor número de vehículos que transitan por la vía el factor de hora de máxima demanda es menor debido a que existen más alternativas viales por donde liberar el flujo vial, sin olvidarse que esto no sucede siempre ya que existen factores externos como, reparación de pavimentación, accidentes, condiciones climáticas etc., que afecten la circulación libre, con lo que se concluye que el tránsito se considera regular.

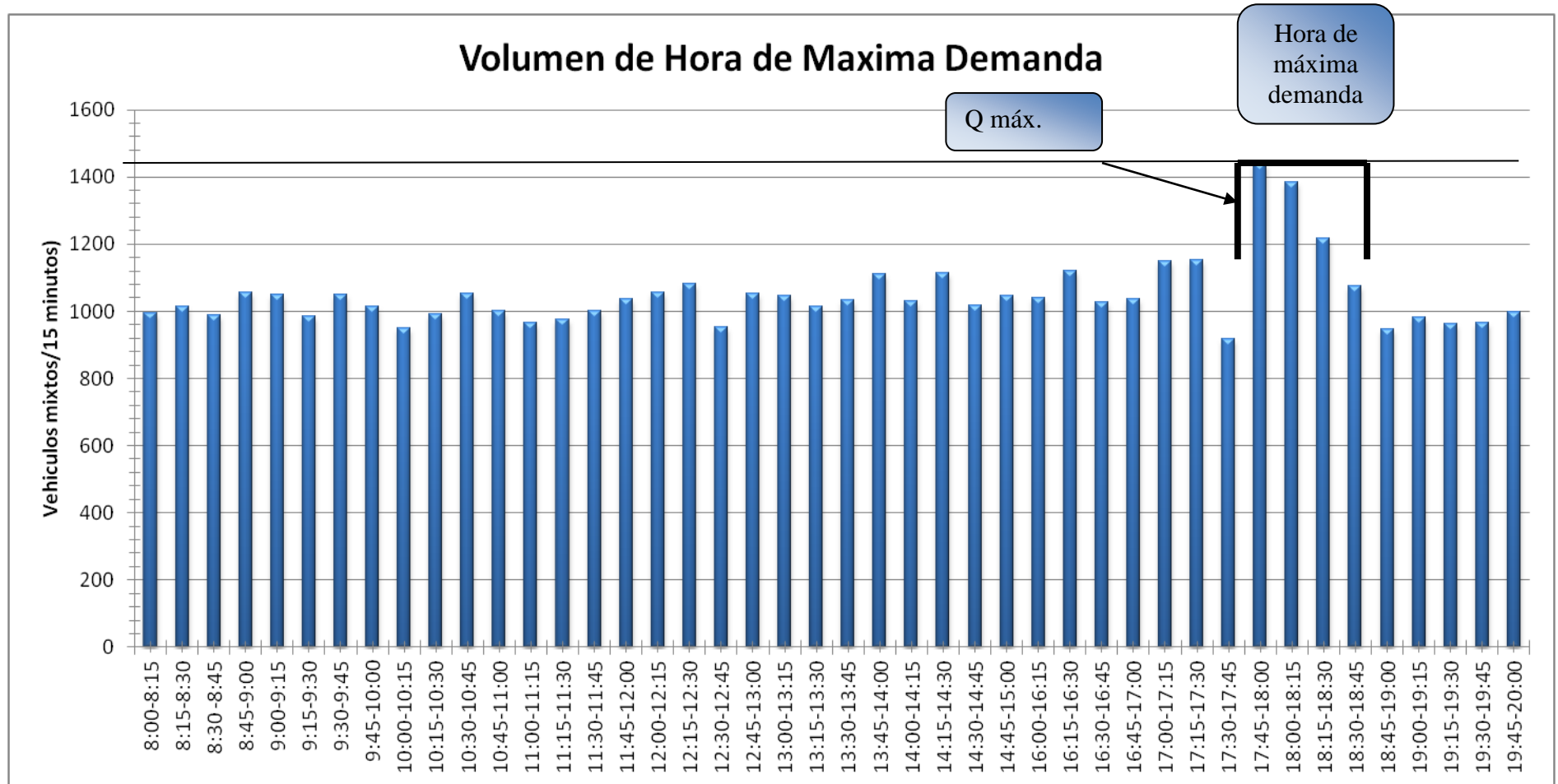
⁵Mayor, R. C. (2008). *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico D.F.: Alfaomega, pag 382.

Tabla 5. VHMD Tercera fase

PERIODO	Volumen de 15 min Vehiculos ligeros	Volumen de 15 min Buses	Volumen de 15 min camiones	Volumen TOTAL de 15 min
8:00-8:15	958	26	12	996
8:15-8:30	980	28	6	1014
8:30-8:45	950	26	12	988
8:45-9:00	1010	31	16	1057
9:00-9:15	1008	33	7	1048
9:15-9:30	943	32	10	985
9:30-9:45	1013	30	6	1049
9:45-10:00	975	29	9	1013
10:00-10:15	920	20	10	950
10:15-10:30	947	33	12	992
10:30-10:45	1015	24	14	1053
10:45-11:00	952	33	15	1000
11:00-11:15	939	23	5	967
11:15-11:30	946	22	9	977
11:30-11:45	971	21	8	1000
11:45-12:00	999	24	12	1035
12:00-12:15	1024	27	6	1057
12:15-12:30	1057	21	5	1083
12:30-12:45	918	24	12	954
12:45-13:00	1019	25	10	1054
13:00-13:15	1015	19	12	1046
13:15-13:30	979	24	10	1013
13:30-13:45	996	24	14	1034
13:45-14:00	1077	25	8	1110
14:00-14:15	994	27	10	1031
14:15-14:30	1072	28	14	1114
14:30-14:45	987	23	8	1018
14:45-15:00	1008	25	12	1045
16:00-16:15	1007	22	10	1039
16:15-16:30	1087	18	15	1120
16:30-16:45	995	22	11	1028
16:45-17:00	996	27	13	1036
17:00-17:15	1119	21	10	1150
17:15-17:30	1115	24	12	1151
17:30-17:45	885	24	10	919
17:45-18:00	1398	31	10	1439
18:00-18:15	1352	22	12	1386
18:15-18:30	1176	28	12	1216
18:30-18:45	1039	26	9	1074
18:45-19:00	912	26	10	948
19:00-19:15	948	25	10	983
19:15-19:30	922	27	13	962
19:30-19:45	930	24	11	965
19:45-20:00	958	28	13	999
TOTALES	44511	1122	465	46098

Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

Ilustración 51. Volumen de hora de máxima demanda tercera fase



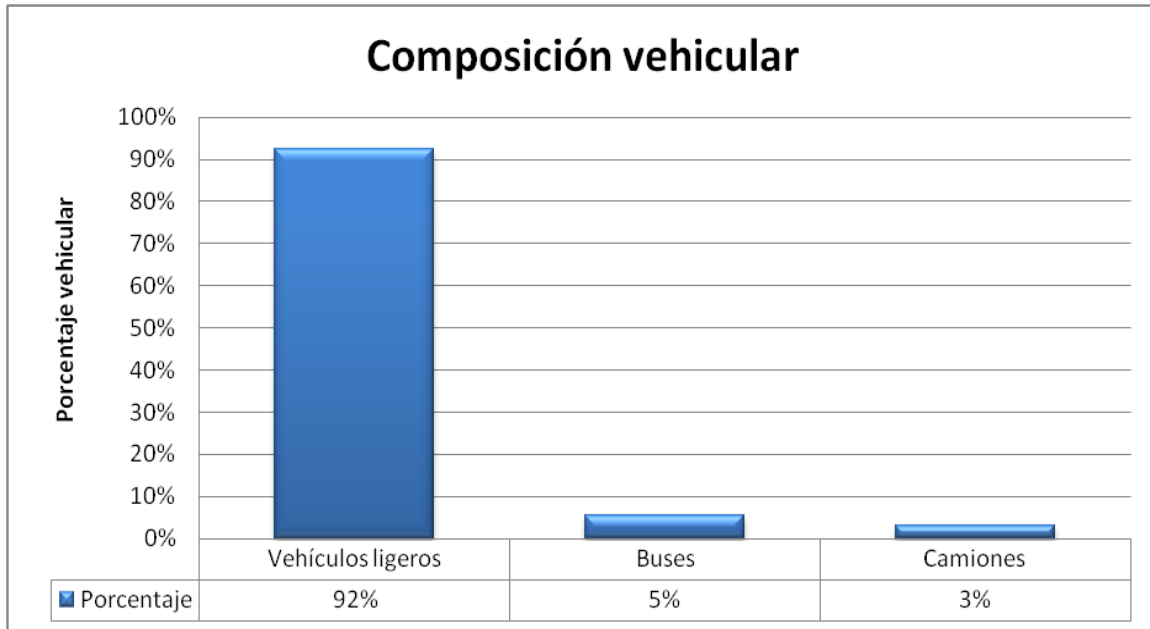
Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda durante periodo de 15 minutos

4.4 Composición vehicular

La composición vehicular se determinó con el número de vehículos que transitan a por la zona de estudio ya sea vehículos ligeros, buses y camiones entre los diferentes sentidos aforados.

Para el aforo realizado se determinó que para la Av. Cuauhtepac el porcentaje de vehículos ligeros que transitan por la zona de estudio es de 92%, para Autobuses 5% y para Camiones 3%, esto durante el periodo aforado como se muestra en la ilustración 49.

Ilustración 52. Composición vehicular

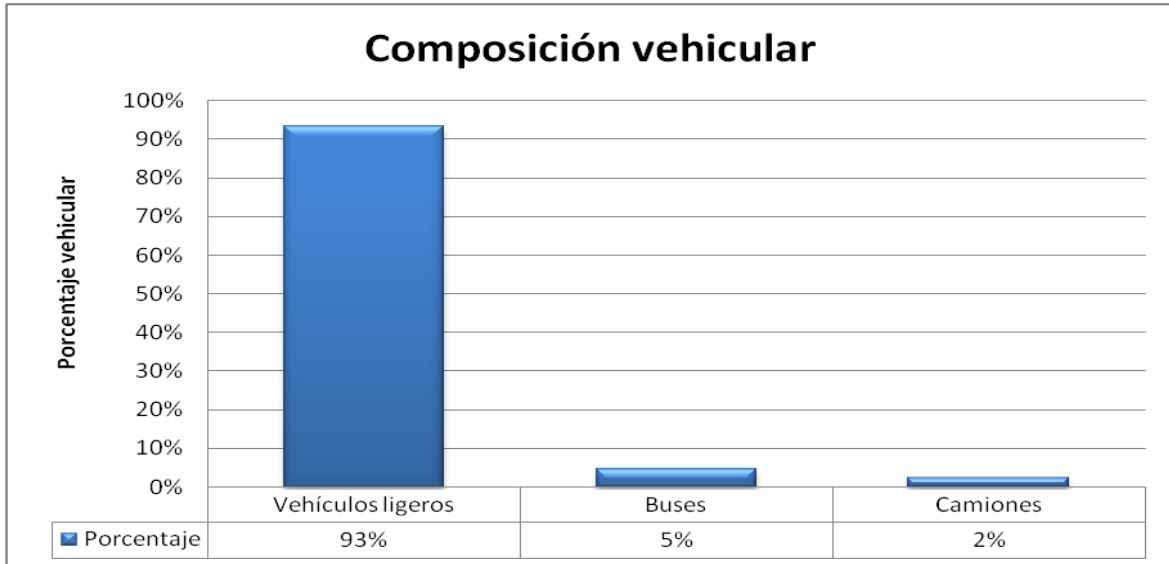


Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

Las variaciones de la composición vehicular presentadas en las tres fases y correspondientes a las tres avenidas principales de la zona de estudio corresponden al volumen del tránsito que transita a lo largo del día y esto también depende de la época del año, pero en este caso se representa de una manera precisa cómo se comporta la composición vehicular en la zona de estudio, lo que indica que el gran número de vehículos que transitan en la zona de estudio es que es una zona que durante todo el día hay una gran afluencia de vehículos.

Para el aforo realizado se determinó que para la Av. Puerto de Mazatlán el porcentaje de vehículos ligeros que transitan por la zona de estudio es de 93%, para Autobuses 5% y para Camiones 2%, esto durante el periodo aforado como se muestra en la ilustración 50.

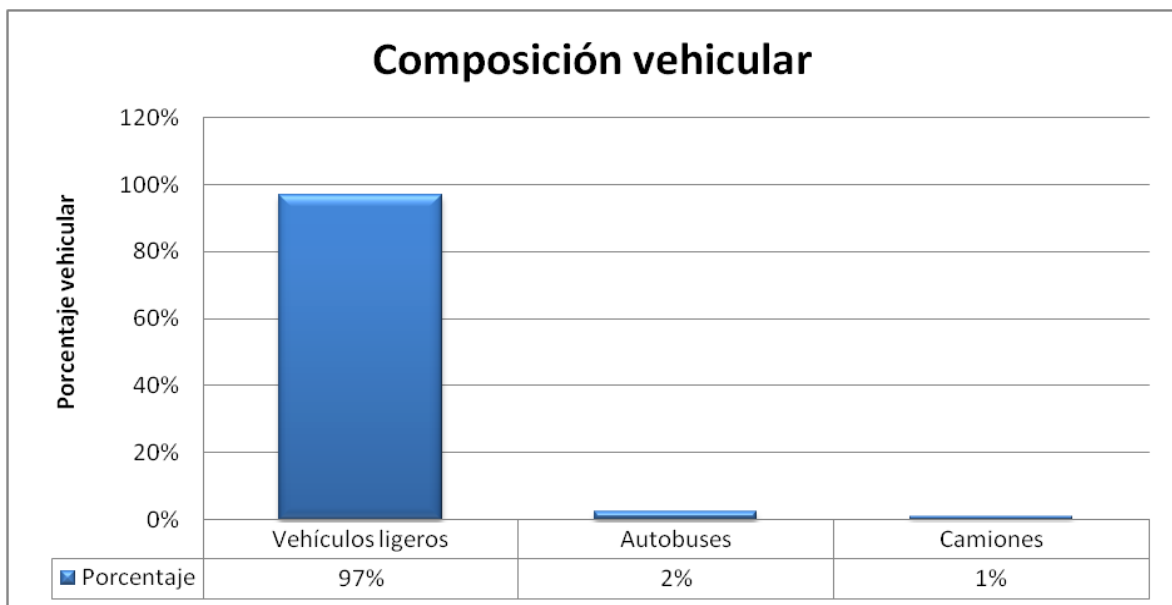
Ilustración 53. Composición vehicular



Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

Para el aforo realizado en la Av. Puerto de Mazatlán y Av. Tenayuca Chalmita se determinó que el porcentaje de vehículos ligeros que transitan por la zona de estudio es de 97%, para Autobuses 5% y para Camiones 2%, esto durante el periodo aforado como se muestra en la ilustración 51.

Ilustración 54. Composición vehicular



Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

4.5 Aforo de velocidades

Para el aforo de velocidades se realizó en la Av. Puerto de Mazatlán, para medir las características de velocidad de los vehículos que transitan por la zona de estudio, este estudio se realizó en el punto de construcción de la estación La Pastora, donde en la primera columna se establecieron intervalos de clase de velocidad de cada 5 km/h, en la segunda columna se estableció la velocidad media de cada intervalo de clase, en la tercera columna el número de vehículos que pasan por el punto a cierta velocidad, en la columna cuatro se determinó la frecuencia observada expresada en porcentaje y en la columna cinco se determinó la frecuencia acumulada, en la siguiente tabla se expresa cada uno de los cálculos realizados.

Tabla 6. Distribución de frecuencias de velocidades

Intervalo de Velocidad	Punto Medio	Frecuencia Observada		Frecuencia Acumulada		vi ²	fi x vi	fi x vi ²
		fi	(fi/n)*100	fi _x	(fi _x /n)*100			
12.5-17.5	15	10	5,00	10	5	225	150	2250
17,5-22.5	20	13	6,50	23	11,5	400	260	5200
22.5-27.5	25	15	7,50	38	19	625	375	9375
27.5-32.5	30	28	14,00	66	33	900	840	25200
32.5-37.5	35	33	16,50	99	49,5	1225	1155	40425
37.5-42.5	40	30	15,00	129	64,5	1600	1200	48000
42.5-47.5	45	49	24,50	178	89	2025	2205	99225
47.5-52.5	50	17	8,50	195	97,5	2500	850	42500
52.5-57.5	55	3	1,50	198	99	3025	165	9075
57.5-62.5	60	2	1,00	200	100	3600	120	7200
	TOTAL	200	100				7320	288450

Elaboración propia – Cálculo de distribución de velocidades

Para este aforo se realizó un total de 200 vehículos contados en los diferentes intervalos de clase, donde se determinó la velocidad media de punto con la siguiente ecuación:

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i * v_i)}{n}$$

Donde:

m= Número de grupo de velocidad

fi= Número de vehículos en el grupo de velocidad

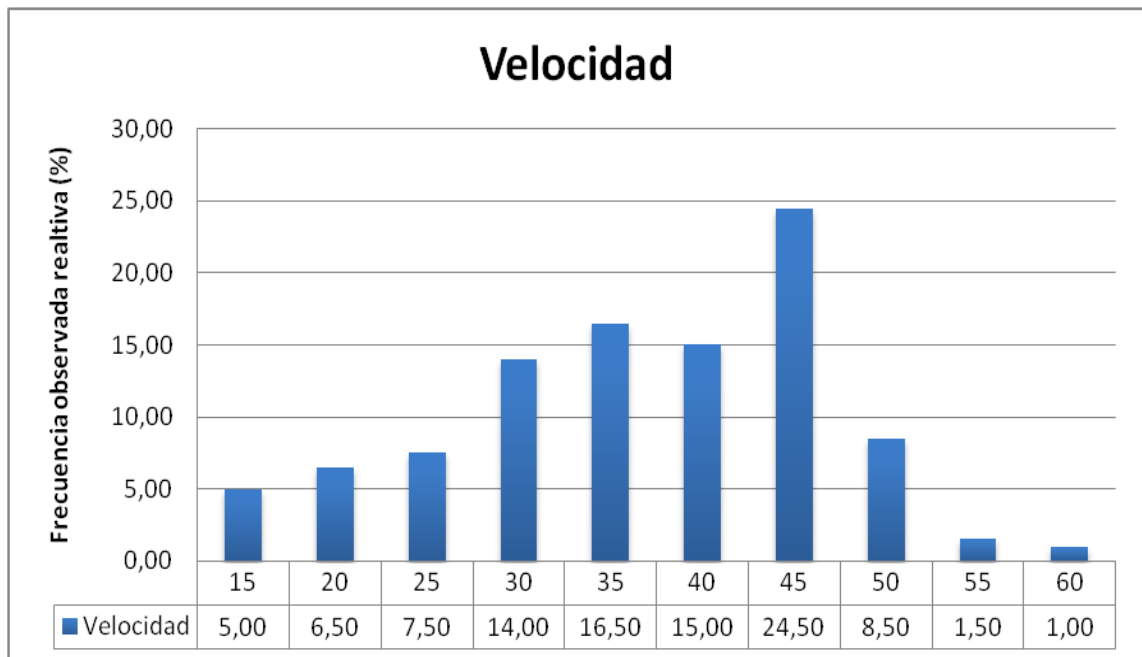
v_i = Velocidad de punto de grupo

n =Total vehículos aforados

Esta estimación de velocidad es un promedio en el cual se realizó una estimación de velocidad estadísticamente, sustituyendo los valores en la ecuación anteriormente mencionada da una velocidad media de 36.6km/h.

$$V_t = \frac{7,320}{200} = 36.6 \text{ km/h}$$

Ilustración 55.Histograma de frecuencias de velocidades

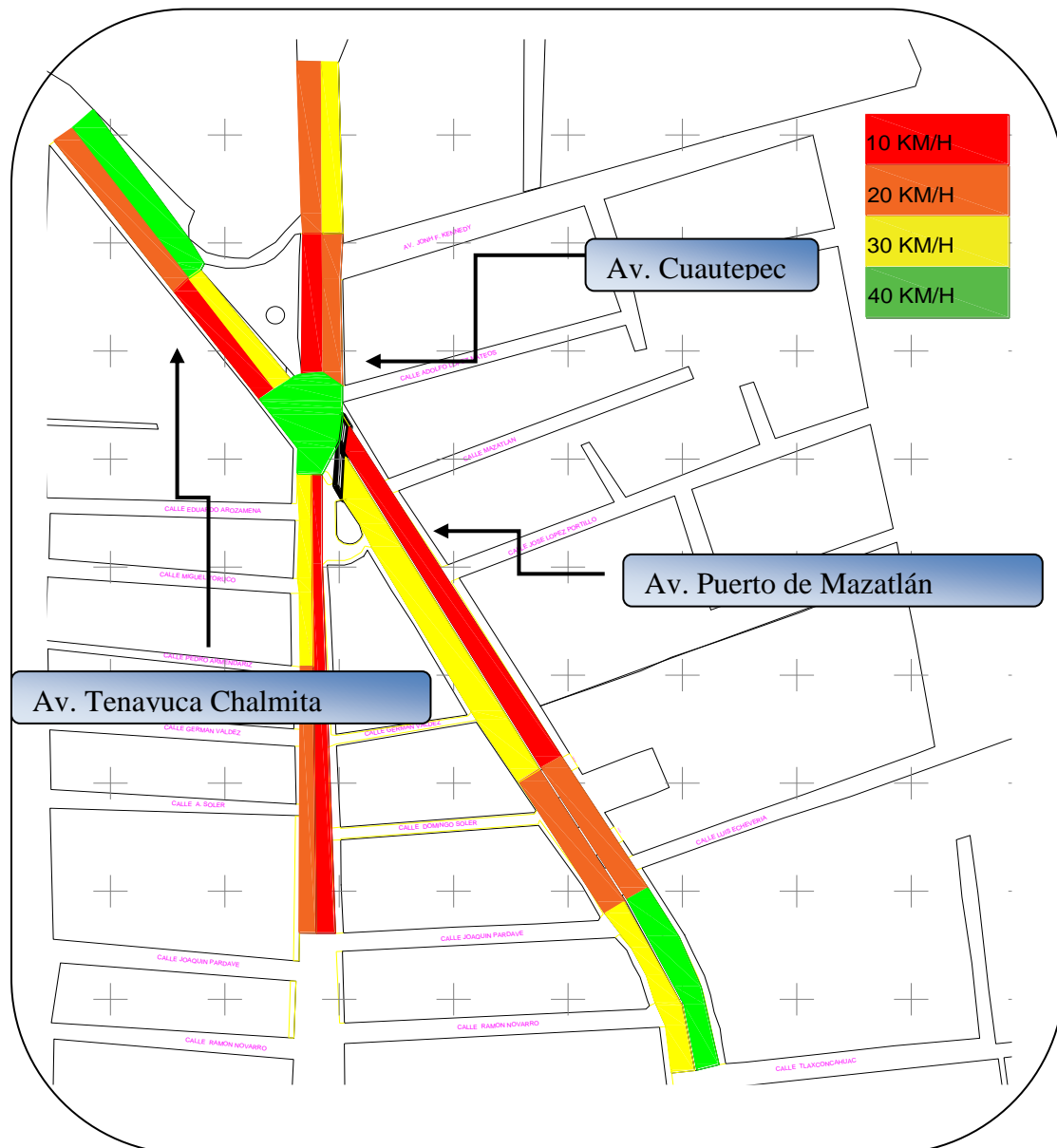


Elaboración propia – Volumen de hora de máxima demanda

La ilustración 52 muestra una gráfica de un histograma de velocidades donde indica que en promedio 25 vehículos pasan por el punto aforado y van a una velocidad entre (42.5 – 47.5) kilómetros por hora.

La siguiente imagen muestra las velocidades promedio de la zona de estudio en las horas de máxima demanda, cabe mencionar que es una percepción de velocidades promedio del aforo vehicular realizado en la zona de estudio.

Ilustración 56. Velocidades promedio



Elaboración realizada con Auto CAD – Percepción de velocidades promedio

CAPÍTULO V- ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Rediseño geométrico vial

El análisis de la propuesta de diseño geométrico conlleva una señalización vertical de uso racional como lo señala el Manual de Señalamiento Vial y Dispositivos de Seguridad⁶, en el que indica que debe haber una limitación en la frecuencia de los señalamientos, esto para optimizar recursos que principalmente los conductores no le den la importancia a los señalamientos al no leerlas.

Estos señalamientos viales deben transmitir un mensaje claro y preciso tanto para el usuario como para el conductor, además de tener una ubicación correcta, el siguiente plano muestra los señalamientos verticales esquemáticamente propuestos para la zona de estudio, si bien ya existen algunos de estos señalamientos, estos no se localizan en un lugar adecuado ni se les da la importancia que requiere cada uno de estos señalamientos, es por eso que esta propuesta de señalamientos verticales es para tener de una manera más ordenada y correcta estos señalamientos que ayuden al ordenamiento de la vialidad.

5.2 Señalamientos verticales propuestos

La implementación correcta de señalamientos verticales en la zona de estudio conlleva a tener una colocación idónea, donde tanto peatones como automovilistas respeten estos señalamientos, tomando en cuenta la importancia de estas ya que incluso nos pueden salvar la vida por su importancia y lo útil que resultan al momento de prevenir, limitar o informar sobre el tránsito al momento de conducir.

Los principales señalamientos verticales viales propuestos son los restrictivos, preventivos e informativos, estos tienen como función reducir las incidencias de accidentes viales en la zona de estudio, teniendo en cuenta que la colocación idónea es de vital importancia ya que estas señales implican sanciones establecidas en los reglamentos de tránsito si no se respetan.

Actualmente está en construcción la estación la pastora del Cablebus, por lo que la implementación de señalamientos verticales desde un principio es de vital importancia para que tanto automovilistas como peatones se acostumbren a los señalamientos y respeten en todo momento cada uno de ellos y se pueda realizar una armonía entre peatones como automovilistas sin olvidarnos de la jerarquía de la pirámide de movilidad donde el peatón será el primordial beneficiado con la implementación de estos señalamientos viales y reducir los accidentes en la zona de estudio.

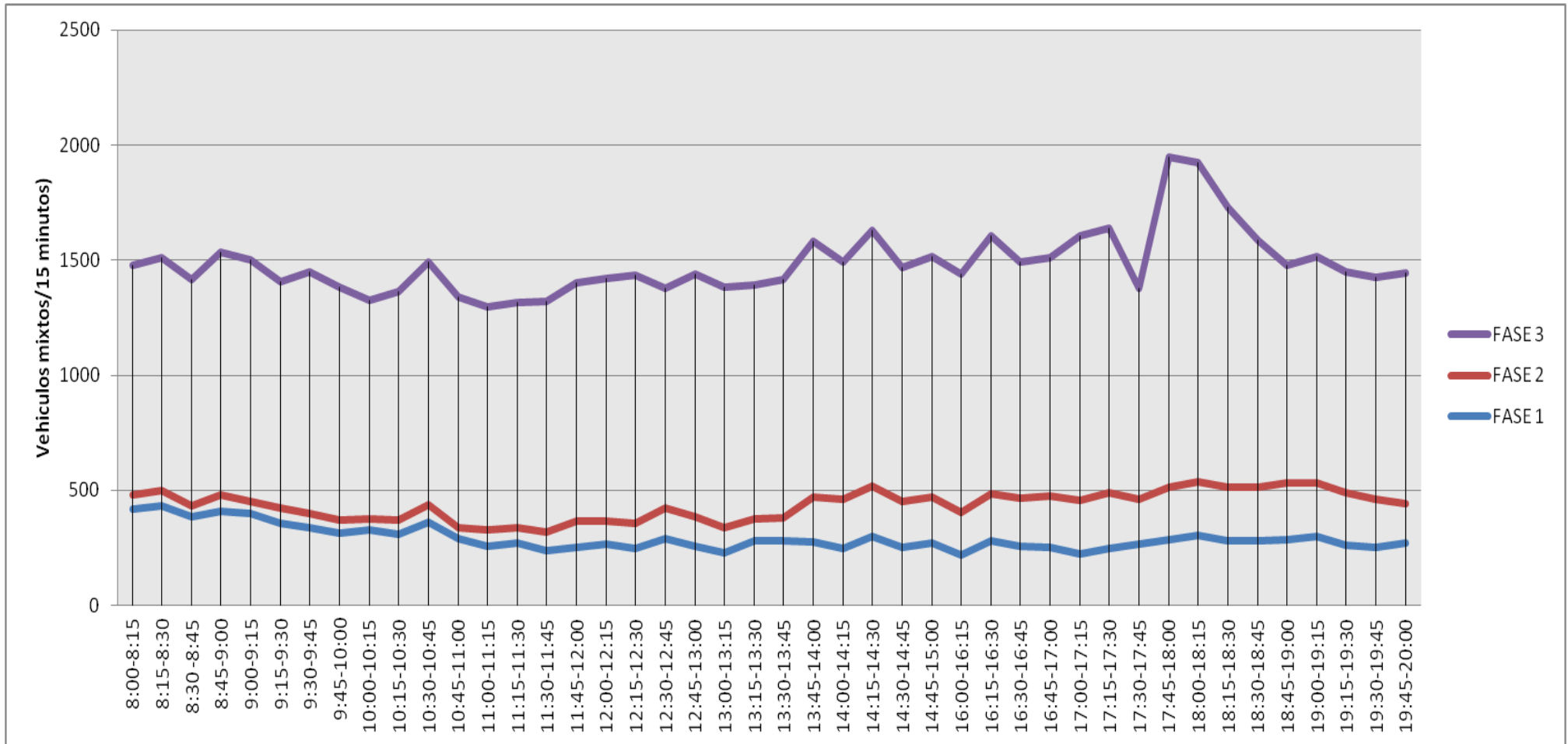
⁶ Transportes, S. d. (2014). *Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad*. Ciudad de México

5.3 Ingeniería de tránsito

Este comportamiento vehicular se debe a la variación de los volúmenes del tránsito que de suscitan a lo largo del día aforado, cabe mencionar que en esta intersección actualmente ha presentado reparaciones por fugas lo que pudiera afectar el flujo vehicular con demoras en el tiempo de traslado. También esta es una zona de alto riesgo de inundaciones que afecta el flujo del tránsito. Los horarios en lo que regularmente son de gran afluencia de vehículos son en el periodo de 8:00 a 10:00 y de 17:00 a 19:00 ya que en el primer horario las personas se desplazan de sus hogares a realizar sus actividades cotidianas como son trabajo, escuela u ocio y en el segundo periodo toda esa gente regresa a sus hogares después de realizar sus actividades; ahí es donde actúa la propuesta de diseño geométrico: a lo largo del día y principalmente en las horas de máxima demanda. A través de esta propuesta el flujo vehicular será constante y no interrumpido debido a la afluencia de peatones que se generen. Con el análisis presentado se tiene una perspectiva del comportamiento vehicular de la zona de estudio.

En la ilustración 54 se muestra una gráfica indicando el comportamiento vehicular total tanto de vehículos ligeros, autobuses y camiones para la intersección y cómo se ve saturada la vía si se acumula todo el volumen vehicular. En la fase uno y dos del semáforo se muestra un comportamiento vehicular moderado, esto se debe al número de carriles los cuales tienen una captación menor de entrada y salida de vehículos, a diferencia de la fase tres, que cuenta con tres carriles para ambos sentidos, además que la fase uno dos son alimentadoras de vehículos tanto de entrada como de salida. Ahí la notable diferencia en tres las diferentes fases sin tomar en cuenta el tiempo de los semáforos ya que, si bien es un factor importante, éste solo regula el tránsito para evitar aglomeraciones de vehículos en un solo sentido, por lo tanto, el tránsito vehicular que transita en la zona de estudio es continuo y moderado en la mayor parte del día este tránsito se alimenta principalmente por tres avenidas principales Av. Tenayuca Chalmita, Av. Cuauhtemoc y Av. Puerto de Mazatlán. Estas avenidas captan todo este tránsito debido a que solo existe estas salida y entrada por parte de la zona de estudio, de ahí la importancia de la realización del aforo vehicular para tener una estimación promedio del tránsito de vehículos y poder realizar propuestas de diseño geométrico que mejoren la movilidad y accesibilidad de los vehículos y peatones de la zona de estudio.

Ilustración 58. Transito total vehicular



Elaboración propia – Volumen total vehicular

Se utilizó el programa Synchro para representar una modelación actual del tráfico que circula por las avenidas principales de la zona de estudio, en el cual se capturó en el programa los volúmenes de demanda vehicular para cada avenida para realizar la simulación, la ilustración 55 muestra las tres principales avenidas, se realizaron los links correspondientes para mostrar el número de carriles por sentido de cada avenida de la zona de estudio.

Ilustración 59. Simulación Synchro



Elaboración realizada con Synchro – Elaboración de link por sentido de vialidad

Para la captura de los volúmenes de tránsito vehicular se realizó un promedio para cada uno de los sentidos por avenida en que muestra a través de los datos capturados que el nivel de servicio de la intersección es F, lo que indica que su operación es con demoras superiores a los 60 segundos por vehículo, lo que implica que las llegadas exceden la capacidad de la intersección y como ya se mencionó anteriormente la intersección está en continuo movimiento vehicular.

Ilustración 60. Volúmenes de tránsito

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NwL	NwT	NwR	PED	HOLD
Node #	6	Lanes and Sharing (#RL)													
Zone:		Traffic Volume (vph)													
X East (m):	480.9	644	1000	0	644	1000	0	0	500	445	0	4000	1115	—	—
Y North (m):	45.4	Turn Type													
Z Elevation (m):	0.0	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Description		Protected Phases													
Control Type	Pretimed	3	3	—	1	1	—	—	2	—	—	2	—	—	—
Cycle Length (s):	141.0	Permitted Phases													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	3	3	—	1	1	—	—	2	2	—	2	2	—	—
Optimize Cycle Length:	Optimize	Detector Phases													
Optimize Splits:	Optimize	3	3	—	1	1	—	—	2	2	—	2	2	—	—
Actuated Cycle(s):	141.0	Switch Phase													
Natural Cycle(s):	145.0	0	0	—	0	0	—	—	0	0	—	0	0	—	—
Max v/c Ratio:	70.14	Leading Detector (m)													
Intersection Delay (s):	9691.6	47.0	10.0	—	47.0	10.0	—	—	10.0	47.0	—	10.0	2.0	—	—
Intersection LOS:	F	Trailing Detector (m)													
ICU:	6.08	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—
ICU LOS:	H	Minimum Initial (s)													
Offset (s):	0.0	2.0	2.0	—	1.0	1.0	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—
Referenced to:	Begin of Green	Minimum Split (s)													
Reference Phase:	2 - NWSE	65.0	65.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0	38.0	—	38.0	38.0	—	—
Master Intersection:	<input checked="" type="checkbox"/>	Total Split (s)													
Yield Point:	Single	65.0	65.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0	38.0	—	38.0	38.0	—	—
Mandatory Stop On Yellow:	<input checked="" type="checkbox"/>	Yellow Time (s)													
		3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—
		All-Red Time (s)													
		0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	—
		Lost Time Adjust (s)													
		0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—
		Lagging Phase?													
		—	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
		Allow Lead/Lag Optimize?													
		—	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
		Recall Mode													
		Max	Max	—	Max	Max	—	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—
		Actuated Effect. Green (s)													
		61.5	61.5	—	34.5	34.5	—	—	34.5	34.5	—	34.5	34.5	—	—
		Actuated g/C Ratio													
		0.44	0.44	—	0.24	0.24	—	—	0.24	0.24	—	0.24	0.24	—	—
		Volume to Capacity Ratio													
		65.61	7.26	—	70.14	10.97	—	—	2.00	1.85	—	16.02	11.37	—	—
		Control Delay (s)													
		Error	Error	—	Error	Error	—	—	489.0	427.3	—	Error	Error	—	—
		Queue Delay (s)													
		0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—
		Total Delay (s)													
		Error	Error	—	Error	Error	—	—	489.0	427.3	—	Error	Error	—	—
		Level of Service													
		F	F	—	F	F	—	—	F	F	—	F	F	—	—
		Approach Delay (s)													
		—	13135.1	—	—	14948.4	—	—	459.9	—	—	6359.0	—	—	—
		Approach LOS													
		—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	—
		Queue Length 50th (m)													
		~1238.0	~1791.1	—	~1239.7	~1835.8	—	—	~262.5	~227.1	—	~2748.5	~1286.7	—	—
		Queue Length 95th (m)													
		#1320.8	#1855.1	—	#1322.5	#1899.8	—	—	#322.2	#286.2	—	#2695.2	#1377.0	—	—
		Stops (vph)													
		18006	3118	—	19262	4586	—	—	318	292	—	18306	3180	—	—
		Fuel Used (l/hr)													
		43617	6641	—	46652	10486	—	—	201	158	—	43316	7328	—	—
		Dilemma Vehicles (#/hr)													
		0	0	—	0	0	—	—	0	0	—	0	0	—	—

Elaboración realizada con Synchro – Elaboración de link por sentido de vialidad

Como se muestra en la ilustración 57 la simulación del tránsito está en continuo movimiento para la intersección, muestra el flujo vehicular regulado por los semáforos que se localizan en la zona de estudio además del flujo vehicular mixto tanto de vehículos ligeros, autobuses y camiones, cabe mencionar que esta simulación realizada con ayuda del programa Synchro es una manera de mostrar lo más preciso el flujo vehicular que se localiza en la zona de estudio.

Ilustración 61. Simulación del flujo vehicular



Elaboración realizada con Synchro – Flujo vehicular

5.4 Conectividad

Esta propuesta de conectividad es importante por la relación que se daría entre diferentes modos de transporte que transitan por la zona de estudio si no que la Red de Transporte de Pasajeros dio paso a la construcción de otro sistema de transporte. De ahí la importancia de la realización de este trabajo, aunque ya era un lugar con un alto flujo vehicular, al dar paso a la construcción de la Estación La Pastora se atraerá un flujo de peatones por lo que la accesibilidad y movilidad será diferente.

La conectividad que se propone es por medio de la propuesta de diseño geométrico ya que, con las modificaciones planteadas de calles peatonales, se pretende haya una conexión más accesible y rápida hacia la estación La Pastora ya que se calcularon las trayectorias peatonales y en promedio es trayecto hacia la estación es de 2 minutos y de esta manera se pueda realizar un movimiento de flujo peatonal sin interrupciones. La propuesta de señalamientos horizontales es una propuesta que se debe tomar particularmente en cuenta, ya que se tendría un mayor espacio y por ende una mejor estructura de la zona de estudio.

Cabe mencionar que la colocación de señalamientos verticales es de vital importancia ya que estos representan aspectos legales, criterios y consideraciones para el desarrollo del proyecto todo esto con el fin de satisfacer la comunicación entre peatones, vehículos y las vialidades para tener una participación en la seguridad, esto con una correcta localización e instalación que transmita un mensaje claro y preciso para ambas partes involucradas en la zona de estudio.

CONCLUSIONES

Analizando los estudios del comportamiento del tráfico se encontró que el flujo vehicular tiende a una velocidad promedio de 36.6 km/h para la mayor cantidad de vehículos que transitan por la zona de estudio, de ahí los parámetros empleados para el diseño geométrico, donde parte se lleven a cabo de reductores de velocidad debido al flujo peatonal que transitará, además del estudio se determinó que los señalamientos viales se lleven a cabo con las normas establecidas en el Manual de Señalamientos Viales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, garantizando su funcionalidad, seguridad para los peatones como para los automovilistas.

Es importante recalcar que las propuestas planteadas conlleven a realizar un balizamiento anual ya que, con el paso del tiempo, las condiciones climatológicas y el flujo vehicular se deterioran, de ahí la importancia de mantener las vías en óptimas condiciones asegurando la movilidad, funcionalidad y respeto a los señalamientos viales.

Las vías aledañas de la zona de estudio cuentan con una velocidad promedio distinta debido a que solo cuentan con dos carriles para cada sentido, las calles Germán Valdez y Domingo Soler propuestas como calles peatonales se debe implementar con base al Manual de Calles de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, (SEDATU), brindando las condiciones óptimas de seguridad para los peatones al momento de cruzar por ambas vías de la zona de estudio al momento de dirigirse al sistema de transporte Cablebus. Las trayectorias peatonales indican el tiempo estimado en recorrer de un punto de la vía para abordar la estación, por lo que el Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad, indica que se deben llevar cabo parámetros para la accesibilidad y seguridad de los peatones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar análisis cada año de la demanda futura de la vía ya que en el análisis realizado se mostró que la vía se encuentra saturada y en mayor medida en las horas de máxima demanda, ya que la demoras en los usuarios aumentan conforme pasan los años y no se realiza ninguna propuesta o adecuación para evitar las demoras. Las acciones que se pueden llevar a la práctica de inmediato es el establecimiento de los señalamientos verticales como horizontales presentados para que así disminuyan las demoras. Además de mejorar las condiciones de pavimentación homologando un solo tipo de pavimentación.

Es de vital importancia mejorar las condiciones de seguridad de la zona de estudio, ya que como se presentó es una intersección altamente transitada por lo que los índices de accidentabilidad conforme el tránsito promedio anual aumenta lo que conlleva a ser intersección de alto riesgo.

Se debe tener en cuenta que con el paso del tiempo aparecen nuevos transportes, tecnologías y técnicas que ayudan a mejorar la movilidad y accesibilidad a través de los esfuerzos de investigación realizados por cada uno de los involucrados en materia de transporte, es por eso que ha llegado a la conclusión que se deben tomar acciones inmediatas, si bien el proceso metodológico es muy amplio la información recolectada tiene como objeto mejorar la movilidad y accesibilidad de la zona de estudio a través de los modelos de transporte propuesto para un planificación de un diseño geométrico apropiado en materia de transporte.

Se recomienda actualizar los planos geométricos ya que cada vez se realizan modificaciones a las vías de la zona de estudio por lo que las cartografías se recomienda uso de cartografías actualizadas.

Se recomienda utilizar programas con herramientas de georreferenciación como Arcgis que faciliten la cartografía.

Es necesario utilizar software de diseño geométrico como Auto CAD que ayuden a realizar propuestas de mejoramiento vial,

Esta información de los modelos de transporte de generación y distribución de viajes deben estar disponibles para poder contribuir a la realización de trabajos futuros al realizar nuevos estudios en materia de transporte.

De este modo se considera que con las propuestas anteriormente mencionadas se resulten benéficas para la zona de estudio para el mejoramiento de la intersección y la accesibilidad y movilidad de la zona de estudio tanto para peatones como para automovilistas.

REFERENCIAS

- Abascal, M. L. (2018). *Búsqueda en Internet para Universitarios*. Universidad Autónoma del Estado de México: UAEM.
- Barreno Vereau, E., Cabrera Gil Grados, E., & Millones Rivalles, R. (Universidad de Lima-Perú 2008). Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano. *Ingeniería Industrial*, 36.
- Blázquez, L. B. (1999). *Manual de Carreteras. Volumen I elementos y proyectos. Efectos De Expansion De Capacidad Vial En Congestion Y Su Interaccion Con Otras Politicas Urbanas*. (2016). Santiago De Chile: Universidad De Chile.
- Excelsior. (22 de Noviembre de 2017). Obtenido de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/07/28/911069>
- Federal, G. d. (s.f.). Lineamientos para el diseño y la construcción de banquetas en la Ciudad de México. *Banquetas CDMX*, 97.
- Fernando Córdoba, G. (2013). *La tesis y el trabajo de tesis I*. México: Limusa.
- Geografía, I. N. (18 de Abril de 2020). *INEGI*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- ITDP. (2016). Manual de calles, Diseño vial para Ciudades Mexicanas.
- ITDP. (28 de Abril de 2020). *Puebla implementa acciones de diseño vial seguro y recuperación de espacios públicos*. Obtenido de <http://mexico.itdp.org/noticias/puebla-implementa-acciones-de-diseno-vial-seguro-y-recuperacion-de-espacios-publicos/>
- Mayor, R. C. (2008). *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico D.F.: Alfaomega.
- MEXICABLE. (15 de Abril de 2020). *Mexicable Sistema de Transporte Teleferico*. Obtenido de <http://www.mexicable.com/>
- México, G. d. (30 de Abril de 2020). *Datos Abiertos Ciudad de México*. Obtenido de Incidentes viales reportados por C5: https://datos.cdmx.gob.mx/explore/embed/dataset/incidentes-viales-c5/analyze/?disjunctive.incidente_c4&refine.delegacion_inicio=GUSTAVO%20A.%20MADERO&location=19,19.52872,-99.14176&dataChart=eyJxdWVyaWVzIjpbeyJjaGFydHMiOlt7InR5cGUiOiJhc mVhIiwiaWZnVuYyI6IiINV
- Mexico, R. d. (10 de Abril de 2020). *RTP*. Obtenido de <https://www.rtp.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de>
- México., I. d. (2012). *La importancia de reducción del uso del automóvil en México*. México: ITDP.
- Milenio. (21 de Noviembre de 2017). Obtenido de <http://www.milenio.com/region/horas-viaje-infierno-Linea-Metro-calor-gente->

- Perla Yannelli Fernández Silva, M. S. (2018). *La movilidad de la Ciudad e México: impactos, conflictos y oportunidades*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Quiquin, C. H. (2012). *Análisis Y Evaluación De Tramos De Concentración De Accidentes De Tránsito Y Propuesta De Mitigación En La Vía Libertadores - Ayacucho*. Lima-Perú: Universidad Nacional De Ingeniería.
- Saenz, A. E. (1996). *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. Madrid, España: Los libros de la Catarana.
- Salud, S. d. (s.f.). *Guía para prevenir accidentes de tránsito*. México: SALUD.
- Servicios, S. d. (15 de Abril de 2020). *Cablebus Línea 1*. Obtenido de <https://www.obras.cdmx.gob.mx/proyectos/cablebus-linea-1>
- Transportes, S. d. (2014). *Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad*. Ciudad de México.
- Transportes, S. d. (2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras*. México: SCT.
- Transportes, S. d. (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos.