

PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE: INGENIERIA CIVIL



TEMA: DISEÑO DE FACILIDADES PEATONALES PARA CRUCES EN VÍAS URBANAS. CASO DE ESTUDIO: AV. REPÚBLICA Y CALLE LA PRADERA, SECTOR LA PRADERA, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

AUTOR:

JOSE ANTONIO VIZUETE GALLEGOS

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR: ING. FREDI PAREDES, M.SC

QUITO, 2022

Dedicatoria.

A mis padres Edwin Vizuite y Bertha Gallegos, quienes, desde pequeño, han sido mi brújula moral e intelectual, apoyándome con cariño en cada decisión que he tomado, y gracias a los cuales aprendí valores importantes como la superación, responsabilidad y humildad.

A Katherine Vizuite, mi hermana mayor y mejor amiga, quien siempre ha estado en los momentos mas felices, y a la vez difíciles de mi vida, apoyándome de manera incondicional con su experiencia y cariño.

A mis abuelos paternos: Miguel Vizuite y María Ligia Romo, a mis abuelos maternos: Germán Gallegos y Dolores López, que supieron enfrentarse a las adversidades de la vida logrando superarse en cada momento, con los cuales tengo gratos recuerdos de la infancia.

A mis amigos de universidad y colegio, con los cuales compartí y disfruté muchos momentos dentro de esta etapa de mi vida, gracias por su apoyo y lealtad.

José Vizuite

Agradecimientos

Expreso mi mas profundo agradecimiento a todos los ingenieros educadores de la Escuela de Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por haberme guiado dentro de este camino académico, compartiendo sus conocimientos dentro de estos años de aprendizaje, y de manera especial, al Msc. Fredi Paredes, Tutor y Director de este Proyecto de Titulación, por sus conocimientos, su guía y su amistad, Msc. Juan Pablo Solorzano y Msc. Gonzalo Moya, lectores de mi trabajo, eternas gracias por su orientación, guía y paciencia dentro de la preparación universitaria.

José Vizquete

INDICE GENERAL

1	Capítulo I: Introducción.....	2
1.1	Justificación.....	2
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Objetivo General y Específicos.....	3
1.3.1	Objetivo General	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	Alcance.....	3
2	Capitulo II: Fundamentos Teóricos	4
2.1	Tráfico vehicular y peatonal.....	4
2.1.1	Volúmenes de tráfico vehicular.....	4
2.1.2	Volúmenes de tráfico peatonal	5
2.2	Actores de la seguridad vial	5
2.2.1	Peatones.....	6
2.2.2	Vehículos.....	6
2.2.3	Infraestructura.....	7
2.3	Evaluación de la seguridad vial.....	14
2.3.1	Auditorías en seguridad vial.....	14
2.3.2	Normas de seguridad vial en Ecuador	16

3	Capítulo III: Facilidades Peatonales Para La Av. República y Calle La Pradera, Sector La Pradera, Distrito Metropolitano de Quito	19
3.1	Descripción de la zona de estudio del caso	19
3.2	Situación actual de los niveles de tráfico	21
3.2.1	Medición del volumen de tráfico vehicular	21
3.2.2	Medición del volumen de tráfico peatonal	23
3.2.3	Investigación en el entorno sobre accidentalidad	25
3.3	Planteamiento de alternativas	26
3.3.1	Cruces peatonales tipo cebra	26
3.3.2	Semáforos peatonales	27
3.3.3	Comparación de alternativas	28
4	Capítulo IV: Análisis De Resultados	30
4.1	Diseño de la facilidad vial para la vía seleccionada	30
4.1.1	Dimensionamiento técnico	30
4.1.2	Diseño del proyecto	31
4.2	Presupuesto de obra	38
5	Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	41
5.1	Conclusiones	41
5.2	Recomendaciones	42
	Bibliografía	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relación entre el sistema de transporte, el sistema de actividades y los flujos	7
Figura 2: Diseño de aceras para una vía pública.....	9
Figura 3: Diseño de cruces peatonales	11
Figura 4: Refugios Peonales.....	12
Figura 5: Rampas peatonales	13
Figura 6: Mapa de localización del sector.....	20
Figura 7: Mapa de la vía en estudio	20
Figura 8: Fotografía de la Avenida República	21
Figura 9: Ejemplo de variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	22
Figura 10: Niveles de servicio peatonales en aceras y senderos	24
Figura 11: Peatón cruzando la Av. República, sector la Pradera	25
Figura 12: Cruce peatonal tipo cebrá	26
Figura 13: Cruce peatonal regulado por semáforo.....	27
Figura 14: Nivel de servicio para semáforos y cruces peatonales	29
Figura 15: Facilidades viales.....	29
Figura 16: Corte transversal de un cruce peatonal en el que se muestra una persona usuaria de silla de ruedas de frente	32

Figura 17: Corte transversal de un cruce peatonal en el que se muestra una persona usuaria de silla de ruedas, una persona llevando un coche para bebés y una persona de pie entre elementos del equipamiento urbano.....	33
Figura 18: Corte transversal de un cruce peatonal en donde se identifican dos vías vehiculares con parterre central y por el cual se encuentran circulando una persona usuaria de silla de ruedas, una persona con un coche para bebé, una persona con andador, y una persona a pie.....	34
Figura 19: Poste de sujeción del semáforo.....	35
Figura 20: Ubicación del pulsador en el semáforo.....	35
Figura 21: Botones pulsadores	36
Figura 22: Modelación 3D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera..	36
Figura 23: Modelación 2D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera..	37
Figura 24: Modelación 2D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera..	37
Figura 25: Modelación 3D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera..	38
Figura 26: Modelo del paso peatonal para la Av. República y calle La Pradera	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Medición del flujo vehicular en la Av. República, sector la Pradera, Distrito Metropolitano de Quito.....	23
Tabla 2: Medición del flujo peatonal en la Av. República, sector la Pradera, Distrito Metropolitano de Quito.....	24
Tabla 3: Umbrales para el indicador PV^2	28
Tabla 4: Conteo en las horas de máximo flujo vehicular y peatonal, cálculo del índice de la facilidad vial.....	30
Tabla 5: Umbrales para el indicador PV^2	31
Tabla 6: Presupuesto de Obra para la facilidad vial en la Av. República y calle La Pradera	39
Tabla 7: Dimensionamiento de las franjas peatonales para el cruce vial.....	40

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS.....	46
Anexo 1	46

RESUMEN

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito, la ciudad más grande del Ecuador en cuanto a población existe un grave problema dentro de la infraestructura vial, dado a que la tasa de fallecidos en vías por habitantes se va superando y creciendo cada año, debido a varios factores como escases de señalización y obras civiles. En este trabajo se analiza tanto el flujo vehicular, como el flujo peatonal de la Av. República y calle La Pradera, presentando un caso de estudio en el cual, se aplicará el criterio del MTOP (Ministerio de Transportes y Obras Pública), para determinar cual será la facilidad para el cruce peatonal en dicha ubicación. Se trabajó con una muestra recogida en base a un conteo tanto vehicular como peatonal en un horario de 7:30 am a 6:30 pm, los resultados indican que es necesario formular una facilidad peatonal de forma que ayude a reducir los accidentes tanto peatonales como automovilísticos, por ende, se procede a crear un ejemplo ilustrativo de cómo se idearía un cruce peatonal.

Palabras Clave: Peatones, Vehículos, Cruces, Semáforos, Auditoria vial, Facilidad peatonal.

ABSTRACT

Into the Distrito Metropolitano de Quito, the largest city in Ecuador in terms of population, there is a serious problem within the road infrastructure, given that the rate of road deaths per inhabitant is increasing every year, due to several factors such as lack of signaling and civil works. This work analyzes both vehicular and pedestrian flow on Av. República and La Pradera Street, presenting a case study in which the MTOP (Ministerio de Transportes y Obras Públicas) criteria will be applied to determine how easy it will be for pedestrians to cross at this location. The results indicate that it is necessary to formulate a pedestrian facility to help reduce pedestrian and automobile accidents. Therefore, an illustrative example of how a crosswalk would be designed is created.

Keywords: Pedestrians, Vehicles, Crosswalks, Traffic lights, Road audits, Pedestrian facilities.

1 Capítulo I: Introducción

1.1 Justificación

Según Silva (2022): “En el 2021, según la directora de la AMT hubo una tasa de 7,71 fallecidos en las vías por cada 100.000 habitantes, lo que superó el promedio que superó de los años 2015 y 2019 donde había una tasa de 6,93 muertes por cada 100.000 habitantes”. En Ecuador, la mayoría de los proyectos viales realizados indican desaciertos graves con relación a la seguridad vial, especialmente en su infraestructura, el cual es uno de los aspectos que más influyen dentro de la alta tasa de siniestros del país, por ende, es necesario poner en marcha una evaluación de la seguridad vial de las vías dentro de estos proyectos, para realizar mejoras con el objetivo de reducir el número de accidentes de tránsito mortales, preservando la vida e integridad de los peatones.

En este sentido, la importancia del presente trabajo de integración curricular radica en que se diseñarán facilidades peatonales para reducir los accidentes de tránsito en la vía Av. República y calle La Pradera, sector la Pradera, Distrito Metropolitano de Quito, debido a que en la Av. República existe en las horas pico tráfico vehicular y peatonal intentos, ya que en este sector se localiza el patio de comidas y bebidas “La Pradera – Mega plaza”.

1.2 Planteamiento del problema

En el ámbito urbanístico, se distinguen a los peatones como la población más vulnerable en cuanto a la escala de movilidad. A nivel global, se estima que “el 50% de las muertes causadas por siniestros viales, se producen entre las personas más vulnerables de la vía pública” (OMS, 2009), refiriéndose a peatones, motociclistas y ciclistas. El peatón actualmente se encuentra en un estado indefenso con respecto a protección vial, no tiene un sistema como chasis o carrocería en el caso de un choque o colisión, lo cual desemboca en un resultado: Los peatones muertos en siniestros viales representan la cuarta parte del total de fallecidos a nivel mundial (Luchemos por la vida, s/f). En Ecuador, se estima que el 18% de accidentes viales involucran a peatones. En tal sentido, se investigará los niveles de tráfico en la intersección en estudio a fin de proponer la solución para el cruce peatonal seguro sobre la Av. República.

1.3 Objetivo General y Específicos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar las facilidades peatonales para cruces en vías urbanas, aplicado al caso de estudio: Av. República y Calle La Pradera, sector La Pradera, Distrito Metropolitano de Quito

1.3.2 Objetivos Específicos

- Presentar los fundamentos teóricos referentes a la seguridad vial y sus actores: peatones, vehículo e infraestructura, considerando la normativa nacional vigente y las especificaciones internacionales sobre seguridad vial.
- Analizar la situación actual del tráfico en la intersección del caso de estudio y proponer alternativas para las facilidades de cruce.
- Proponer el diseño de la alternativa para cruce peatonal seleccionada, que contenga aspectos técnicos, de implantación y una estimación de sus costos.

1.4 Alcance

Con el presente trabajo de disertación, se busca realizar una propuesta de facilidad vial en la Av. República y Calle La Pradera, sector La Pradera, Distrito Metropolitano de Quito, que mejore la seguridad vial de los peatones sin causar un mayor impacto dentro del tránsito vehicular. Se realizará el diseño y presupuesto de obra; para el efecto se realizarán conteos vehiculares y peatonales.

2 Capítulo II: Fundamentos Teóricos

La seguridad vial se basa en la interacción de tres elementos básicos: elemento humano, elemento vía y elemento vehículo, con la posibilidad de la inclusión de un cuarto elemento denominado medio ambiente. (Alvarez, 2022).

El tipo de interacción vial entre peatones y vehículos construye la seguridad vial de una vía, por ende, lo que se busca al momento de diseñar una vía, es reducir este tipo de interacciones que generan riesgos para ambos participantes. En base a una buena auditoria vial, se puede facilitar la etapa de factibilidad, prediseño y diseño, que materializan la demarcación vial y aquellas que, a la luz de la tecnología, permitan construir vías con un mayor índice de seguridad (Camacho Cabrera, 2017).

2.1 Tráfico vehicular y peatonal

El volumen vehicular y peatonal son variables que determinan el comportamiento del tráfico ante cierta cantidad de vehículos y peatones con la finalidad de definir capacidad vial considerando factores como la geometría de la vía, el tiempo de viaje, la cantidad de tráfico y peatones, y la velocidad de los vehículos, interrelacionándolos de tal manera que se implemente una facilidad de cruce peatonal.

2.1.1 Volúmenes de tráfico vehicular

El volumen de tránsito o volumen de tráfico vehicular puede definirse como la cantidad de vehículos que transitan por un determinado lugar de observación durante un periodo largo o corto de tiempo. Comúnmente, se conoce a esta unidad de volumen de forma más simplificada como “vehículos”, o “vehículos en un periodo de tiempo”. Para definir los volúmenes de tráfico vehicular se requiere definir la intensidad, es decir la cantidad de vehículos que pasan por la vía durante un intervalo de tiempo inferior a la hora, aproximadamente de 15 minutos expresado en horas.

Dentro de manuales de medición vehicular, el intervalo que más suele ser utilizado para este tipo de volumen, es el día, que se puede llegar a describir como vehículos por día. Los volúmenes diarios se usan como una base para el desarrollo y planificación de vías. Para los análisis operacionales, se utilizan los volúmenes de forma horaria, debido a que el volumen

puede oscilar de forma considerable durante el flujo de las 24 horas del día. Cabe recalcar que no todas las horas del día funcionan de la misma manera, las horas con más alto tráfico vehicular, son conocidas como “Horas pico o HP”, sin embargo, en otros manuales de medición, también se las conoce como “Horas de máxima demanda o HMD”, esto se lo determina igual a la cantidad de vehículos que pasan sobre una sección de vía durante 60 minutos a través de conteos de vehículos en períodos de 15 minutos en los que haya circulado por la vía de estudio (Flores Guillén , 2016).

2.1.2 Volúmenes de tráfico peatonal

El volumen de tráfico peatonal es el conteo que cuantifica la demanda peatonal, considerando su variación tanto espacial como temporal y su distribución, es decir los cruces de intersecciones, de igual manera la variedad de peatones. Para definir el volumen, se debe considerar un ancho unitario de un metro, con conteos durante periodos de tiempo menores a una hora, por lo que se expresa el volumen como número de peatones por cada hora por metro. Los datos se obtienen a través del registro de información, considerando las variables de flujo peatonal para realizar un estudio del volumen peatonal, lo cual determina el grado de utilización de la infraestructura que es la acera.

Dentro de este estudio no existe distinción del tipo de peatón con el fin de diseñar una facilidad peatonal ya sea de alto o bajo flujo. Con respecto al conteo de peatones, se lo realiza de manera manual o a través de sensores; la técnica de manera manual es utilizada para inventarios viales, así como de señalización, sin embargo, la presencia en campo interfiere en el comportamiento de peatones, por lo que esta técnica es propensa a presentar errores.

2.2 Actores de la seguridad vial

Con respecto al diseño de vías, se debe considerar los actores de seguridad vial que son aquellas personas que utilizan los vehículos para transitar, y de igual manera aquellos usuarios que cruzan los pasos peatonales. Cabe mencionar que las calles constituyen gran porcentaje de la propiedad pública, por lo que se requiere distribuir equitativamente respecto a las necesidades de sus actores.

2.2.1 Peatones

La población general se la puede considerar como un peatón, teniendo en cuenta a las personas desde 1 año, hasta 100 años. Dentro de un análisis de volúmenes de una vía, el peatón es sumamente importante, debido a que, dentro de las jerarquías, el peatón resulta ser el más vulnerable. Dentro de los peatones se incluyen a los ciclistas y a los usuarios que utilizan el transporte público que, de igual manera son personas vulnerables que requieren de la debida señalización con una división efectiva de tráfico que permita una eficiente circulación. Los peatones poseen una velocidad promedio entre 5-7 km/h, mientras menor sea su velocidad rango donde pueden reaccionar es mayor, y sus rangos de reacción son cortos.

La velocidad de los usuarios depende de tanto la habilidad como de su edad como de factores externos los cuales son: la topografía, el clima, el tamaño y el pavimento. Con respecto a las personas más vulnerables que son aquellos que caminan con ayuda; se estima que su velocidad oscila entre los 0.3 m/s a 0.5 m/s mientras que para los peatones comunes su velocidad se encuentre entre los 0.3 m/s a 1.75 m/s (NACTO, 2016).

2.2.2 Vehículos

Un vehículo se lo puede considerar como un medio de locomoción y transporte, que permite a un usuario su traslado desde un lugar, a otro. Los vehículos se pueden clasificar entre ligeros, pesados, y especiales:

- Vehículos ligeros: Vehículos destinados a pasajeros y/o cargas, cuentan con dos o cuatro ejes, dentro de estos se pueden encontrar automóviles, camionetas y las busetas que son medios de transporte livianos para pasajeros.
- Vehículos pesados: Son vehículos destinados a transportar grandes cantidades de personas, cuentan con sistemas de más de dos ejes con varias ruedas, estos son buses y volquetas.
- Vehículos especiales: Se define como los vehículos se mueven por varias vías, como camiones de carga pesada, bicicletas y motocicletas, y remolques.

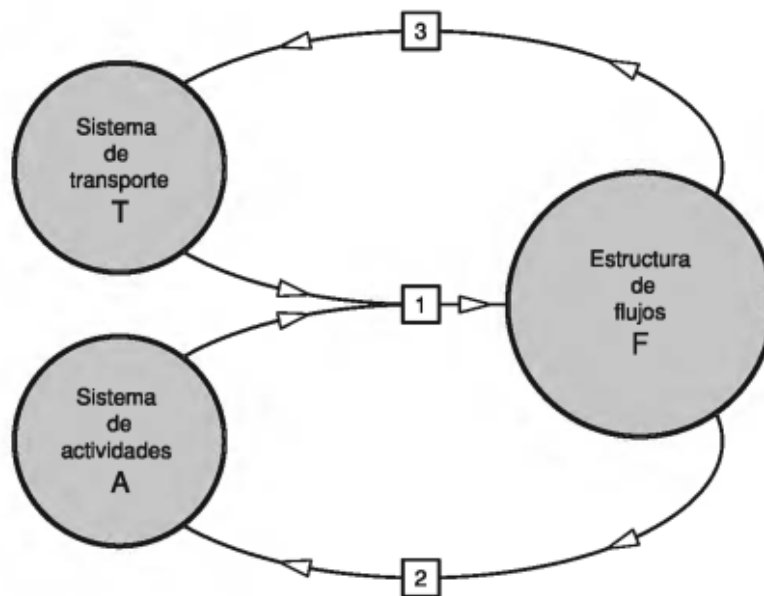
La velocidad de los vehículos es un parámetro de riesgo fundamental, debido a que incide en que tan grave puede llegar a ser cualquier lesión durante el siniestro, puesto que es un parámetro que puede llegar a ser mortal. Es decir, las velocidades de gran impacto incrementan la posibilidad de riesgo de una lesión considerable o de muerte. Con respecto a los vehículos comunes, su velocidad promedio oscila entre los 25-30 km/h, mientras que para vehículos pesados la velocidad promedio varía entre los 20-25 km/h (NACTO, 2016).

2.2.3 Infraestructura

El sistema e infraestructura de transporte, se relaciona directamente con el factor socioeconómico de una región. El mecanismo de transporte puede afectar el modo en la cual, los sistemas urbanos se desarrollan, creando variaciones que inclusive pueden llegar a afectar a los sistemas de transporte. A continuación, se presenta un gráfico en el cual se explica la relación entre estos factores:

Figura 1

Relación del sistema de transporte, actividades y flujos



Fuente: Manheim, Marvin L. Fundamentals of Transportation Systems Analysis (1979).

Este gráfico representa la relación entre las tres variables conocidas:

- Relación 1: Demuestra que los flujos “F” son el resultado de varias interacciones entre el sistema “T” y sistema “A”
- Relación 2: Demuestra que los flujos “F” generan un cambio en el sistema “A” en un largo tiempo dependiendo de los servicios ofrecidos.
- Relación 3: Indica que los flujos “F” generan cambios en el sistema de transporte “T”, causando una necesidad de desarrollar cambios en el transporte.

Las redes peatonales deben ser seguras, accesibles, cómodas, conectadas, y diseñadas de acuerdo con su contexto.

- Seguras: al definir que la circulación de peatones sea adecuadamente iluminada con pendientes accesibles y que no posea obstrucción alguna, con cruces visibles y cortos que permitan acortar las distancias de cruce para evitar riesgos de muerte, y que posea la señalización necesaria.
- Accesibles: al permitir distintas velocidades de circulación con señales visibles para todos los usuarios, de igual manera con anchos de acera suficientes para el confort de los usuarios.
- Conectadas: es decir que posean franjas continuas de circulación con conexiones peatonales que acorten el camino para lograr un paso más ordenado con distintas rutas.
- Diseñadas de acuerdo con su contexto: que permita espacios definidos como redes peatonales vinculadas con espacios verdes ajustados al clima local y con iluminación adecuada.

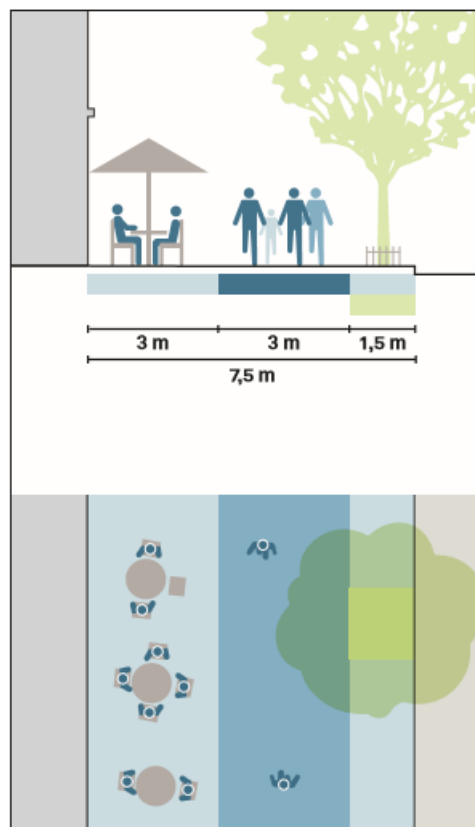
Elementos para la circulación de peatones:

- **Aceras.** – Se distribuyen de manera continua con el fin de ofrecer una franja de circulación peatonal configurada de acuerdo con el volumen de peatones con un ancho suficientemente ancho para que dos personas en silla de ruedas circulen a la vez. Los árboles y servicios públicos sirven como separaciones entre las franjas de circulación y el tráfico. Las aceras representan una inversión fundamental para las ciudades, debido a que se ha demostrado que aparte de promover el cruce peatonal, maximiza el capital social y mejora la salud pública de los ciudadanos (NACTO, 2016). Con respecto a la vía seleccionada, se la define como una acera en el sentido sur y norte, en la cual existen

altos volúmenes de peatones y una alta actividad comercial. Este tipo de aceras deben tener zonas de fachadas definidas y zonas con mobiliario urbano que permitan colocar señales, alumbrado, bancas, jardines y la infraestructura requerida para el transporte público. Las aceras al poseer alta circulación peatonal deben proporcionar una franja de circulación mayor o igual a tres metros que permita el flujo continuo y a la vez que se desarrolle la actividad comercial tal cómo se indica.

Figura 2

Diseño de aceras para una vía pública



Fuente: National Association of City Transportation Officials (2016).

Las franjas de circulación deben poseer un ancho tal que las personas en sillas de ruedas puedan circular y adelantarse entre sí, de 1.8 a 2 metros. Si existen árboles en las franjas de circulación se debe extenderla con el fin de crear espacio adicional, de igual manera colocar refugios de transporte público dentro de la misma.

- **Cruces peatonales.** – Diseñado con el propósito de permitir la circulación de usuarios a pie, deben estar ubicados en cada intersección en donde exista tráfico peatonal y debe contar con señalización para reducir la velocidad de tráfico vehicular antes de llegar a los cruces. Se debe considerar la sensibilidad de los peatones a cambios de pendiente y geometría, de igual manera a la calidad de materiales y a la iluminación, por lo que es trascendental una infraestructura adecuada para mejorar el comportamiento de los peatones hacia la ruta más segura.

Los cruces deben ubicarse en cada intersección o a la mitad de una cuadra cada 80 a 100 metros, evitando distancias mayores a 200 metros que pongan en peligro la seguridad de los peatones. De igual forma, considerar el tiempo de caminata hasta el cruce peatonal, ya que se recomienda menor a tres minutos para que el peatón evite tomar la ruta más directa. Se debe considerar que la señalización posea alta visibilidad en forma de cebra con líneas paralelas o discontinuas para que los vehículos puedan visualizar y procedan a ceder el paso.

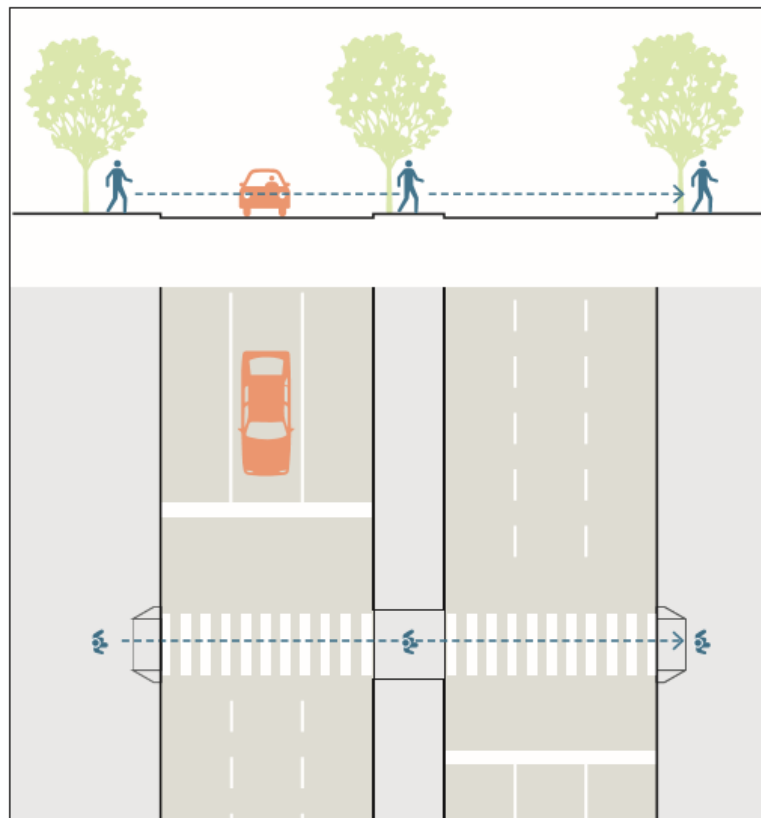
Se colocan semáforos al existir alto volumen de vehículos con velocidades que superen los 30 km/h con el propósito de proporcionar un entorno más seguro. En caso de que la distancia de cruce sea grande, se deben colocar separadores e islas de refugio para que el cruce peatonal se divida en dos etapas, lo cual significa una mayor facilidad y seguridad al cruzar múltiples carriles. Además, para los cruces peatonales se tiene en cuenta la construcción de estos al nivel de la calle, ya que de no ser el caso al colocar un puente elevado se aumentarían las distancias y tiempos de caminata.

Existen distintos de tipos de cruces de acuerdo con el volumen peatonal y vehicular, de igual manera a la geometría de la vía. Dentro de estos existen los convencionales diseñados para bajos volúmenes vehiculares y peatonales, de igual manera poseen semáforos; los cruces diagonales son aquellos que permiten al peatón cruzar la intersección en cualquier dirección al mismo tiempo, considerando volúmenes de tráfico medios y altos, de igual forma volúmenes peatonales altos colocando semáforos; los cruces elevados al nivel de la acera no poseen semáforos, sin embargo los volúmenes peatonales y vehiculares varían de medios a altos, y de igual manera se puede elevar el nivel de la acera prolongando a lo largo de la calle para mejorar la visibilidad de los conductores al aproximarse al cruce; los cruces con pacificación del tráfico son diseñados para volúmenes peatonales y vehiculares medios con velocidades mayores a

30km/h y se colocan elementos verticales de 5 a 10 metros desde el cruce para disminuir la velocidad de los vehículos y que mejore la visibilidad tanto de peatones como conductores.

Figura 3

Diseño de cruces peatonales



Fuente: National Association of City Transportation Officials (2016).

Con respecto a cruces escalonados, estos se diseñan en caso de que existan volúmenes peatonales altos y volúmenes vehicular medios con velocidades mayores de 30 km/h con señalización colocada de 5 a 10 metros antes del cruce en los cuales si es el caso se colocan semáforos fijos y refugios peatonales como estrategias para prevalecer la seguridad del usuario.

- **Refugios peatonales.** - Elementos que reducen la distancia de circulación peatonal, y sirven como áreas de intervalo para que las personas puedan descansar. Se utilizan cuando las velocidades y volúmenes es de alta densidad y pone en peligro a los usuarios, empelado en vías de 3 o más carriles.

Estos elementos deben poseer aproximadamente una profundidad de 1.8 metros de longitud, y una longitud recomendada de 2.4 metros, mientras que su ancho debe poseer al menos 3 metros o igual a su franja de circulación, de tal manera que evite que los conductores realicen cualquier maniobra dentro de este espacio. Una isla de refugio peatonal posee un largo de 10 a 12 metros, que cumpla la función de proteger a los peatones, de igual manera pueden ser más largas con el fin de evitar los giros en U de los vehículos (NACTO, 2016).

Para el diseño de refugios peatonales se considera las puntas de separadores que son elementos los cuales se extienden más allá del cruce y que brindan una seguridad a los peatones con respecto a los vehículos, que a medida que avancen reducen su velocidad. Dentro de las áreas de paso, si se posee una velocidad mayor de 30km/h por parte de los vehículos, debe existir semáforos que permitan la circulación y pacificación del tráfico

Figura 4

Refugios Peatonales

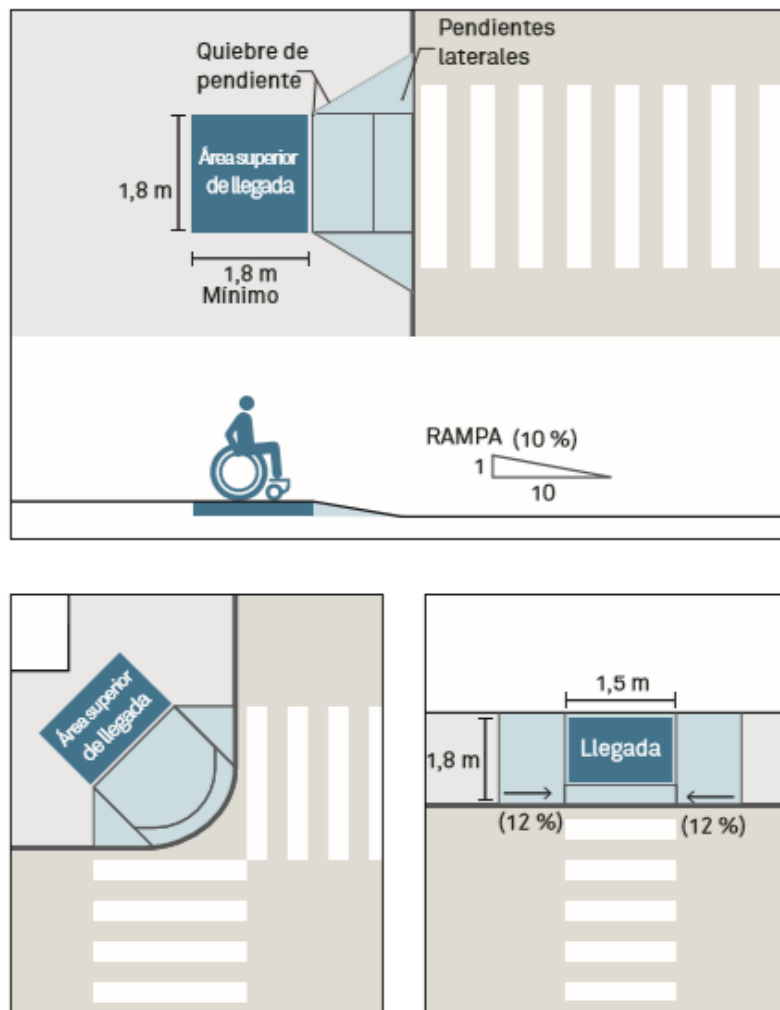


Fuente: National Association of City Transportation Officials (2016).

- Rampas peatonales.** - Empleadas para cambios de nivel entre acera y calzada. Se construyen a partir de materiales antideslizantes con pendientes máximas de 10%. Es de gran importancia para personas que utilizan silla de ruedas o coches, debido a que permiten un mejor confort y una mejor seguridad al momento del cruce peatonal. Dentro del diseño de rampas se considera una pendiente óptima del 8 % con un ancho suficiente igual al de la franja de circulación peatonal, es decir de 1.8 metros y óptimo de 2.4 metros.

Figura 5

Rampas peatonales



Fuente: National Association of City Transportation Officials (2016).

- **Guías para personas con discapacidad visual.** - Guías que permiten a las personas con discapacidad visual, circular por la calzada. Estas estrategias consisten en semáforos peatonales, los cuales poseen líneas táctiles sobre el pavimento de las aceras, bordes y rampas peatonales.
- **Señalización y sistemas de orientación geográfica.** - La señalización debe ser tal que brinde la información necesaria para que los usuarios puedan circular de manera segura, al indicar las distancias, velocidades y tiempos de cruce, de igual manera indican la orientación geográfica.

2.3 Evaluación de la seguridad vial

2.3.1 Auditorías en seguridad vial

Según (Díaz, 2014): La Auditoría de Seguridad Vial (ASV) tiene un proceso de forma sistemática en el cual, un auditor calificado se encarga de comprobar las condiciones de seguridad de un proyecto de una vía ya sea nueva o existente que podría afectar a los usuarios, o la misma. Mediante una ASV, se trata de garantizar que una vía, se diseñe de forma que cumpla con las medidas de seguridad necesaria para todas las personas que transiten por esta, dentro de las fases de pre-proyecto, concepción y ejecución de este.

Jacobo Díaz del Instituto Vial iberoamericano señala que se debe realizar auditorías de seguridad vial debido a que pueden entregar varias compensaciones como: Reducir el índice de accidentes en vías, disminuyendo su gravedad, aumentando la responsabilidad de los diseñadores viales, además se refleja una reducción de los costos en la corrección de vías.

Díaz (2014) afirma: “Los factores para la ejecución de ASV en las carreteras, en función pueden concebirse en varios lugares como la etapa final en la crítica popular de auditoría. Se determina un proceso de ejercicio rítmico de la vía tras su inauguración, de forma que se puedan inquirir las estadísticas de accidentes, realizando un estudio de campo para asegurar el funcionamiento y plena conservación de la estructura vial y sus alrededores, desde la perspectiva de la seguridad de todos los usuarios. Este procedimiento se representa sobre otras carreteras, unilateral de que su inauguración sea actual o no. En varias oportunidades, la red vial abierta al flujo vehicular tiene una existencia de mucho tiempo dentro de la cual trae problemas básicos: hubo criterios de seguridad no tan exigentes como los actuales, y el mantenimiento no siempre tiene la seguridad de ser realizado de la mejor manera.”

Díaz (2014) indica la siguiente clasificación:

- Determinación del tráfico
 - Intensidad media diaria
 - Tráfico de vehículos pesados
 - Otros tráficos: peatones, ciclistas, motociclistas, vehículos agrícolas

- Caracterización de la accidentalidad
 - Revisión de la accidentalidad en la vía
 - Tipología y ubicación de accidentes más recurrentes

- Caracterización geométrica de la carretera
 - Trazado horizontal y vertical
 - Sección transversal
 - Márgenes de vía
 - Equipamiento: Señalización e iluminación
 - Puntos singulares: Accesos, travesías, túneles, accesos
 - Elementos de drenaje

- Características climáticas
 - Días de lluvia, nieve, hielo, viento

- Análisis de velocidades
 - Medición de velocidades
 - Estimación de incrementos de velocidad esperados
 - Identificación de puntos con velocidad de diseño estricta

2.3.2 Normas de seguridad vial en Ecuador

La Asamblea Nacional Constituyente expidió la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, establece las normas de aplicación a las que están sujetos los agentes que intervienen en el flujo vehicular tanto conductores, peatones, pasajeros y operadores de transporte, así como las regulaciones de los vehiculos que transiten las vías de tránsito. Los encargados de la gestión administrativa, económica y técnica son las Unidades Administrativas Regionales y Provinciales dirigidas por un responsable de libre nombramiento por parte del Directo Ejecutivo de la Agencia Nacional de Tránsito. Se define a la seguridad vial como la reducción de riesgo de accidentes de tránsito en las vías mediante enfoques multidisciplinarios relacionados a la ingeniería de tránsito que consiste en la gestión, educación, formación y capacitación de los actores, de igual manera a través de la investigación de siniestros (Correa , 2012).

Acerca de los actores de la seguridad vial, los peatones son aquellas personas con poseen el derecho de cruzar la calle, tomando las precauciones necesarias para salvaguardar su seguridad. Los peatones deben contar con la ayuda adecuada de parte de los agentes de tránsitos al instante de cruzar la calle, y si son personas con una mayor vulnerabilidad como niños, ancianos, invidentes poseen más derecho a ser ayudados y disponer de vías sin obstáculos con la adecuada infraestructura y señalización. Sin embargo, al igual que poseen derechos tienen deberes que la Ley Orgánica de Transporte establece, que consisten en que los peatones deben despejar la calle en caso de que vehículo como ambulancias, bomberos y policiales transiten; además, deben evitar cruzar la calle de manera diagonal, al igual que temerariamente. Al cruzar la calle se deben tomar las precauciones necesarias, de tal manera que se evita transitar por vías públicas, cuya infraestructura sea un peligro de seguridad como por ejemplo el cruce en túneles, pasos a desnivel, puentes férreos y viaductos. En el caso de cometer alguna infracción, el agente de tránsito debe proceder a la suscripción y entrega de la citación.

Como antecedente, en el año 2015 El Instituto Nacional de Estadística y Censos junto con la Agencia Nacional de Tránsito registraron 1967 muertes como consecuencia de accidentes de tránsito en Ecuador (INEC & ANT, 2015). Mientras que para 2016, según Diario El Comercio, la tasa de problemas viales se redujo dentro en un 15,3% en comparación al año previo. Durante el 2015 se determinaron 35.706 accidentes, para 2016 el total de accidentes fue de 30.269 en los cuales 23.425 personas resultaron heridas, y un 8.4% fallecieron (Comercio, 2017). Sin embargo, en los índices del Banco Mundial, mortalidad en accidentes

de tránsito en Ecuador es de 20 decesos por cada 100.00 habitantes, ubicando al Ecuador con la quinta tasa más alta de mortalidad en percances viales de América del Sur, adicionalmente, el INEC detalla que los accidentes de tránsito constan entre las 10 principales causas de muerte en Ecuador. (Mundial, 2022).

Según (El Comercio, 2022): El porcentaje de víctimas fatales correspondiente a conductores en accidentes de tránsito es del 17,81% en tanto que el 40,83% es para los peatones, los motociclistas representan el 36.70% y los ciclistas el 2.29% en la vía, datos que permiten tener a la ciudadanía, un mejor conocimiento sobre esta problemática para concientizar sobre lo que se acontece en las calles de la capital.

El 16 de agosto de 2017, en la provincia de Pichincha se firma El Pacto Nacional por la Seguridad Vial, emitido por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOPE), de forma participativa con el gobierno y varios sectores civiles interesados en la seguridad vial. Su objetivo es aumentar la prioridad y velar por la seguridad vial, así como varias medidas de prevención enfocadas a los accidentes viales de nuestro país, con varias reformas de gobierno. (MTOPE, 2017).

Dentro de los pilares del Pacto Nacional por la Seguridad Vial son:

- Institucionalidad: Aumentar los recursos estatales del sector TTTSV.
 - Mantener y motivar la participación de los actores que integran el organismo, en todas las etapas del PNSV.
 - Mejorar la educación vial, dentro de los factores de prevención y seguridad.
 - Promover auditorías a organismos de control en la temática de tránsito.
- Vías de tránsito más seguras: Implementar criterios de seguridad vial en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la RVE.
 - Perfeccionar el COOTAD con la finalidad obtener una mejor alineación con las reformas de estado dentro del organismo de tránsito dentro del marco del PNSV.
 - Mejorar los auditorios viales de forma que aumenten la seguridad vial dentro de los términos para garantizar resultados satisfactorios dentro de las decisiones a tomar.

- Evaluar las estructuras de bicicletas y peatones.
- Vehículos más seguros: Mejorar la gestión estatal del TTTSV.
 - Mejorar los reglamentos para la permisión de vehículos extranjeros que cumplan los estándares de seguridad propuestos.
 - Crear nuevas reformas estatales que aseguren una inspección de forma física sobre los elementos de seguridad de los automóviles.
 - Estandarizar los sistemas de revisión automovilística.
- Respuesta tras accidentes de tránsito: Garantizar la atención integral y oportuna a las víctimas de los siniestros de tránsito.
 - Articular oportunamente las acciones de atención y rehabilitación de víctimas de siniestros de tránsito.
 - Desarrollar e implementar la institucionalización y articulación integral, oportuna y óptima de las víctimas.

Este pacto ha sido el fruto del concilio de varias organizaciones tanto públicas como privadas, para crear los 42 alineamientos de acción que lo rigen, y poder así reducir en un 50% la cantidad de personas fallecidas en accidentes en nuestro país, en un marco de 4 años desde su publicación.

3 Capítulo III: Facilidades Peatonales Para La Av. República y Calle La Pradera, Sector La Pradera, Distrito Metropolitano de Quito

En 2014, Toscano Izurieta Juan Carlos presentó el trabajo de tesis de pregrado de la Universidad Central del Ecuador con el tema: “CAUSAS DE LAS INFRACCIONES A LA LEY DE TRÁNSITO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, donde se manifiesta que los accidentes de tránsito conforman un inconveniente legal y social, el cual se ha investigado para buscar cuales son los motivos que causan las infracciones de tránsito (Toscano, 2014). El autor enfatiza los factores sociales y culturales donde la seguridad vial es un tema de gran importancia, en especial en nuestro país, debido a que existe una gran ignorancia por parte de los conductores y peatones, incrementando la fatalidad de los accidentes de tránsito, por lo cual es necesario implementar facilidades viales para la seguridad de los peatones.

3.1 Descripción de la zona de estudio del caso

Con respecto a la avenida en estudio (Av. República y calle La Pradera), en un reconocimiento previo se identificaron 3 carriles por sentido, con un ancho aproximado de 9.00 metros, cuya capa de rodadura es de pavimento asfáltico flexible. En referencia al tránsito tanto vehicular como peatonal en el sector de la Av. República y calle La Pradera, se observa que el flujo de autos y peatones es constante durante todo el día, debido a que este sector funciona como zona urbana, financiera y empresarial, habiéndose observado que a partir de la construcción del patio de comidas y bebidas “La Pradera – Mega Plaza”, el flujo de peatones y el flujo vehicular aumentaron drásticamente. En la Av. República, aproximadamente 20 metros hacia el norte desde la intersección con la calle La Pradera, se encuentra la entrada al patio de comidas antes nombrado, y al no existir una facilidad de cruce que permita que las personas se trasladen desde el otro extremo de la vía, se reconoce que hay una falta de una solución vial que brinde seguridad a los peatones, y a su vez, no obstruya el tráfico vehicular. Esto supone un riesgo de ocurrencia de accidentes en la avenida mencionada, especialmente en horas pico, situación que hace necesaria la búsqueda de una solución que mejore la seguridad de peatones y vehículos.

A continuación, se presenta un mapa de la intersección, un mapa de localización del sector y una fotografía de la Av. República en el sector donde se requiere la intervención:

Figura 6

Mapa de localización del sector



Fuente: Elaboración propia

Figura 7

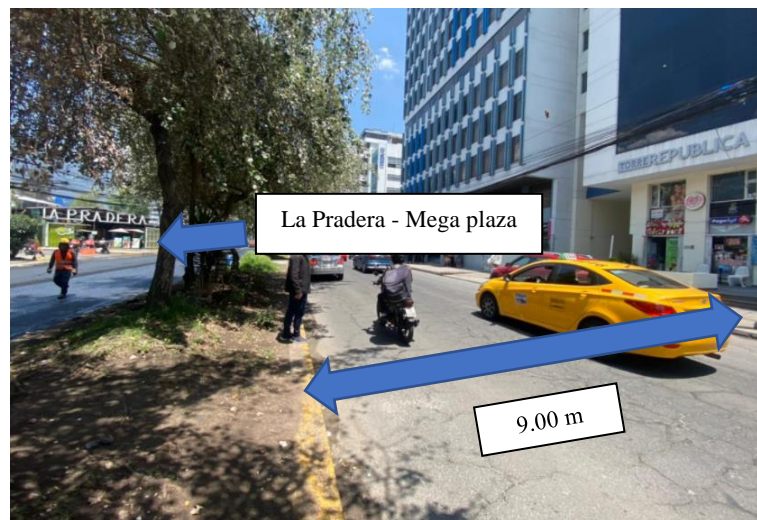
Mapa de la vía en estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Fotografía de la Avenida República



Fuente: Elaboración propia

En la ciudad de Quito, no se han encontrado estudios previos respecto al análisis de la implantación de cruces viales en zonas urbanas que precautelen la seguridad tanto del peatón como del conductor, sin afectar el flujo de tráfico vehicular, ni tampoco facilidades viales específicamente en la Av. República y calle La Pradera, como se puede observar en la ilustración #3.

3.2 Situación actual de los niveles de tráfico

3.2.1 Medición del volumen de tráfico vehicular

Para tomar en cuenta la variabilidad de los volúmenes de tránsito durante las horas del día, hay muchos factores que influyen dentro del análisis, como la ruta que se tiene establecida, las actividades sociales y económicas presentes, si hay puntos turísticos, agrícolas, comerciales, industriales, etc. Dentro del Distrito Metropolitano de Quito, según estudios y proyecciones de tráfico realizados tanto en estudios municipales, como privados, se pueden asumir que las horas pico, donde más tránsito de vehículos hay, se establecen en 3 horarios a lo largo del día: En la mañana, de 7:30 am a 9:30 am, el volumen horario tiende a alcanzar cifras máximas debido a la movilización de vehículos escolares, públicos y particulares, entre las 9:30 am a las 12:30 pm, se reduce nuevamente, hasta su nuevo ascenso a las 12:45pm a las 2:00 pm debido a la

hora de almuerzo tanto en instituciones públicas como privadas. Entre las 2:00pm a las 4:30pm se registra otra disminución dentro del volumen vehicular, y entre las 4:45pm hasta las 7:00pm vuelve a ascender, debido a que las personas adultas, empiezan a dejar sus trabajos para dirigirse a sus hogares.

Figura 9

Ejemplo de variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Período (horas : minutos)	Volumen cada 5 minutos (Q_5) (vehículos mixtos)	Período (horas : minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q_{15}) (vehículos mixtos)
17:00-17:05	102	17:00-17:15	314
17:05-17:10	104		
17:10-17:15	108		
17:15-17:20	152	17:15-17:30	476
17:20-17:25	158		
17:25-17:30	166		
17:30-17:35	171	17:30-17:45	550
17:35-17:40	187		
17:40-17:45	192		
17:45-17:50	206	17:45-18:00	693
17:50-17:55	223		
17:55-18:00	264		
18:00-18:05	327	18:00-18:15	825
18:05-18:10	291		
18:10-18:15	207		
18:15-18:20	146	18:15-18:30	363
18:20-18:25	112		
18:25-18:30	105		

Fuente: Ingeniería de tránsito. Cal y Mayor, R. (2016)

Un flujo de forma horaria en su máxima crecida, es común que no implemente la misma continuidad de corriente en todo momento, lo que simboliza que durante el periodo analizado, pueden existir períodos cortos con una tasa de flujo mucho mayor, al de la hora en general, por lo cual, se debe aplicar una metodología en la cual, se realicen mediciones de vehículos en cuartiles de tiempo variados, conocidos como “ $t = \text{duración del período en minutos}$ ”, las duraciones (t) de los períodos dentro de la hora de análisis, generalmente suelen variar entre 5, 10 o 15 minutos, o hasta de 1 hora, dependiendo del tipo de vía, y el sector donde se ubique esta.

Para el presente trabajo de titulación, se optó por realizar una metodología de medición, basada en 4 mediciones de 1 hora cada una, dentro de horas pico donde la distribución de flujos vehiculares será máxima. La medición general fue realizada el miércoles 2 de noviembre del 2022, en el horario de 7:30 am hasta las 18:30 pm, bajo criterios del libro “Ingeniería de tránsito (Rafael Cal, 2007).”, por lo cual se dividió el volumen de tráfico vehicular, en varios tipos de vehículos, para facilitar la toma de datos, a continuación, se presenta la tabla acumulativa con los datos levantados en campo:

Tabla 1

Medición del flujo vehicular en la Av. República, sector la Pradera, Distrito Metropolitano de Quito

Período (Horas : Minutos)	Volumen cada hora
7:30 - 8:30	1792
8:30 - 9:30	1662
16:30 - 17:30	1517
17:30 - 18:30	1824

Nota: Esta tabla muestra cómo varía el flujo vehicular en la Av. República, en periodos de 1 hora, dentro de una hora de análisis.

3.2.2 Medición del volumen de tráfico peatonal

Cal y Mayor, R. (2016) plantea que, para realizar la medición del tránsito peatonal, se tiene una similitud con el tráfico vehicular donde se definen niveles de servicio. Por ejemplo, las medidas cualitativas que se utilizan para distinguir el flujo peatonal son: velocidad de tránsito, realizar rebases, etc. Otro tipo de medidas más específicas son: la disponibilidad de

cruzar vías vehiculares, caminar en otro sentido, maniobrar de forma que no existan problemas de circulación.

En la siguiente figura se muestra cómo se utilizan y manejan los diferentes niveles de servicio para medir el tránsito peatonal.

Figura 10

Niveles de servicio peatonales en aceras y senderos

Nivel de servicio	Espacio (m ² /peatón)	Tasa de flujo (peatones/min/m)	Velocidad (m/s)
A	>7.00	≤14	≥1.63
B	≥1.00	≤91	≥1.51
C	≥0.77	≤115	≥1.47
D	≥0.40	≤194	≥1.30
E	≥0.17	≤287	≥0.83
F	<0.17	Variable	<0.83

Fuente: Cal y Mayor, R. (2016). Ingeniería de tránsito.

Para este caso de estudio, solo se tomará en consideración el nivel de servicio basado en la tasa de flujo peatonal, es decir cuántos peatones, transitan en un promedio de 1 hora a lo largo de toda la vía, a continuación, se presenta la medición de los peatones realizada en la Av. República:

Tabla 2

Medición del flujo peatonal en la Av. República, sector la Pradera, Distrito Metropolitano de Quito

Período (Horas : Minutos)	Volumen cada hora
7:30 - 8:30	46
8:30 - 9:30	39
16:30 - 17:30	42
17:30 - 18:30	35

3.2.3 Investigación en el entorno sobre accidentalidad

Según (Comercio, 2018): “Un accidente de tránsito se registró cerca de las 04:00 de este viernes 14 de diciembre del 2018, en las avenidas Diego de Almagro y República, sector La Pradera, norte de Quito. Cuatro personas resultaron heridas, el accidente se produjo entre dos vehículos que circulaban la zona, uno de los automotores quedó volcado en la venida República y Diego de Almagro.” (Comercio, 2018)

Según (Últimas Noticias, 2019): “A la 01:00 de este miércoles 1 de mayo del 2019, se produjo un accidente en la intersección de las avenidas 10 de Agosto y Orellana, a la altura del sector de La Pradera, norte de Quito. El cuerpo de Bomberos de Quito (CBQ) informó que un Suzuki Grand Vitara se impactó de frente contra una de las bases del paso deprimido del sector.” (Últimas Noticias, 2019)

Figura 11

Peatón cruzando la Av. República, sector la Pradera



Fuente: Elaboración propia

Después de realizar una investigación acerca de la accidentalidad dentro del sector la Pradera, como se puede observar, se han producido varios accidentes de carácter automovilístico en el cual resultaron heridos sus ocupantes, sin embargo, no se tiene registros

tanto de prensa, como de comunicados oficiales por parte de las entidades gubernamentales competentes, acerca de accidentes de carácter vehículo – peatón dentro de la Av. República y calle La Pradera. Como se puede observar en la figura 11, no existe como tal una facilidad peatonal que permita que los peatones logren transitar correctamente por la Av. República, esto en un futuro podría desembocar en algún accidente de carácter mayor, por lo cual sería necesario la implementación de dicha facilidad peatonal.

3.3 Planteamiento de alternativas

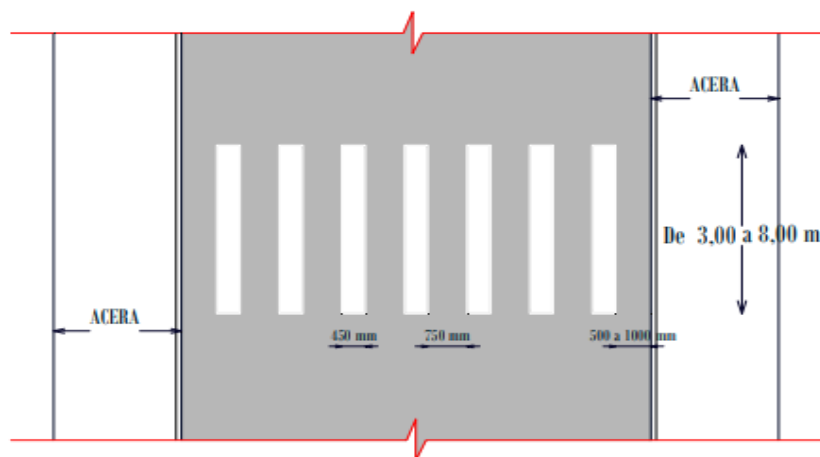
3.3.1 Cruces peatonales tipo cebra

La cebra peatonal es un elemento vial diseñado para regular los conflictos entre vehículos y peatones. Se caracteriza por delimitar una zona de la en la cual se prioriza el cruce de usuarios; de modo que los vehículos que circulen sobre esta zona se encuentran en la obligación de detenerse. Su principal objetivo es brindar a los peatones el derecho a una circulación irrestricta. (Cortés, 2016)

Su diseño está basado en bandas paralelas al eje de calzada de color blanco, con una longitud de 3.00 m a 8.00 m, ancho de 450mm y la separación de bandas de 750mm. Se debe iniciar la señalización a partir del bordillo o borde de la calzada a una distancia entre 500mm a 1000mm, teniendo a máximo posible, ajustada al ancho de calzada. (INEN, 2012)

Figura 12

Cruce peatonal tipo cebra



Fuente: Ministerio de Transportes y Obras Públicas (2015).

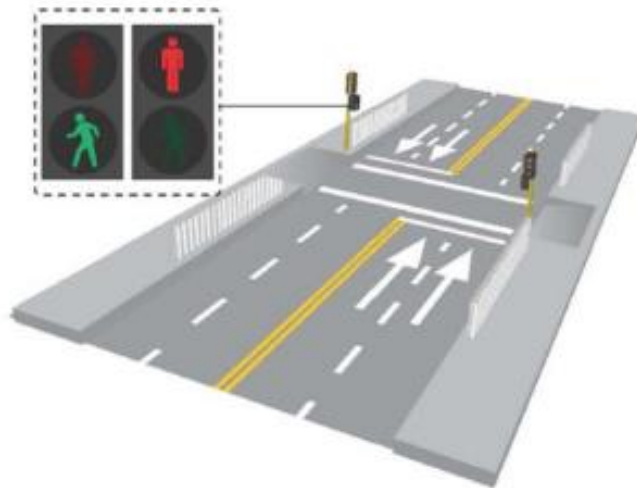
3.3.2 Semáforos peatonales

Los semáforos peatonales mecanismos que regulan la circulación de peatones, a través de indicadores de luces de color verde y rojo, los cuales cambian en un determinado tiempo. Estos pueden equiparse, de ser necesario, de un pulsador de llamada y de dispositivos acústicos que favorezcan a personas con discapacidad visual.

Para la determinación del tiempo de duración del verde para el cruce se estima que un peatón circula a una velocidad de 0.75 m/s, la cual se puede reducir a 0.5 m/s en lugares específicos tales como escuelas. (INEN, 2012)

Figura 13

Cruce peatonal regulado por semáforo



Fuente: Ministerio de Transportes y Obras Públicas (2015).

3.3.3 Comparación de alternativas

A continuación, se indican las recomendaciones y parámetros para el análisis de una alternativa de cruce peatonal, teniendo en cuenta que el refugio central depende del ancho de calzada.

Parámetro PV^2

P = Flujo de peatones por hora que cruzan la vía en una longitud de 100m

V = Flujo de vehículos por hora en ambas direcciones

Tabla 3

Umbrales para el indicador PV^2

PV^2	P (peat/h)	V (veh/h)	Recomendación preliminar
Sobre 10^8 y si no es posible la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada	50 a 1.100	300 a 500	Paso de Cebra
	50 a 1.100	sobre 500	Semáforo peatonal
	sobre 1.100	sobre 300	Semáforo peatonal
Sobre 2×10^8 y existe o es necesaria la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada	50 a 1.100	400 a 750	Paso de Cebra con isla o refugio peatonal
	50 a 1.100	sobre 750	Doble semáforo peatonal con refugio peatonal (semáforo desfasado)
	sobre 1.100	sobre 400	Doble semáforo peatonal con refugio peatonal (semáforo desfasado)

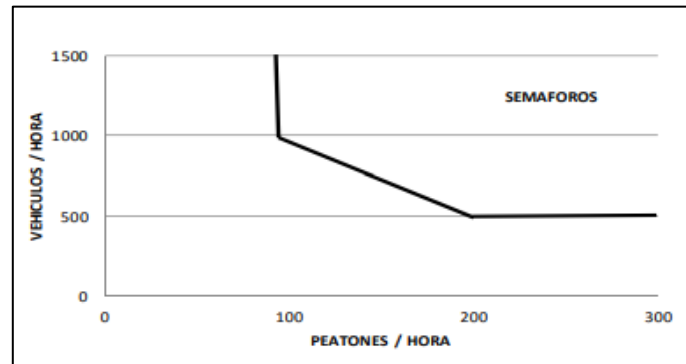
Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Gobierno de Chile.

Las facilidades peatonales explícitas se proveen para mejorar las condiciones de seguridad para peatones, sin producir demoras excesivas tráfico. Esto se logra si son localidades de manera que atraigan el máximo número de peatones y que los conductores las reconozcan apropiadamente, sin embargo, para planear una facilidad vial se necesita tener en

cuenta que debe existir una separación de al menos 50 metros de longitud para que los vehículos puedan desarrollar su recorrido.

Figura 14

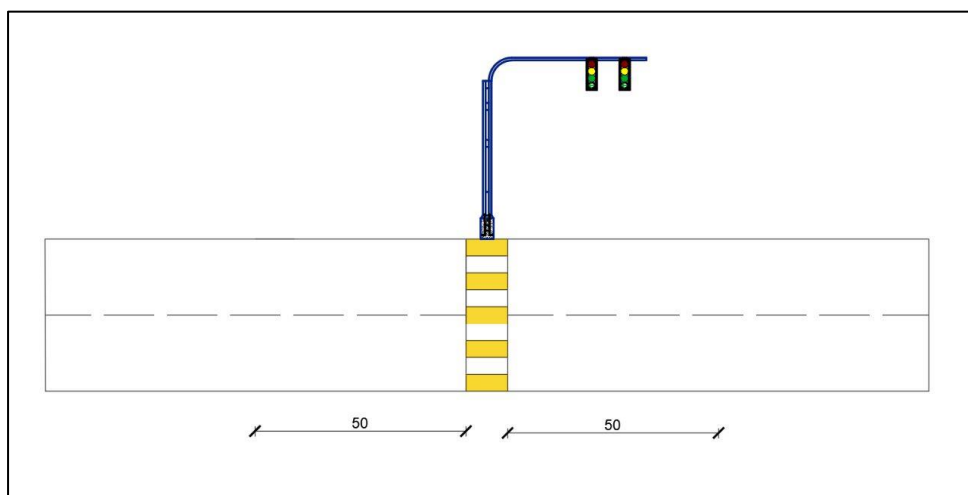
Nivel de servicio para semáforos y cruces peatonales



Fuente: Sanz Aludan Alfonso. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Calmar el Tráfico.1996

Figura 15

Facilidades viales



Fuente: Elaboración propia

4 Capítulo IV: Análisis De Resultados

Mediante la información que se obtuvo a partir de los registros y formularios tomados en campo, se procede a:

1. Aplicar el parámetro PV^2 teniendo en cuenta el flujo de peatones, y el flujo de vehículos obtenidos.
2. Realizar el dimensionamiento técnico y el diseño de la facilidad peatonal
3. Realizar el presupuesto de obra teniendo en cuenta el costo de los materiales con precios del mercado actual.

Tomando en cuenta los parámetros que se describieron en el marco teórico, se pueden realizar un análisis de los flujos peatonales y vehiculares, para establecer un comportamiento dentro de la Av. República de forma cuantitativa, para responder a objetivo planteado: Diseñar las facilidades peatonales para cruces en vías urbanas, aplicado al caso de estudio: Av. República y Calle La Pradera, sector La Pradera, Distrito Metropolitano de Quito.

4.1 Diseño de la facilidad vial para la vía seleccionada

4.1.1 Dimensionamiento técnico

A continuación, se procede a presentar el desarrollo del cálculo para la facilidad vial prevista, realizado en el software profesional “Excel”:

Tabla 4

Conteo en las horas de máximo flujo vehicular y peatonal, cálculo del índice de la facilidad vial

Período (Horas : Minutos)	Volumen vehicular cada hora	Volumen peatonal cada hora	PV^2
7:30 - 8:30	1792	46	
8:30 - 9:30	1662	39	
16:30 - 17:30	1517	42	116872938
17:30 - 18:30	1824	35	30
PROMEDIO	1699	41	

Como se puede observar, el promedio de medición del flujo vehicular dio un total de 1699 vehículos/hora, el promedio de medición del flujo peatonal, dio un total de 41 peatones/hora, al aplicar el cálculo del indicador de conflicto *vehículo – peatón*, que esta recientemente reglamentado por el Ministerio de Transporte, se puede observar que el valor final es de 116872938, o de forma reducida como 1.17×10^8 , a continuación, se coloca el umbral del indicador PV^2 en el caso calculado:

Tabla 5

Umbrales para el indicador PV^2

PV^2	P (peat/h)	V (veh/h)	Recomendación preliminar
Sobre 10^8 y si no es posible la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada	50 a 1.100 50 a 1.100	300 a 500 sobre 500	Paso de Cebra Semáforo peatonal
	sobre 1.100	sobre 300	Semáforo peatonal

Dentro del rango permisible de 1×10^8 , se realiza un análisis del flujo de peatones y vehículos, para el cruce de la Av. República, se puede constar que el promedio de flujo vehicular supera los 500 vehículos/hora, el flujo peatonal entra en el rango de 50 a 1100 peatones/hora, de esta manera, se deduce que la recomendación preliminar para el caso de la Av. República y calle La Pradera, es implementar un semáforo peatonal para el cruce de peatones, sin necesidad de la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada.

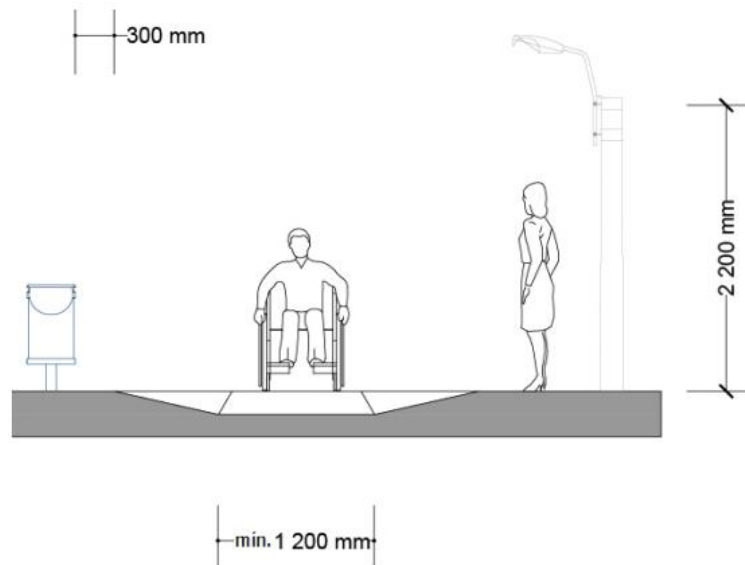
4.1.2 Diseño del proyecto

Para la vía en estudio, se sugiere implementar una facilidad vial que comprende un paso cebra, y un semáforo peatonal, debido a que el flujo vehicular supera los 500 vehículos/hora, y el flujo peatonal se encuentra dentro del rango de 50 a 1100 peatones/hora. A continuación, se presenta una normativa, de cómo se debería implementar un cruce vial con estas características, regida por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2246, 2015):

Cruce Peatonal

Figura 16

Diseño de un cruce peatonal tomando en cuenta peatones con movilidad y peatones especiales



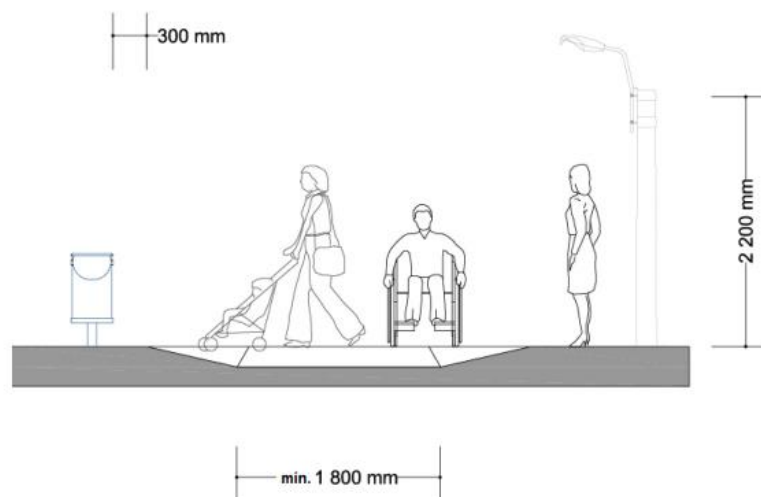
Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2246, 2015)

Según el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Para los casos de aplicación de la accesibilidad mínima, el ancho se puede disminuir hasta en 900 mm en situaciones puntuales debido a elementos estructurales, vegetación o elementos del mobiliario y el equipamiento urbano, preexistentes y cuando la modificación de estos resulte inviable desde el punto de vista técnico. Cuando se prevé la circulación simultánea, en distinto sentido, de dos sillas de ruedas, dos personas con andador, dos coches de bebés, dos coches livianos de transporte de objetos o sus combinaciones, el ancho mínimo libre de obstáculos debe ser de 1 800 mm (NTE INEN 2246, 2015, pp 3).

Figura 17

Diseño de un cruce peatonal tomando en cuenta peatones con movilidad y peatones especiales



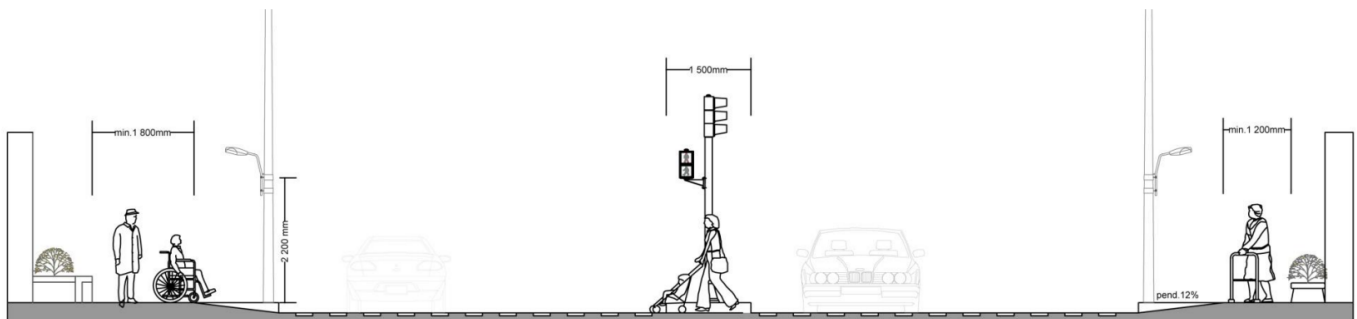
Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2246, 2015)

Para crear un refugio peatonal, según el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Refugios peatonales. Si el cruce peatonal, por su longitud, se realiza en dos o más tiempos y existe entre dos calzadas vehiculares un parterre vial, se debe disponer en este de un espacio con un ancho y longitud mínimos de 1 200 mm, con pendiente no mayor al 2 % en cualquiera de las direcciones, dependiendo de la topografía del terreno, que permita esperar de forma segura para continuar el cruce. De existir desniveles entre el parterre y la calzada, esto se debe salvar mediante vados, según lo indicado en NTE INEN 2245 o bien realizando un corte en el parterre que permita disponer del espacio antes indicado al mismo nivel de piso que la calzada. (NTE INEN 2246, 2015, pp 4).

Figura 18

Diseño de un cruce peatonal tomando en cuenta peatones con movilidad y peatones especiales



Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2246, 2015)

Semáforo Peatonal

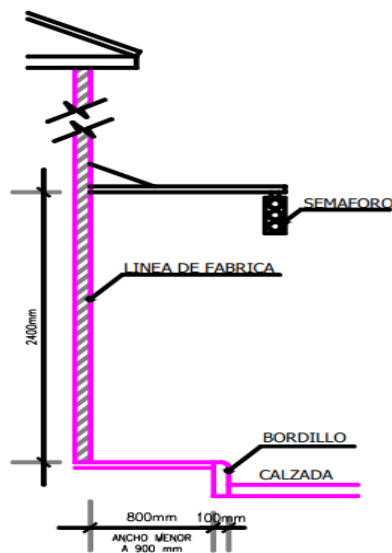
Los semáforos deben ser diseñados e implementados de acuerdo con el RTE INEN 004 Señalización vial, parte 5, semaforización:

El poste de sujeción del semáforo debe ser instalado entre 600 mm a 1000 mm del bordillo exterior de la acera. Si el ancho de la acera fuese inferior a 1600 mm, el soporte del semáforo debe ser instalado en la pared de la línea de fábrica con la base a una altura superior a 2400 mm del nivel de la acera. Los soportes de los semáforos deben ser de tubo redondo, la intensidad de todo acústico de cambio de señal debe tener un sonido inicial de 2kHz e ir disminuyendo en frecuencia a 500 Hz, además tendrá un pulso de tono de 500 Hz con una repetición rápida de aproximadamente 8 Hz. La Señal que indica cruzar debe tener un rápido pulso de 8Hz. En los semáforos peatonales el pulsador para accionar el cambio de la luz debe situarse a una altura de 800 mm y 1200 mm desde el nivel del piso terminado. El poste de sujeción del semáforo debe tener un diámetro mínimo de 100 mm. El pulsador debe ir en altorrelieve y con señalización Braille y cumplir con las siguientes dimensiones: Botón entre 20 mm y 55 mm de diámetro, los semáforos peatonales deben estar equipados con señales acústicas y

vibratorias homologadas por la autoridad correspondiente que sirvan de guía a las personas con deficiencia sensorial. La variación de frecuencia de las vibraciones, la velocidad del cambio de luces, y de la señal acústica debe indicar el momento de efectuar el cruce, lo cual debe ser regulado por la autoridad competente. (NTE INEN 2 314, 2010, pp 6-8).

Figura 19

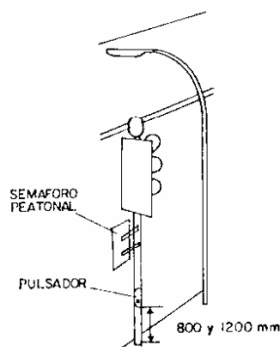
Poste de sujeción del semáforo



Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2 314, 2010)

Figura 20

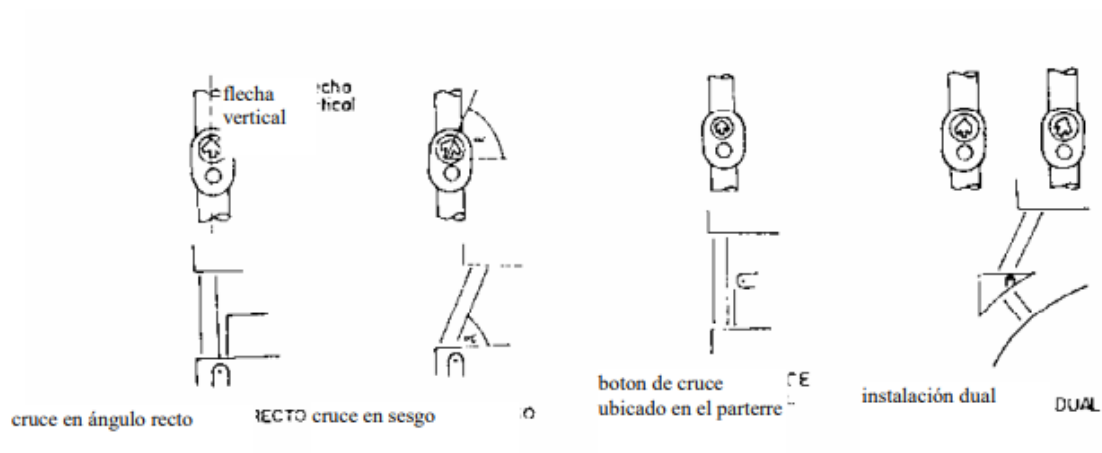
Ubicación del pulsador en el semáforo



Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2 314, 2010)

Figura 21

Botones pulsadores

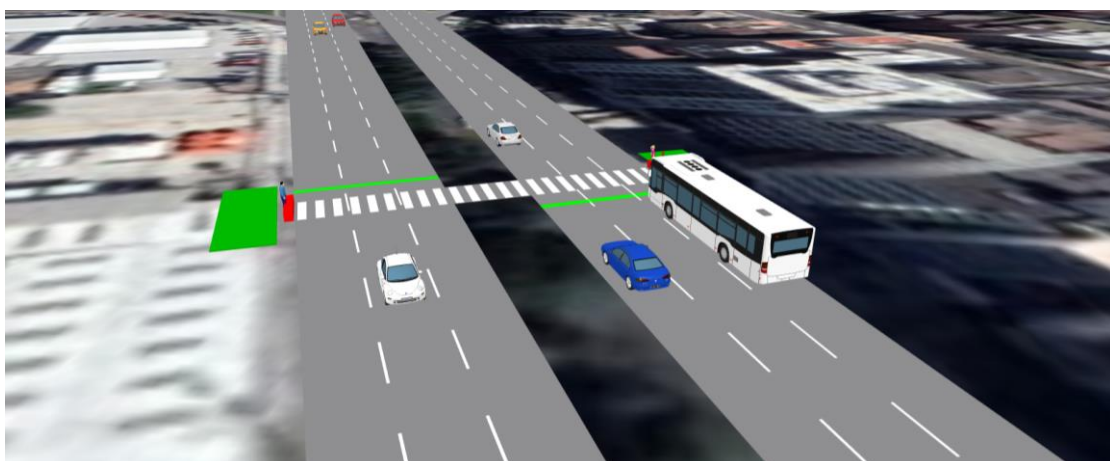


Fuente: INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2 314, 2010)

De forma paralela, se ha realizado un modelado en 2D y 3D dentro del software de modelado vial y de tráfico “PTV Vissim”, para presentar la implantación de la facilidad vial propuesta, en la Av. República y calle La Pradera, que brindara una mayor seguridad a los peatones que pasan intempestivamente debido a la falta de un paso cebra y un semáforo peatonal.

Figura 22

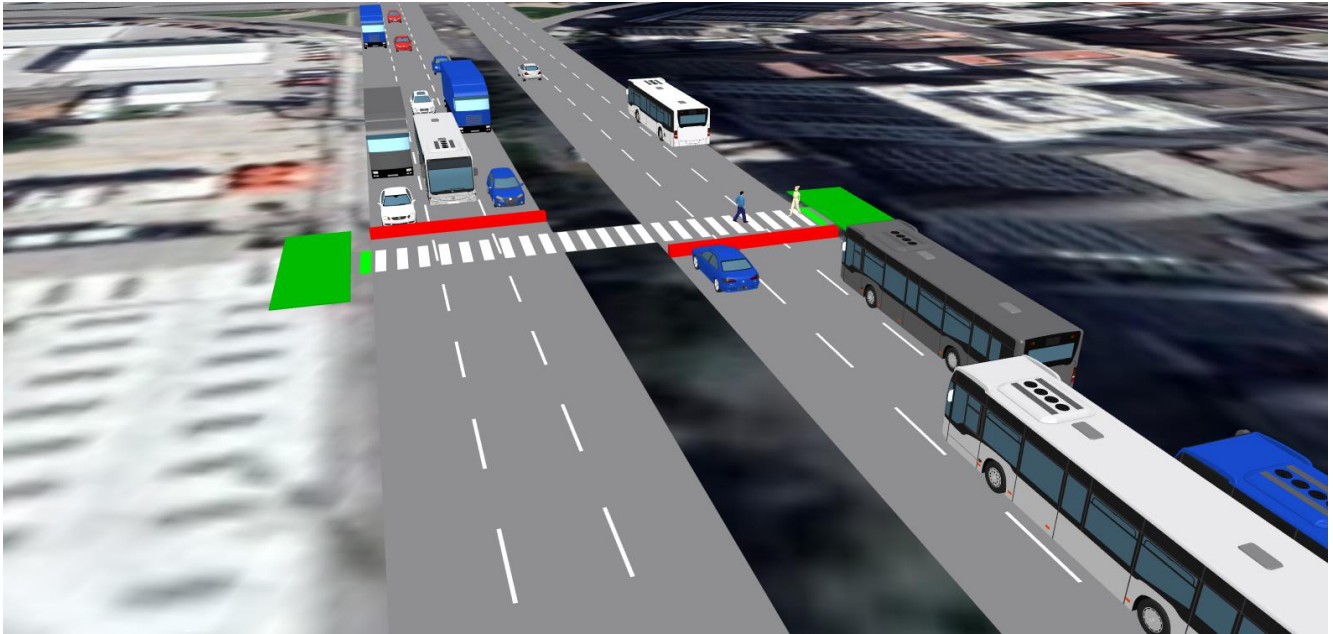
Modelación 3D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

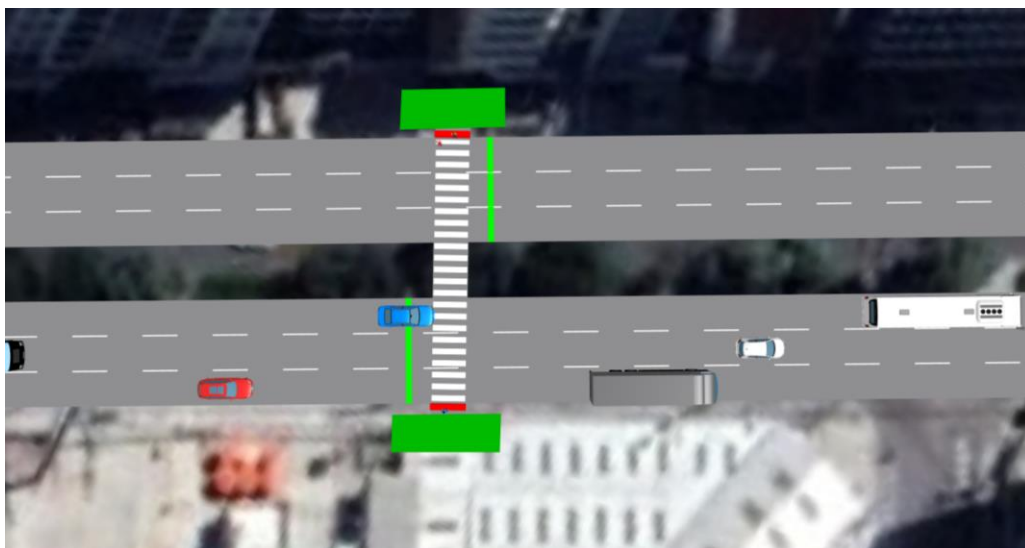
Modelación 2D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

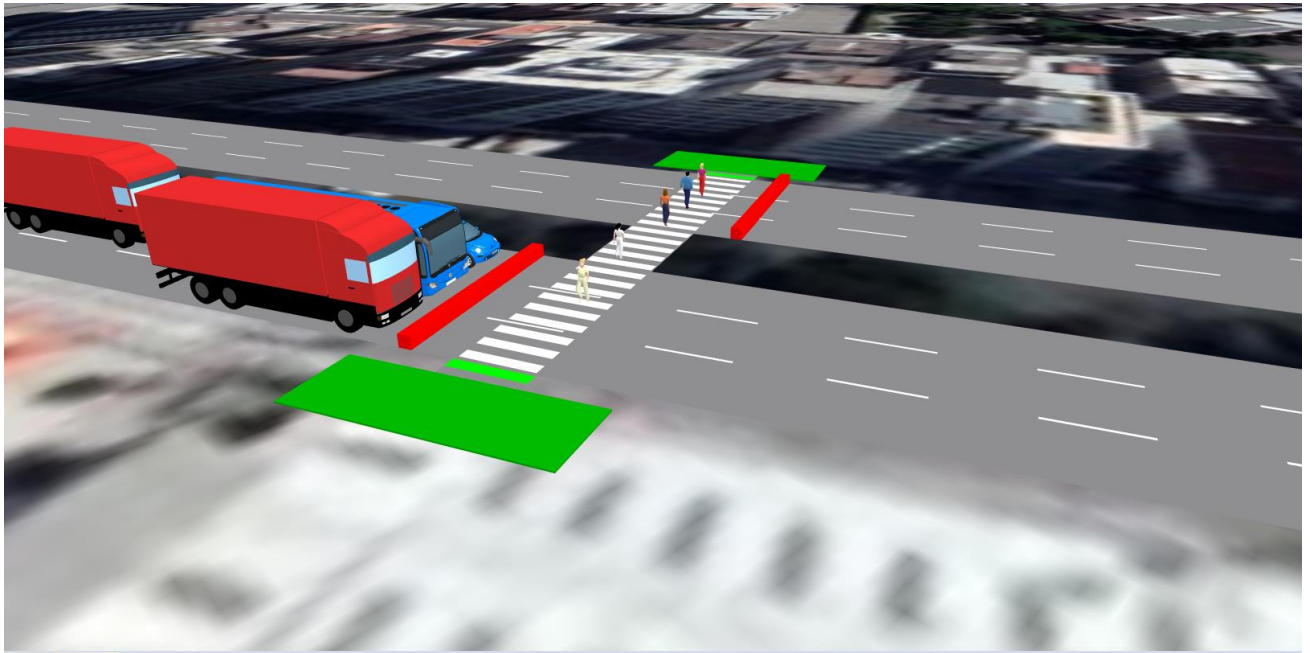
Modelación 2D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Modelación 3D de la facilidad vial en Av. República y calle La Pradera



Fuente: Elaboración propia

4.2 Presupuesto de obra

En base a las necesidades previstas para la facilidad vial, se ha realizado una estimación de costos referenciales del proyecto, tomando en cuenta el precio de los materiales necesarios y ajustados a su valor actual en el mercado, a fin de que la planificación se la realice a plena satisfacción de la entidad municipal contratante:

Tabla 6

Presupuesto de Obra para la facilidad vial en la Av. República y calle La Pradera

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO / JORNAL	CANTIDAD	TOTALES (\$)
1	REGULADORES DE SEMÁFOROS				
1.10	REGULADOR COMPLETO DE SEMÁFORO	u	3077,26	2	6154,52
	SUBTOTAL				6154,52
2	SEMÁFOROS Y PULSADORES				
2.10	SEMÁFOROS DE TRES MÓDULOS 1/300+ 2/200 PARA PASO DE VEHÍCULOS, EN POLICARBINATO COMPLETO QUE INCLUYA PANTALLAS DE CONTRASTE, VICERAS Y LUMINARIAS LED'S	u	756,25	2	1512,50
2.20	SEMÁFOROS DE 2 MODULOS PARA PASO DE PEATONES, EN POLICARBONATO COMPLETO QUE INCLUYA PANTALLAS DE CONTRASTE, VICERAS Y LUMINARIAS LED'S	u	528,25	2	1056,50
2.30	SISTEMA DE PULSADOR DE ESPERA PARA PASOS PEATONALES	u	196,48	2	392,96
2.40	SISTEMA DE AVISO ACUSTICO PARA INVIDENTES	u	286,62	2	573,24
	SUBTOTAL				3535,20
3	POSTES Y SOPORTES				
3.10	BÁCULO COMPLETO (INCLUYE COLUMNA VERTICAL, CURVA O ÁNGULO, BRAZO DE 2,5 HASTA 7,0 m.) EN CHAPA DE ACERO GALVANIZADO	u	786,96	2	1573,92
3.20	COLUMNA SEMAFORICA (POSTE 4.5 m -BASE)	u	341,64	2	683,28
3.30	SOPORTE SENCILLO/DOBLE CON FIJACIÓN PARA SEMÁFOROS, EN COLUMNAS O BÁCULO	u	70,8	2	141,60
3.40	SOPORTE BAJANTE BÁCULO O MÉNSULA		91,99	2	183,98
	SUBTOTAL				2582,78
4	CABLES ELÉCTRICOS				
4.10	BAJANTE CON TUBERÍA EMT DE 2"	m	77,24	3	231,72
4.20	CABLE ELÉCTRICO DE 3X12 AWG (INCLUYE TENDIDO)	m	3,2	3,2	10,24
4.30	CABLE CONCÉNTRICO 4X16 AWG (INCLUYE TENDIDO)	m	4,12	25	103,00
4.40	CABLE FLEXIBLE #12 AWG VERDE (INCLUYE TENDIDO)	m	1,2	20	24,00
4.50	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO CABLEADO, CALIBRE 4WG	m	4,87	75	365,25
4.60	VARILLA COPPERWELD DE 16 mm x 180 mm DE ALTA CAMADA	u	46,87	15	703,05
	SUBTOTAL				1437,26
5	OBRA CIVIL				
5.10	ARENA	m3	30,79	2	61,58
5.11	BROCAS, CINTA AISLANTE, CAPUCHONES, TRANSPORTE, ETC.	Gl	145,84	4	583,36
5.12	BASE DE HORMIGÓN PARA BÁCULO	u	148,1	4	592,40
5.13	BASE DE HORMIGÓN PARA COLUMNA VEHÍCULAR Y PEATONAL	u	92,72	8	741,76
5.14	CAJAS DE REVISIÓN EN ACERA/PARTERRE 0.60 x 60.60 x 0.60	u	171,56	3	514,68
5.15	CAJAS DE REVISIÓN EN ACERA/PARTERRE 0.60 x 60.60 x 1.20	u	192,19	5	960,95
5.16	PINTURA PARA TRÁFICO BLANCO	m2	6,47	3	19,41
5.17	RECUBRIMIENTO DE ACERAS	m2	46,73	1	46,73
5.18	REMOCIÓN DE HORMIGÓN MACIZO	m3	50,16	1	50,16
5.19	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	m3	4,86	0,5	2,43
5.20	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN MANUAL	m3	17,82	0,25	4,46
5.21	PEÓN	u	3,83	3	11,49
5.22	ALBAÑIL	u	3,87	2	7,74
5.23	MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS	u	4,29	2	8,58
5.24	MATERIAL PARA RELLENO COMPACTADO	m3	183,5	1	183,50
	SUBTOTAL				3789,23
	TOTAL EQUIPAMIENTO Y SEMAFORIZACIÓN				17498,99
	IVA			0,12	2099,88
	TOTAL EQUIPAMIENTO Y SEMAFORIZACIÓN				19598,86

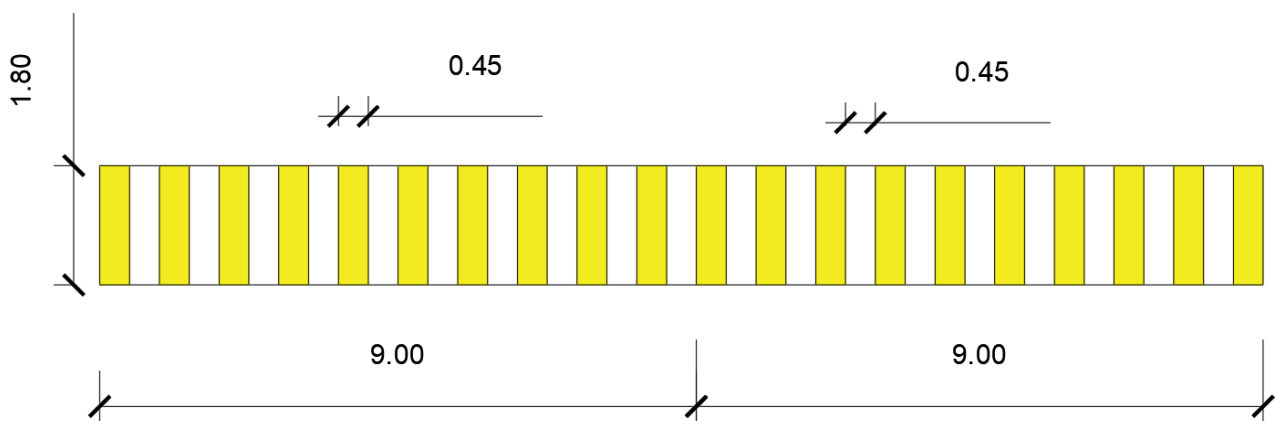
Tabla 7

Dimensionamiento de las franjas peatonales para el cruce vial

DIMENSIONAMIENTO PASO PEATONAL		
# Franjas peatonales	20,00	u
Ancho de franja	0,45	m
Largo de la franja	1,80	m
Área de franja	16,20	m ²
Rendimiento pintura	7,00	m ² /Lt
Litros necesarios	2,31	Lt
	3	Lt

Figura 26

Modelo del paso peatonal para la Av. República y calle La Pradera



Fuente: Elaboración propia

5 Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Los factores que influyen en la determinación de una facilidad de cruce peatonal son: interacción de peatones, la estructura vial (acera, señalización vertical y horizontal, estaciones de refugio peatonal, visibilidad e iluminación), el flujo vehicular y la velocidad a cuál transitan por la vía. Estos factores determinan si la seguridad se encuentra equilibrada para que un peatón pueda usar la vía y gozar de seguridad vial peatonal.

Para que una infraestructura vial pueda ser considerada como segura dentro de un análisis vial, es necesario que conste de los siguientes elementos como mínimo: Aceras correctamente elaboradas, cruces peatonales, refugios peatonales, señalización horizontal y vertical, rampas peatonales, visibilidad tanto peatonal como vehicular. Si estos elementos se encuentran realizados e implementados de manera correcta, la seguridad vial peatonal es satisfactoria.

Dentro de la Av. República, a 20 m aproximadamente de la calle La Pradera donde se busca implementar la facilidad vial, en base a un conteo realizado durante 4 horas en intervalos divididos de 1 hora cada uno, se pudo determinar que la media del flujo vehicular en esta vía es de 1699 vehículos/hora, y el pico máximo de vehículos se lo pudo registrar en el horario de 17:30 a 18:30, con 1824 vehículos/hora, coincidiendo con el horario en el cual las personas van dejando progresivamente su trabajo para regresar a casa, sin embargo, se pudo observar que los vehículos más transitados por la zona, son vehículos particulares de bajas dimensiones.

Dentro de la Av. República, a 20 m aproximadamente de la calle La Pradera donde se busca implementar la facilidad vial, en base a un conteo realizado durante 4 horas en intervalos divididos de 1 hora cada uno, se pudo determinar que la media del flujo peatonal en esta vía es de 41 personas/hora, y el pico máximo de peatones se lo pudo registrar en el horario de 7:30 a 8:30, con 46 peatones/hora, coincidiendo con el horario en el cual las personas se dirigen desde las paradas de transporte público, hacía sus respectivos trabajos/negocios.

Al aplicar el indicador de conflicto vehículo – peatón utilizado por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas de Ecuador, dio como resultado un PV^2 de 1.17×10^8 , lo cual nos indica que la mejor solución a una facilidad vial para el cruce de peatones es un semáforo peatonal, el cual también debe incluir un cruce con cebra para obtener una mejor señalización tanto vertical como horizontal, ya que en este medio interactúan vehículos y peatones, por ende se remarca la importancia de que ambos tipos de señales sean implementados de forma de que sean visibles de forma correcta.

Como se pudo constatar en las fuentes bibliográficas agregadas, según la Secretaría de Movilidad del DMQ, y la Agencia Metropolitana de Tránsito, hay una tasa alarmante de 7.70 peatones muertos en accidentes viales dentro de una muestra de 100.000 habitantes, debido a que en Ecuador, los proyectos viales presentan falencias de carácter grave con respecto a la seguridad vial, por lo cual se considera necesario y urgente, proveer de facilidades peatonales a la urbe de Quito. De igual forma se puede constatar en el presupuesto realizado, que la obra no representa un gasto sumamente excesivo (19598,56\$ - Diecinueve mil quinientos noventa y ocho dólares americanos con cincuenta y seis centavos), si se lo compara con una reducción de hasta un punto dentro de la tasa de peatones fallecidos.

5.2 Recomendaciones

Evaluar las condiciones actuales del pavimento y aceras, para revisar si es necesario hacer proyectos de mejoramiento tanto vial como de aceras, para evitar futuros costos innecesarios dentro de la implementación del proyecto.

Tomar en cuenta los parámetros de las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 2 314 y NTE INEN 2246, para realizar de forma correcta, la implementación de la facilidad vial, dado a que, dentro de la zona de estudio, hay varios tipos de población identificada.

Colocar de forma correcta, una guía para personas no videntes en Braile, dentro de la zona de cruce peatonal, para que puedan identificar el cruce de forma segura.

Realizar de forma periódica, el mantenimiento de la señalización horizontal (cruce peatonal) en ambos carriles de la Av. República, dado a que se puede producir un deterioro considerable en la señalética, lo cual afectaría el cruce de los peatones y su interacción con el flujo vehicular.

Si se establece señalización vertical extra al semáforo planteado dentro del análisis vial, constatar de manera continua la reflectancia de este tipo de señalización, para verificar su grado de visión por parte de los conductores.

Realizar un mantenimiento periódico de los árboles, aceras, e iluminación de la Av. República, ya que estos factores son sumamente importantes dentro del ambiente de interacción de los peatones.

Bibliografía

- ASTM. (2020). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. (D6433-20).
- Correa , R. (25 de Junio de 2012). Reglamento a Lay de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. Ecuador. Recuperado el 19 de Septiembre de 2022, de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>
- Cortés, M. A. (2016). Metodología para establecer la selección de los cruces peatonales en Bogotá, caso de estudio localidad de Engativá. *Metodología para establecer la selección de los cruces peatonales en Bogotá, caso de estudio localidad de Engativá*, 132. Bogota, Colombia. Recuperado el 17 de Noviembre de 2022, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57157/79584603.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores Guillén , J. (2016). Maestría en Tránsito Transporte y Seguridad Vial. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 4 de Octubre de 2022, de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5900/1/12220.pdf>
- INEN. (2012). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*. QUITO, ECUADOR. Recuperado el 17 de NOVIEMBRE de 2022, de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf
- Lopez, S. A. (2020). CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI). Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7224/1/REP_SEGUNDO.VARGAS_CALCULO.DEL.INDICE.pdf

NACTO. (2016). *Guía Global de Diseño de Calles* (Primera ed.). Estados Unidos. Recuperado el 26 de Septiembre de 2022

Naranjo Molina, A. E. (2019). *Auditoría de Seguridad Vial Para peatones. Caso de Aplicación: Av. Naciones Unidas Tramo Entre Av. 6 de Diciembre y Av. 10 de agosto, y av. Río Amazonas Tramo Entre Av. Naciones Unidas y av. Gral. Eloy Alfaro*. Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado. Tomado de:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16257>


INEN. (2015). *ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. CRUCES PEATONALES A NIVEL Y A DESNIVEL "NTE INEN 2246"*. Hábitat y Vivienda Ecuador. Tomado de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/NTE-INEN-2244-BORDILLOS-Y-PASAMANOS.pdf>

INEN. (2010). *ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. MOBILIARIO URBANO*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Tomado de: https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/12/Norma_INEN_2314_MOBILIARIO_URBANO.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de conteos del flujo vehicular y peatonal

CONTEO VEHICULAR		
FECHA:	2/11/2022	
DÍA:	Miércoles	
ESTACIÓN No:	1	
SENTIDO:	Sur - Norte y Norte - Sur	
UBICACIÓN:	Av. República	
DESCRIPCIÓN:	Flujo Vehicular en sentido Sur - Norte y Norte - Sur	
INTERSECCIÓN:	Av. República y calle La Pradera, Mega Plaza Pradera	
CALLE PRINCIPAL:	Av. República	
RESPONSABLE:	José Antonio Vizquete Gallegos	
HORA	CANTIDAD DE VEHÍCULOS CONTABILIZADOS	PROMEDIO DE UNA HORA
7:30 - 8:30	1792	1699
8:30 - 9:30	1662	
16:30 - 17:30	1517	
17:30 - 18:30	1824	
HORA	CANTIDAD DE PEATONES CONTABILIZADOS	PROMEDIO DE UNA HORA
7:30 - 8:30	46	41
8:30 - 9:30	39	
16:30 - 17:30	42	
17:30 - 18:30	35	