



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL DEL SECTOR DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS ENTRE AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL
ESTOMBA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR:

UGARTE VALAREZO CARLOS STEINER

TUTOR:

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

MACHALA - EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, UGARTE VALAREZO CARLOS STEINER, con C.I. 0704207703, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL DEL SECTOR DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 09 de noviembre de 2015



UGARTE VALAREZO CARLOS STEINER
C.I. 0704207703

PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL DEL SECTOR DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS ENTRE AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL
ESTOMBA



UGARTE VALAREZO CARLOS STEINER
AUTOR(A)
C.I. 0704207703
carsteiner89@hotmail.com



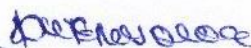
OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER
TUTOR
C.I. 0702019738
eoyola@utmachala.edu.ec

Machala, 09 de noviembre de 2015

CERTIFICAMOS

Declaramos que, el presente trabajo de titulación PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL DEL SECTOR DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA elaborado por el estudiante UGARTE VALAREZO CARLOS STEINER, con C.I. 0704207703, ha sido leído minuciosamente cumpliendo con los requisitos estipulados por la Universidad Técnica de Machala con fines de titulación. En consecuencia damos la calidad de APROBADO al presente trabajo, con la finalidad de que el Autor continúe con los respectivos trámites.

Especialistas principales



OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER
C.I. 0702019738



SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO
C.I. 0702589961



CELI SILVA ANGELA AZALEA
C.I. 0702423740

Especialistas suplentes

TUSA JUMBO EDUARDO ALEJANDRO
C.I. 0704323427

BLACIO PALADINES ARGILIS RUMALDO
C.I. 0701573859

DEDICATORIA

A mi padre celestial, quien me ha guardado en todo momento, y su bendición es la que me ha permitido llegar a esta etapa de mi vida profesional. Creo ciegamente que su infinito amor es la clave del éxito y la puerta que abre las oportunidades; por ello con toda sencillez y humildad dedico principalmente el presente trabajo a Dios.

A mis padres, los seres más divinos que tengo, quienes han sido el pilar más importante en mi vida. Con su amor y cariño me inculcaron desde niño buenos hábitos y valores, los cuales me han permitido llegar a ser quien soy. A ellos, porque su esfuerzo y perseverancia me han impulsado a lograr las metas que me he propuesto.

A mis hermanos por haber estado junto a mí en todo momento, tanto en mis alegrías como sufrimientos; buscando siempre el camino correcto, prometiéndonos permanecer juntos y convertirnos en profesionales.

Finalmente, como ya lo dice el refrán: “Detrás de un gran hombre existe una gran mujer”. Quiero dedicar con todo mi amor y desde el fondo de mi corazón el presente trabajo a mi novia, quien llenó de felicidad mi corazón y me mostró lo hermosa que puede ser la vida cuando se la vive con amor. Gracias a ella por levantarme en los momentos más difíciles y mostrarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por estar junto a mí en cada etapa de mi vida dándome salud, sabiduría e inteligencia para afrontar obstáculos y poder culminar el presente trabajo.

A mis padres por estar pendientes siempre de mi superación profesional, pues sus esfuerzos y sus sabios consejos fueron esenciales en la consecución de esta meta.

A mis hermanos por la ayuda brindada en varias etapas de la realización del presente trabajo, ya que fueron un apoyo fundamental en la fase de recopilación de datos.

A mi novia, quien al ser una gran profesional me apoyó incondicionalmente y me ayudó a identificar y potenciar mis capacidades.

A la Universidad Técnica de Machala, por haberme permitido formar parte de tan prestigiosa institución y adquirir la formación necesaria para ejercer con orgullo la apasionante carrera de Ingeniería Civil.

A mi tutor, el Ing. Erwin Oyola, quien ha sido un pilar muy importante en la comprensión y por lo tanto, en el desarrollo de cada una de las etapas del presente trabajo.

Un especial agradecimiento al Ing. Carlos Sanchez Mendieta, quien me brindó su apoyo desde mi llegada a la Universidad, aportó a mi formación con sus conocimientos y fue también una guía importante en los inicios del desarrollo de este proyecto. Gracias por haber sido uno de mis grandes amigos y maestros en el campo de la Ingeniería Civil, y por depositar en mi su confianza. De manera similar, agradezco profundamente al Ing. Francisco Vera, a quien admiro y considero, por su motivación y aliento en los momentos más duros de esta carrera.

Al grupo de tutores del seminario de vías, conformado por el Ing. Wilmer Zambrano, Ing. Erwin Oyola y la Ing. Yudy Sánchez; puesto que han sabido transmitir sus conocimientos y experiencias, mismas que han sido clave para la culminación exitosa de dicho seminario y del trabajo en sí.

A mis amigos, familiares y todas aquellas personas que de una u otra forma, contribuyeron con sugerencias, ideas, y valiosas opiniones para la consecución de este objetivo.

PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL DEL SECTOR DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

Autor: Carlos Steiner Ugarte Valarezo

Tutor: Ing. Erwin Javier Oyola Estrada

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo proponer un plan de señalización integral en el sector comprendido de la Avenida Las Palmeras, entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, de la ciudad de Machala. El documento incluye la explicación metodológica y los resultados obtenidos de estudios de ingeniería tales como: estudio de accidentalidad, origen y destino, volumen de tránsito, variación del volumen de tránsito, velocidad de circulación, superficie de capa de rodadura, levantamiento topográfico, señalización horizontal y vertical; y, semaforización. Para el efecto, se realizó la recopilación y levantamiento de información durante los meses de julio a septiembre del 2015 y se revisaron trabajos teóricos y empíricos relacionados con el tema. Los resultados obtenidos en base a los mencionados estudios de ingeniería, revelaron las condiciones adversas de los elementos de infraestructura vial existentes en el sector de estudio, así como de factores que afectan a la movilidad de peatones y vehículos en la zona. En el marco de dicho análisis, las características actuales de los sistemas de señalización vial se destacaron como las más críticas. Por consiguiente, en base a dichos resultados, se identificó como más óptima la alternativa de diseño de un plan de señalización integral en el tramo indicado y se desarrolló la propuesta de la misma. Dicha propuesta incluye la sustitución de señalización vertical existente e instalación de señalización vertical nueva, y la demarcación de señalización horizontal cuya ausencia en la actualidad es notable. Además, como puntos importantes, se propone la prohibición de estacionamiento vehicular a ambos lados del tramo de estudio y la instalación de señales preventivas próximas a intersecciones no semaforizadas. Como principales recomendaciones, se plantea a las autoridades pertinentes dar el mantenimiento debidamente planificado en caso de ejecutarse esta propuesta, así como analizar la ejecución de otras alternativas de manera conjunta.

Palabras clave: señalización horizontal, señalización vertical, movilidad vehicular y peatonal, seguridad vial, diagnóstico de infraestructura vial.

PLAN FOR INTEGRAL ROAD SIGNING ON THE STRETCH OF LAS PALMERAS AVENUE BETWEEN CIRCUNVALACION SUR AVENUE AND PADRE MANUEL ESTOMBA STREET

Author: Carlos Steiner Ugarte Valarezo
Tutor: Ing. Erwin Javier Oyola Estrada

ABSTRACT

This project aims to propose a plan for integral road signaling on the stretch of Las Palmeras Avenue, between Circunvalación Sur Avenue and Padre Manuel Estomba Street, located in Machala city. This document includes the methodological explanation and the results of engineering studies such as the study of traffic accidents, origin and destination, traffic volume, change in traffic volume, velocity, pavement surface, surveying, road signs; and traffic lights. For this purpose, the data collection and information gathering were conducted since July until September of 2015, and theoretical and empirical work on the topic, in other countries, was reviewed. The results obtained from the above studies revealed the adverse conditions of the elements of road infrastructure in the stretch, as well as factors affecting the mobility of pedestrians and vehicles in the area, such as traffic volume and velocity. As a part of this analysis, the current characteristics of road signs were highlighted as the most critical. Therefore, based on these results, the design of an integral plan for road signs on the stretch was identified as the optimal alternative, and its proposal was developed. This proposal includes the replacement of vertical road signs and installation of new ones, and the complete design of horizontal road signs which are currently absent. As some important points, it is proposed to restrict vehicular parking on both sides of the road and install warning signs next to no signalized intersections. With this approach it is intended to mitigate the risk of accidents and contribute to safety in road mobility of vehicles and pedestrians.

Keywords: vertical road signs, horizontal road signs, road mobility, road safety, diagnosis of road infrastructure.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA2

1.1	CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN.....	2
1.1.1	CULTURA POBLACIONAL.....	9
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.3	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	10
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.4	JUSTIFICACIÓN.....	10

CAPÍTULO II ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA 13

2.1	ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN Y SUS ESCENARIOS.....	13
2.1.1	DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA A EFECTUAR.....	13
2.1.1.1	Estudio de accidentalidad.....	13
2.1.1.2	Estudio de origen y destino.....	14
2.1.1.3	Estudio topográfico.....	15
2.1.1.4	Estudio del volumen de tránsito.....	17
2.1.1.5	Estudio de la variación del volumen de tránsito.....	20
2.1.1.6	Estudio de velocidad.....	22
2.1.1.7	Estudio superficial de la capa de rodadura.....	24
2.1.1.8	Estudio de señalización horizontal y vertical.....	26
2.1.1.9	Estudio de semaforización.....	29
2.1.2	APLICACIÓN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA EN EL TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS.....	29
2.1.2.1	Estudio práctico de accidentalidad.....	29
2.1.2.2	Estudio práctico de origen y destino.....	33
2.1.2.3	Estudio práctico de topografía.....	36
2.1.2.4	Estudio práctico del volumen de tránsito: Cálculo del TPDA actual.....	37
2.1.2.5	Estudio práctico de la variación del volumen de tránsito.....	40
2.1.2.6	Estudio práctico de la velocidad de punto.....	46
2.1.2.7	Estudio práctico de capa de rodadura.....	49
2.1.2.8	Estudio práctico de señalización vertical y horizontal.....	52
2.1.2.9	Estudio práctico de semaforización.....	54
2.2	PREFACTIBILIDAD.....	58
2.3	FACTIBILIDAD.....	62
2.4	IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN VIABLE PARA SU DISEÑO.....	63

CAPÍTULO III DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 65

3.1	CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO.....	65
-----	-------------------------------	----

3.2	MEMORIA TÉCNICA.....	65
3.2.1	JUSTIFICACIÓN	65
3.2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA PROPUESTA	66
3.2.3	UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA	75
3.2.4	IMPACTO Y BENEFICIARIOS.....	76
3.2.5	PLANOS DE DISEÑO DEFINITIVOS.....	76
3.2.6	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	87
3.2.6.1	Pintura alto tránsito (señalización horizontal)	87
3.2.6.2	Señalización cruce cebra (pintura alto tránsito).....	87
3.2.6.3	Señalización línea de pare (pintura alto tránsito).....	87
3.2.6.4	Señalización línea de ceda el paso (pintura alto tránsito).....	88
3.2.6.5	Señalización líneas diagonales (pintura alto tránsito).....	88
3.2.6.6	Señalización longitudinal (pintura alto tránsito)	88
3.2.6.7	Señalización fechas, símbolos y leyendas (pintura alto tránsito).....	89
3.2.6.8	Señalización vertical (tubo cuadrado hg 2" - letrero metálico forma de pentágono, triángulo, rectangular, rombo – lámina micro prismática)	89
3.2.6.9	Señalización vertical (forma rectangular – esquinas)	90
3.3	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	91
3.4	PROGRAMACIÓN DE OBRAS.....	92
	CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
4.1	CONCLUSIONES.....	93
4.2	RECOMENDACIONES	94
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
	ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 Mapa turístico de la ciudad de Machala	5
Gráfico 1.2 Vista satelital de la ciudad de Machala	6
Gráfico 1.3 Vista satelital del tramo de estudio	7
Gráfico 1.4 Deterioro de señalización vertical en el tramo de estudio	8
Gráfico 2.1 Estructura del pavimento flexible	24
Gráfico 2.2 Tipos de deterioros en pavimentos flexibles	25
Gráfico 2.3 Número de accidentes de tránsito en la Avenida Las Palmeras (ene12- jul15).....	30
Gráfico 2.4 Accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras por clase (ene12- jul15)	31
Gráfico 2.5 Causas de accidentes de tránsito en la Avenida Las Palmeras	32
Gráfico 2.6 Accidentes de tránsito en el tramo de estudio por tipo intersecciones	32
Gráfico 2.7 Causas de accidentes de tránsito ocurridos en el tramo de estudio	33
Gráfico 2.8 Zonificación - Plan de Movilidad de Machala	34
Gráfico 2.9 Levantamiento planimétrico del tramo de estudio	36
Gráfico 2.10 Sección Transversal del tramo de estudio	37
Gráfico 2.11 Formato de censo volumétrico de tráfico	37
Gráfico 2.12 Variación diaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio	41
Gráfico 2.13 Variación horaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio	43
Gráfico 2.14 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	45
Gráfico 2.15 Curva de frecuencias observada de velocidades de punto	48
Gráfico 2.16 Señales preventivas – Grupo I	52
Gráfico 2.17 Señales regulatorias – Grupo II	52
Gráfico 2.18 Señales informativas – Grupo III	52
Gráfico 2.19 Intersecciones sanforizadas del tramo de estudio	55
Gráfico 2.20 Semáforos en intersección de la Av. Las Palmeras y Calle Manuel Estomba	55
Gráfico 2.21 Semáforos en intersección de la Av. Las Palmeras y Calle Sgto. Héctor Chica	56
Gráfico 2.22 Infraestructura vial inadecuada para la movilidad de personas discapacitadas en el tramo de estudio	59
Gráfico 2.23 Ausencia de un carril exclusivo para bicicletas o ciclo vía	59
Gráfico 2.24 Deterioro de la capa de rodadura en el tramo de estudio	60

Gráfico 3.1 Dimensiones de símbolo de velocidad máxima	68
Gráfico 3.2 Altura en señales verticales	72
Gráfico 3.3 Ubicación Sectorial y física del tramo de estudio	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Formato matriz origen y destino	15
Tabla 2.2 Tipos de deterioro y formas de evaluación por el método IES	26
Tabla 2.3 Calificación de señalización vertical en base al IES	28
Tabla 2.4 Calificación de señalización horizontal	28
Tabla 2.5 Número de accidentes de tránsito en Machala de enero a agosto del 2015 .	30
Tabla 2.6 Accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras por intersección	31
Tabla 2.7 Accidentes de tránsito en el tramo de estudio por intersección	32
Tabla 2.8 Zonificación utilizada para matriz origen y destino del tramo de estudio	34
Tabla 2.9 Número de viajes realizados por vehículos en zonas que rodean la avenida Las Palmeras	35
Tabla 2.10 Número de viajes realizados por pasajeros de bus entre zonas que rodean la Av. Las Palmeras	35
Tabla 2.11 Registro de conteo volumétrico o aforo vehicular	39
Tabla 2.12 Tabla guía para el cálculo de la desviación estándar muestral	39
Tabla 2.13 Variación diaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio	41
Tabla 2.14 Variación horaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio	42
Tabla 2.15 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	43
Tabla 2.16 Distribución de velocidades de punto	46
Tabla 2.17 Número de intervalos de clase por tamaño de muestra	47
Tabla 2.18 Distribuciones de frecuencia de velocidad de punto	47
Tabla 2.19 Deterioros presentes en el tramo de estudio	50
Tabla 2.20 Evaluación del IE _i índice de Estado de cada señal.....	53
Tabla 2.21 Cálculo del PC _g e Índice de Estado de la Señalización Vertical	54
Tabla 2.22 Cálculo del Índice de Estado promedio de la señalización horizontal	54
Tabla 2.23 Tiempos de duración de intervalos de fase y duración de ciclo total	57
Tabla 2.24 Alternativas técnicas de solución para el tramo de estudio	61
Tabla 3.1 Principales características de señales horizontales	67
Tabla 3.2 Altura de leyendas en señalización horizontal en base a la velocidad máxima permitida	68
Tabla 3.3 Formas utilizadas en señalización vertical	70
Tabla 3.4 Colores utilizados en señalización vertical	71
Tabla 3.5 Principales señales informativas utilizadas y sus características	73

Tabla 3.6 Principales señales preventivas utilizadas y sus características74

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la seguridad vial es un aspecto que cada vez toma más importancia debido a que las estadísticas de accidentalidad en las redes viales del Ecuador progresivamente han alcanzado cifras preocupantes.

Hasta hace algunos años e incluso hasta la actualidad se atribuye como principal causa de accidentes de tránsito al factor humano, dejando de lado o quizás restando importancia a otros factores como son los elementos de infraestructura vial. Por ello, son muy escasos los estudios enfocados en realizar análisis exhaustivos sobre dichos elementos, como es el caso de la señalización vial.

En este contexto, el presente proyecto busca realizar un aporte a la sociedad desde la academia, mediante el desarrollo de las etapas necesarias para dar solución a un problema notable en la ciudad de Machala, particularmente en el sector comprendido de la Av. Las Palmeras entre Av. Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba. Como resultado se evalúa y propone un plan de señalización integral para dicho sector, que contribuye significativamente a reducir la inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal; y, por consiguiente genera un impacto positivo en el bienestar de los mismos.

El documento inicia con una explicación amplia y general del problema de inseguridad vial a nivel internacional, nacional y local, para llegar a su identificación y definición en el tramo de vía analizado. Posteriormente, en el Capítulo II se detallan los estudios de ingeniería efectuados para el diagnóstico del sector, desde una perspectiva teórica y práctica, para luego analizar sus resultados y establecer la mejor alternativa de solución a la problemática identificada. En el Capítulo III se incluyen todos los aspectos que conforman la propuesta de diseño de un plan de señalización integral; y, finalmente, el Capítulo IV presenta al lector las conclusiones y recomendaciones alcanzadas en este trabajo.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹, cada año mueren en el mundo 1.240.000 personas por accidentes de tránsito, lo que supone la octava causa mundial de mortalidad. Además, las tendencias actuales indican que, si no se toman medidas urgentes, los accidentes de tráfico se convertirán en 2030 en la quinta causa de fallecimiento en el mundo. En países de bajos y medios ingresos los costos económicos por accidentes de tránsito varían del 1% al 2% del producto nacional bruto de dichos países, lo cual es una cifra considerable.

Los factores que desencadenan accidentes de tránsito son múltiples y su determinación es compleja. Generalmente se clasifican en tres factores: el factor humano, el factor vehículo y equipamiento; y, el factor ambiental, mismos que se pueden desagregar en una serie de componentes. Dentro del factor humano se tiene conducta inadecuada por parte de los usuarios de las vías (uso de alcohol y otras sustancias, uso del celular durante el manejo, imprudencia de peatones, etc.) así como deficiente educación y capacitación vial. En cuanto al factor vehículo y equipamiento: condiciones y diseño de vehículos, (cinturones de seguridad, bolsas de aire, etc.) y en cuanto al factor ambiental se tiene: iluminación de las vías, visibilidad, infraestructura vial inapropiada, congestión de tránsito, factores climáticos, entre otros. Por lo tanto, algunas acciones encaminadas a reducir la accidentalidad se enfocan en la educación vial (factor humano) y en la infraestructura vial (factor ambiente, ya sea por expansión de la capacidad del sistema vial, mejoras en la calidad de las vías y optimización de la señalética)².

La OMS¹ resalta el rol de la infraestructura vial en la reducción de accidentes y heridas a todo tipo de usuarios en las vías, y recomienda a los países con altos índices de mortalidad por accidentes de tránsito, tomar medidas en este y otros aspectos. Por lo tanto, es importante comprender todo lo que el concepto de infraestructura vial implica. La infraestructura vial es un conjunto de activos físicos distribuidos en un espacio geográfico que se utiliza para proveer una serie de servicios, a fin de posibilitar el transporte de bienes y personas. Comprende obras viales como carreteras, caminos pavimentados, puentes, túneles, nodos de interconexión, terminales de transporte, semáforos, iluminación y señalización de tránsito³.

Desde el punto de vista de Javier López⁴: *“La señalización es responsable de informar al conductor de posibles peligros, de ordenar la circulación, de recordar o acotar prescripciones del reglamento general de circulación, en resumen, nada menos que es responsable de proporcionar al conductor la información que éste precisa”*, e indica que una señalización vial en buen estado ha demostrado ser la medida más efectiva en relación a su costo, en la reducción de accidentes de tránsito.

Muchos otros investigadores concuerdan con la importancia de la señalización, y por ello numerosos estudios se enfocan en todo el proceso de diseño, evaluación y percepción de la señalización vial en relación al factor humano y a los accidentes de tránsito: Zogo⁵ realizó un estudio en Cameroon, África, donde probó que las falencias en señalización

en un tramo de autopista de dicha área, tuvieron una considerable influencia en los accidentes de tránsito reportados, pues el 20% de los mismos se asoció a fallas en señalización. Castelluccio⁶ por su parte, se basa en la revisión bibliográfica de literatura relacionada para proponer una estandarización de la señalización vial en la Unión Europea, a fin de reducir malinterpretaciones y facilitar el entendimiento de las señales, bajo el precepto de que el mejoramiento de la infraestructura vial incluyendo señalización genera una reducción en el número y severidad de los accidentes de tránsito. De Ceunynck⁷ propone un nuevo sistema de simulación de señales de tránsito a fin de aportar en la evaluación de las mismas antes de su implantación y posteriormente, para su mantenimiento, pues considera que un inadecuado posicionamiento de las señales de tránsito conlleva a un incremento en los tiempos de respuesta y detección de errores por parte de los usuarios.

Es así como a nivel mundial, el tema de la señalización vial adquiere cada vez más importancia. Consiguientemente, diferentes países han tomado algunas medidas orientadas a reducir sus indicadores de accidentalidad, como se detalla a continuación.

Según lo señala Nazif⁸ en países como Suecia, Noruega y Estados Unidos se utilizan bordes alertadores (demarcaciones dentadas que mejoran la visibilidad del trazado de la vía en la noche o con lluvia y que además tienen un efecto de vibración para los vehículos), en Noruega, Suecia y Finlandia se aplican mensajes variables (alertas o señales de regulación con mensajes de explicación), en Trinidad y Tobago se han implementado luces continuas en cruces peatonales (que mejoran la visibilidad de los mismos para los conductores de vehículos), en Estados Unidos se ha instalado señalización complementada con dispositivos que emiten diferentes sonidos en cruces peatonales, etc. Estas medidas innovadoras apuntan a mejorar la movilidad vehicular y peatonal y han obtenido resultados muy positivos.

En España se propone emplear señalización vertical sumada a la señalización horizontal de cruces peatonales, que permita la clara visibilidad de los mismos para los conductores en cualquier circunstancia⁹. Ana Jiménez¹⁰ propone además utilizar paneles con mensajes variables para señalización vertical, que se adecúe al nivel de congestión de vías, según el día y la hora.

Por otro lado, a nivel de América Latina y el Caribe, aún resta mucho por hacer en tema de movilidad y seguridad vial, sobre todo bajo el enfoque de mejoramiento de la infraestructura vial y particularmente de la señalización. La región presenta una de las tasas más elevadas de mortalidad relacionada a problemas de tránsito; es así que de cada 100.000 habitantes, 15.01 mueren por esta razón¹. En las ciudades latinoamericanas se trasgreden los derechos de movilidad urbana, principalmente para los actores más vulnerables, como son los peatones, ciclistas y discapacitados, debido a que generalmente se prioriza la movilidad de vehículos motorizados por sobre la de peatones y no motorizados¹¹.

En este punto, conviene hacer énfasis en el concepto de movilidad urbana. Diariamente, los ciudadanos requieren desplazarse por una ciudad para realizar sus diferentes actividades de trabajo, educación, o recreación. Por lo tanto, la movilidad, que se refiere al desplazamiento de mercancías y personas entre distintos puntos de una ciudad¹², consiste en un derecho que debe ser garantizado y preservado. En América Latina y el Caribe los problemas de infraestructura vial que impiden se garantice este derecho, aún son persistentes: *“Menos de un tercio de las redes viales nacionales se encuentra en*

*buen estado en la mayor parte de los países sobre los que se dispone de datos*¹³ y la mayoría de muertes en accidentes de tránsito reportados en la región, se da entre peatones, ciclistas, motociclistas y pasajeros de los sistemas de transporte público¹⁴.

La mayoría de gobiernos locales en países latinoamericanos se enfocan principalmente en dar mantenimiento parcial a la calzada cuando esta se deteriora, olvidando rehabilitar además los sistemas de señalización y dispositivos de control de tránsito, que son fundamentales para la movilidad vehicular y peatonal. Los sistemas de señalización carecen de atención adecuada al momento de su instalación y conservación; por ello, la región aún enfrenta el reto de realizar estudios sobre la situación de la señalización vial e innovar en este tema, con el objetivo de asegurar la movilidad urbana de forma completa e igualitaria (procurando que sus sistemas viales y urbanos sean accesibles para todos los usuarios), y promover el desarrollo urbano para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Ecuador se ha caracterizado en los últimos años por una mejora en su infraestructura nacional en pro de incrementar su productividad así como la actividad turística en el país. Ecuador se ubica en el puesto 79 en el ranking de la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción, entre más de 148 países en lo que respecta a infraestructura destinada al desarrollo, mientras que al 2012 se mantenía en el puesto 90¹⁵. Además, se han generado reformulaciones a las leyes que promueven el acceso inclusivo al espacio público para todos los ciudadanos, a fin de garantizar el derecho a la movilidad urbana.

Sin embargo, de acuerdo con los datos presentados por la OMS¹, el índice de accidentalidad del país, medido en número de muertes por cada 100.000 habitantes, pasó de alrededor de 15 en el año 2001 a cerca de 24 en el año 2010, donde el 30% de las muertes ocurrió en peatones. Esto revela la necesidad de atención por parte de las autoridades, tanto a nivel de carreteras y vías interurbanas, como calles y vías urbanas cuya gestión es de competencia de los gobiernos seccionales. El crecimiento poblacional y del parque automotor requiere un continuo esfuerzo por mejorar las condiciones que favorezcan la seguridad en la movilidad vial para el caso ecuatoriano.

En cuanto a estudios de investigación sobre señalización vial, en Ecuador al igual que en la mayor parte de la región, estos son prácticamente nulos. Existen aplicaciones prácticas de instalación de señalética en áreas determinadas, más no se realizan análisis de la situación general, ni propuestas de innovación para los sistemas de señalización vial en el país.

En el país, cuatro ciudades se destacan ya sea por su nivel poblacional, por su superficie así como por su actividad económica, política y financiera: Quito, Guayaquil, Cuenca y Machala, que además de ser capitales de provincia son las que concentran servicios financieros, políticos y actividades comerciales, que las convierte a su vez en ciudades con rápidos crecimientos poblacionales y por ende, con problemas de movilidad y gestión del tránsito.

La ciudad de Machala, ubicada en la provincia de El Oro, es la cuarta ciudad más importante del país y cuenta con el segundo puerto marítimo del Ecuador, en orden de importancia, luego de Guayaquil, desde el cual se exporta uno de los principales productos del país y la provincia, el banano ecuatoriano mundialmente reconocido¹⁶,

razón por la cual esta ciudad ha sido llamada “la Capital Bananera del Mundo”.

El clima es tropical húmedo, en promedio presenta precipitaciones de 673 mm al año. La época lluviosa comprende los meses de enero a abril y la temperatura media anual es de 25°C¹⁶.

Según el último Censo Nacional de Población y Vivienda (2010) la provincia de El Oro tiene 600.659 habitantes, de los cuales 245.972 son machaleños (es decir el 40.9% de la población provincial) con una tasa de crecimiento de 1,34% en la ciudad. La superficie de Machala es de 330,18 km², por lo que la densidad poblacional es de 1.202,14 hab/km²¹⁷.

A continuación se presenta el mapa de localización de la ciudad donde se identifican sus principales zonas de interés.



Gráfico 1.1 Mapa turístico de la ciudad de Machala (Fuente: Gobierno Autónomo Provincial de El Oro – 2012)

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos¹⁶, el comercio es una de las actividades más importantes a las que se dedican los orenses, seguido de la agricultura y acuicultura, pues la producción de banano y camarón de la provincia, es de las más destacadas a nivel nacional con calidad de exportación (como ya se mencionó). Tal y como se menciona en el Plan de Movilidad de Machala, “el tema de la exportación establece una relación muy importante entre las áreas productivas y el puerto marítimo, por lo que el tráfico pesado prácticamente debe atravesar la ciudad para llegar al desembarque de los productos”¹⁶.

Con enfoque en su sistema vial, es importante conocer que la urbe cuenta con un total de 16 avenidas y sus calles están ordenadas en forma de cuadrícula.

De acuerdo con el Plan de Movilidad de Machala, la ciudad cuenta con dos vías de importancia: Circunvalación Norte y Sur, las mismas que facilitan la canalización del tránsito, pero que requieren de vías conexas para mejorar su utilización. Entre estas se destaca la avenida Las Palmeras, que conecta la avenida Circunvalación Sur con la avenida Circunvalación Norte (véase Gráfico 1.2), y que se convierte en una arteria vial útil para atravesar la ciudad de suroeste a noreste, en menos tiempo, conectando a su vez las vías transversales como la Av. Marcel Laniado, Av. 25 de junio, Av. Madero Vargas, al igual la Av. Boyacá y la Arizaga¹⁶

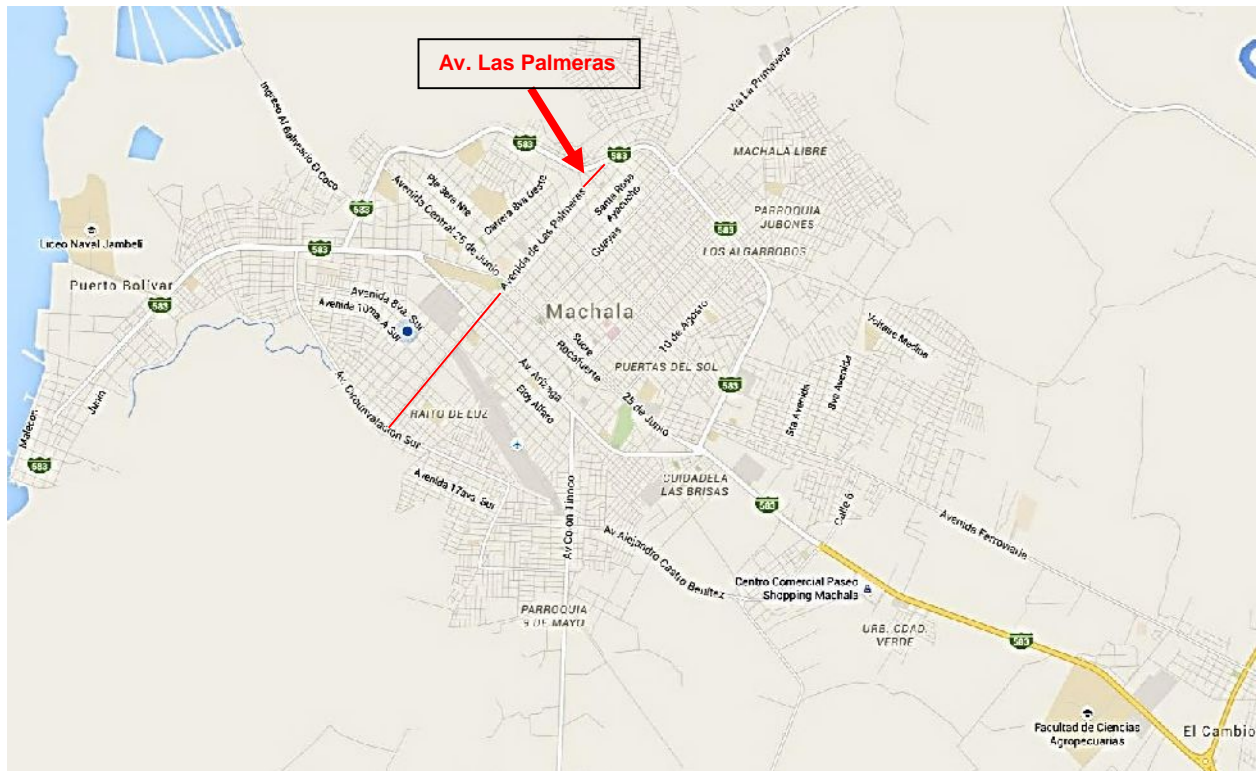


Gráfico 1.2 Vista satelital de la ciudad de Machala (Fuente: Google Maps – 2015)

Mediante una entrevista personal al Ing. Ángel Carrillo Landín, actual docente de la Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ingeniería Civil, quien fue en su momento el fiscalizador de obra en la construcción de la avenida Las Palmeras, se conoció que los estudios de la vía se hicieron en 1988; posteriormente, a inicios de 1992 empezaron los trabajos de la vía y se terminó su construcción en el año 1995. Esto supone que la avenida Las Palmeras actualmente tiene 23 años en funcionamiento, lo cual indica que ha cumplido su período de vida útil, si consideramos que este tipo de vías de asfalto flexible tienen una durabilidad que oscila alrededor de los 15 años.

Adicionalmente, en sus intersecciones y sectores aledaños se encuentran sitios de interés que buscan ofrecer servicios públicos y privados importantes; generando una mayor afluencia de tránsito hacia esta vía. No obstante, a pesar de su situación e importancia, la avenida Las Palmeras ha recibido un ineficiente mantenimiento por parte de los gobiernos municipales de turno, por lo que a la fecha presenta un notable deterioro de su infraestructura vial. Generalmente, se ha priorizado la adecuación de la capa de rodadura, y se ha descuidado otros aspectos de infraestructura que son importantes como es el caso de la señalización vertical y horizontal. Esta situación afecta visiblemente la movilidad y por ende la seguridad vial de los usuarios que la utilizan.

Particularmente, en el sector de la Av. Las Palmeras ubicado entre la Av. Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba (Véase Gráfico 1.3), la problemática antes mencionada es aún más evidente. Este trayecto de vía presenta deterioro en la calidad de la calzada, bordillos, aceras, entre otros, así como condiciones inadecuadas en la señalización vial, lo cual afecta la movilidad tanto de peatones como conductores de vehículos motorizados y no motorizados. Cabe indicar que al utilizar el término “sector” se hace referencia únicamente al tramo de vía indicado en el Gráfico 1.3, y este no incluye vías alternas o cercanas; por lo tanto, a fin de afianzar este concepto, a partir de este punto se utilizará el término “tramo” en lugar de “sector”.



Gráfico 1.3 Vista satelital del tramo de estudio (Fuente: Waze – 2015)

La situación actual de la señalización y en muchos casos la ausencia de la misma, es a juicio del autor, uno de los problemas más graves evidenciados en el tramo seleccionado de la Avenida Las Palmeras, puesto que incrementa el riesgo de accidentes de tránsito en el área, y se traduce en inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal. En acuerdo con lo expuesto por López⁴, la señalización es fundamental para proporcionar comodidad y seguridad a los usuarios. Su adecuado diseño, ubicación y conservación contribuyen inequívocamente a la disminución de accidentes de tránsito.

Según lo estipulado en el Volumen 5 de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP emitida en el año 2013 por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas¹⁸ se corrobora lo mencionado:

“Los dispositivos de control de tránsito comunican al usuario de la vía de la reglamentación, advertencia e información útil, la que debe ser transmitida a lo largo de la ruta. Esta comunicación se efectúa mediante un lenguaje pre-establecido, de carácter gráfico-descriptivo, y que de preferencia se realiza mediante símbolos, complementando en cierta proporción con leyendas. Así se

logra transmitir en forma universal, un mensaje que debe ser rápido y claramente interpretado por el receptor, con la anticipación suficiente para alcanzar a tomar las decisiones pertinentes

Una señalización vial permanente bien diseñada, se reflejará directamente en un alto nivel de seguridad vial de una carretera o camino, lo que será muy valorado por los usuarios. Por lo tanto, debe ser uno de los aspectos importantes a considerar durante el desarrollo de un Proyecto Vial”.

Es decir, las señales de tránsito cumplen la función de informar sobre normas reglamentarias de tránsito, advertir sobre situaciones presentes en la vía que pueden ser causantes de problemas de movilidad, y ofrecer información adicional no reglamentaria como localización de destinos cercanos. Además *“los dispositivos limpios, legibles, adecuadamente localizados y en buenas condiciones de funcionamiento inspiran el respeto de los usuarios de la vía”*¹⁸, lo cual no se observa en el área objeto de estudio.

La sección de vía analizada no presenta señalización horizontal en la mayoría de sus intersecciones, por lo que los peatones cruzan de manera irregular a cualquier altura de la vía, los conductores se detienen bajo el semáforo (si este existe) cuando se encuentra en rojo, sobrepasando el paso peatonal que debiera constar en la calzada.

En cuanto a señalización vertical, parte de la señalización existente se encuentra deteriorada, (manchada, doblada, cubierta parcialmente por papeles, residuos de publicidad y mensajes inadecuados) lo cual evidencia la falta de mantenimiento por parte de las autoridades responsables y una falta de cuidado por parte de la ciudadanía. (Véase Gráfico 1.4).

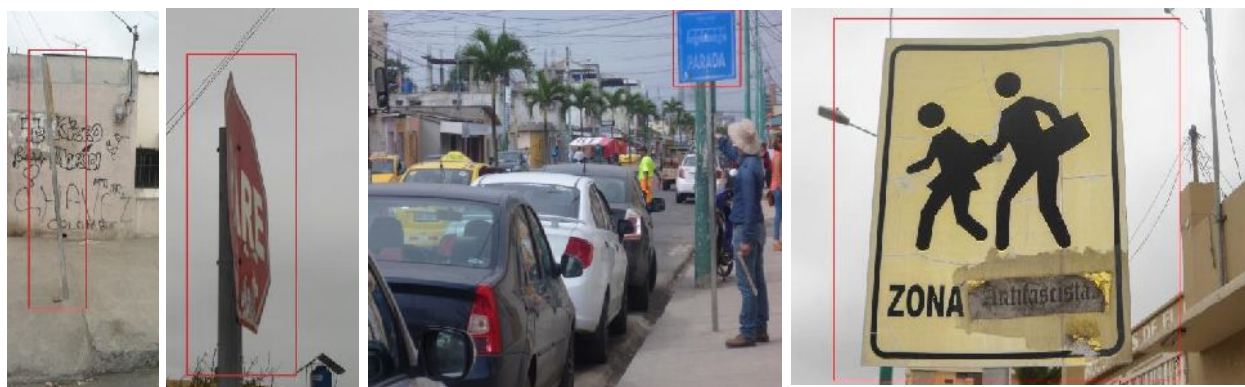


Gráfico 1.4 Deterioro de señalización vertical en el tramo de estudio (Fuente: El Autor – 2015)

Como un problema adicional respecto a este punto, no existe en el tramo de vía analizado, señalización vertical preventiva de las zonas escolares o de rutas de ingreso a escuelas cercanas a la avenida Las Palmeras, ni señalización vertical informativa para guiar a los conductores residentes y no residentes sobre destinos aledaños de interés.

Sin duda, todas las deficiencias halladas respecto a señalización, incrementan la inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal que existe en el tramo analizado de la avenida Las Palmeras, pues no se alerta oportunamente a los usuarios sobre los peligros de la vía y no se orienta adecuadamente su circulación, constituyéndose – si bien no en la única – en la principal causa de la inseguridad vial en la misma.

1.1.1 CULTURA POBLACIONAL

A la problemática mencionada en la sección anterior del presente documento, se suma una inadecuada y generalizada cultura poblacional de irrespeto a la propiedad pública e irrespeto a las normas y señales de tránsito bajo el precepto de la “viveza criolla”.

Mediante observación y levantamiento de información in situ se pudo constatar lo siguiente:

- Los conductores no respetan el límite de velocidad de la vía, conducen a velocidades cercanas a los 78 Km/h.
- Los peatones cruzan imprudentemente en las intersecciones y en general en cualquier punto de la avenida.
- Los peatones paran buses de transporte público en cualquier lugar, sin respetar las paradas autorizadas.
- Irrespeto a las señales de tránsito existentes por parte de los conductores.
- Los conductores de vehículos livianos realizan giros en U a lo largo de la avenida ya que no hay una zona señalizada para realizar dicha maniobra.
- Se han modificado y dañado algunas señales verticales existentes en la vía mediante grafitis, publicidad, etc.

Debido a los locales y sitios que atraen la afluencia de tránsito al sector, se tienen a su vez problemas de estacionamiento de vehículos, tanto para residencias como para negocios locales e instituciones ubicadas en el tramo objeto de estudio.

Ante la falta de una adecuada regulación de estacionamiento, los pobladores actúan de acuerdo a sus necesidades. Así por ejemplo se observa:

- Parqueo de vehículos en zonas no autorizadas (aceras, paradas de buses, vía pública) por parte de residentes y no residentes, dueños de locales comerciales e incluso autoridades.
- Dueños de locales comerciales colocan conos para marcar parte de la vía pública como si fuese un área de parqueo privado, lo cual evidencia a su vez la falta de regulación y control municipal.

Por lo tanto, aun cuando se dé solución a los problemas de señalización vial en su totalidad, si no existe un cambio en el pensamiento y educación de los pobladores, no se logrará mitigar el riesgo de accidentes como se espera. De acuerdo con Pico Merchán¹⁹:

“Otra perspectiva de la seguridad vial impone la necesidad de valorar el componente cultural. El factor humano se considera importante en la génesis de los accidentes de tránsito, al igual que las causas medioambientales, la exposición, los vehículos y el enfoque social del riesgo”.

No obstante, la educación vial de la ciudadanía así como la atención municipal a las necesidades de control en la sección de vía analizada, son temas que salen fuera del ámbito de este estudio.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las características actuales de la señalización vial en el tramo de la “Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba” se constituyen en la principal fuente de inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de señalización integral en el tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, mediante el diagnóstico previo de la situación actual en que se encuentra dicho tramo y el cumplimiento de las normas vigentes que regulan la instalación de señales verticales y horizontales en el Ecuador, para contribuir a la seguridad en la movilidad vehicular y peatonal.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar mediante investigación bibliográfica, los estudios de ingeniería necesarios para diagnosticar el estado actual del tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, así como las metodologías o guías técnicas que orienten su ejecución; e investigar la normativa necesaria para el diseño de un sistema de señalización vial que contribuya a la seguridad en la movilidad vehicular y peatonal de dicho tramo.
- Diagnosticar de manera general el estado actual de los elementos que intervienen en la movilidad vehicular y peatonal del tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, en base a la aplicación de los estudios de ingeniería previamente determinados.
- Elaborar una propuesta de un plan de señalización integral en el tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Considerando que la movilidad vial oportuna, segura y eficiente, es un derecho de los ciudadanos, los estudios y trabajos orientados a garantizar este derecho en cualquier ciudad y sector, son indudablemente válidos. La avenida Las Palmeras es una arteria vial importante en la conexión del sur y norte de la ciudad de Machala. Sin embargo, como ya se ha descrito en secciones anteriores de este capítulo, la vía en general y particularmente el tramo comprendido entre la avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, presenta un visible deterioro del sistema de señalización de tránsito, originado por diferentes causas. En consecuencia, existe un alto grado de inseguridad en la movilidad tanto de peatones como de vehículos en esta sección de la avenida.

Actualmente, existe un flujo vehicular significativo en la intersección de la Av. Las Palmeras y Calle Padre Manuel Estomba donde se han generado accidentes de tránsito que así lo evidencian; y, en general todo el tramo de vía representa un riesgo para sus usuarios, en lugar de ofrecer los servicios necesarios para una movilidad segura. Esta

situación se vuelve aún más preocupante al considerar los proyectos Parque Ecológico y Sub-centro de Salud que está gestionando el gobierno central, mismos que sin duda buscan cubrir las necesidades de salud y esparcimiento de los machaleños.

En un futuro cercano, cuando estos proyectos entren en pleno funcionamiento atraerán la atención de los ciudadanos de la ciudad de Machala, como de la provincia en general (sobre todo en el caso del parque ecológico) quienes se trasladarán hacia estos sitios generando un mayor volumen de tráfico peatonal y vehicular en la avenida Las Palmeras. Por consiguiente, al incrementarse la congestión bajo las condiciones de señalización actuales en la vía, se acrecentará la inseguridad en movilidad vial en el tramo analizado, promoviendo un mayor riesgo de accidentes de tránsito así como sus nefastas consecuencias, que se traducen en pérdidas materiales y afectación al bienestar ciudadano.

Si bien el Municipio de Machala cuenta con un plan de movilidad con alcance temporal hasta el año 2019, este plan se limita a la zona central de la ciudad¹⁶. Es decir, a pesar de conocer del tránsito vehicular y peatonal que será atraído por los proyectos Parque Ecológico y Sub-centro de Salud, sumado al estado actual de señalización e infraestructura vial en el tramo de estudio, este tramo no se ha incluido en las metas de movilidad de la municipalidad. Por lo tanto, no se ha contemplado el mantenimiento, rediseño o regeneración de dicha sección de la Av. "Las Palmeras". En vista de ello, se hace necesario plantear soluciones que aporten a la mejora de las condiciones de movilidad vial de esta área en el presente, contribuyendo a su vez a la reducción de los problemas de movilidad en el futuro.

De manera adicional, el presente trabajo se realiza considerando que la ciudad de Machala, en comparación con otras ciudades importantes del país, requiere estar a la vanguardia en la calidad de los servicios de su infraestructura vial. Su desarrollo económico, urbanístico, e inclusive turístico dependen en gran parte de la calidad de sus sistemas de movilidad urbana. De esta forma, el diseño de un plan de señalización integral en el tramo de vía determinado, se puede constituir en un ejemplo para proyectos de señalización aplicados a otras vías o a la ciudad en general.

Finalmente, la importancia de este trabajo recae en la aplicación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante los años de estudio, cursados en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, complementados con la investigación bibliográfica necesaria para alcanzar el objetivo planteado. Los procedimientos, resultados actualizados y las recomendaciones generadas, servirán como aporte a futuros estudios que se deseen realizar en esta misma línea de investigación.

De no ejecutarse un plan de señalización integral en la sección de vía determinada, los problemas existentes en la movilidad vehicular y peatonal de la zona persistirán y muy probablemente se verán agravados con el crecimiento poblacional, crecimiento del parque automotor, y con la apertura de los proyectos del gobierno central, antes indicados. Además, mantener de manera negligente las condiciones actuales de la señalización en el tramo analizado, se constituye en una excusa para la conducta inapropiada de peatones y conductores cuando interactúan con otros agentes en el sistema vial de la avenida seleccionada.

De esta forma, se justifica el diseño de un plan de señalización integral en el tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, en pro de un incremento en la seguridad de movilidad vehicular y peatonal en dicho sector.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA

2.1 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN Y SUS ESCENARIOS

Cuando se precisa desarrollar proyectos de construcción o mejoramiento de vías, es fundamental considerar que toda propuesta debe basarse en datos correspondientes a volumen de tránsito y estado de los elementos de infraestructura vial. La correcta determinación de estos datos permite realizar estimaciones y proyecciones fiables sobre los requerimientos de la vía. Entre estos estudios se encuentran los conteos de volumen de tránsito y variación del mismo, estudios de velocidades, evaluación de la señalización, estudio de semaforización, accidentalidad, origen y destino, evaluación de la capa de rodadura y del diseño geométrico, entre otros.

Con el objetivo de diagnosticar la situación actual del tramo de la avenida Las Palmeras entre la avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, el presente capítulo señala los estudios de ingeniería realizados desde una perspectiva teórica y práctica.

2.1.1 DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA A EFECTUAR

2.1.1.1 Estudio de accidentalidad

El crecimiento y desarrollo de las sociedades, ha impulsado un incremento continuo del uso de vehículos para satisfacer la necesidad de movilización de la ciudadanía. A esto se suma el constante deseo de los individuos por acortar distancias y reducir tiempos de transporte, lo cual provoca la aparición de problemas en la movilidad vial. Tal y como lo menciona Marcelino Ricárdez y Luis Chias²⁰, uno de estos problemas es la generación de los *accidentes de tránsito*, que se definen como *“colisión no deseada con cierta intensidad, en cierto sitio y momento determinado, que puede ocurrir entre dos o más vehículos automotores, vehículo con peatón o vehículo con infraestructura física; el concepto incluye por supuesto la volcadura de vehículos y colisión con ferrocarril”*.

En los países en desarrollo, generalmente se subestima la importancia de los accidentes de tránsito y sus consecuencias en la salud de la población y en las finanzas públicas. Como lo menciona Marcia Chavarriaga²¹, los accidentes de tránsito afectan tanto al componente social como también al componente económico de un país, pues los traumatismos afectan emocional y económicamente a las familias de las víctimas, reducen la productividad de los trabajadores e incrementan los costos de salud pública de manera significativa; sin embargo, se pueden tomar acciones a fin de evitar estos problemas, con excelentes resultados. De hecho, Söderlund²² menciona la existencia de pruebas (principalmente en países industrializados) de que las medidas orientadas a reducir los accidentes de tránsito pueden reducir índices de mortalidad, morbilidad y discapacidad en los países. Por ello se vuelve importante la ejecución de estudios de accidentalidad, previa aplicación de dichas medidas, para que estas sean correctamente planificadas.

Como bien lo señala César Fuentes²³ - y como ya se mencionó en el Capítulo I de este trabajo - los estudios de investigación referentes a los accidentes de tránsito,

normalmente se realizan desde diversos enfoques, uno de los cuales es el enfoque de la infraestructura vial, pues *“el volumen de infraestructura en cada área y la velocidad promedio del tránsito afecta la incidencia de accidentes viales”*.

Por ello, parte del diagnóstico de cualquier sistema de transporte vial, así como de una sola vía o un segmento de la misma, corresponde al análisis y establecimiento de estadísticas de accidentalidad. Esta información es útil para identificar puntos negros o zonas de alta ocurrencia de este tipo de eventos y así diseñar medidas de mitigación vía concientización, control conductual o, rediseño y mantenimiento de la infraestructura vial, priorizando la intervención en estos puntos. Según René García et al²⁴., un punto negro es el sitio donde se han suscitado 3 o más siniestros de tránsito en un año, y Hernán Málaga²⁵ define además como punto negro al lugar donde ha ocurrido al menos una muerte por accidente de tránsito en el mismo período.

Los estudios de accidentalidad se efectúan ya sea mediante la observación en campo o mediante la recopilación de datos y estadísticas existentes. La observación en campo implica programar visitas a la zona de estudio cuando se presenten ciertas características que favorecen este tipo de siniestros (días de lluvia, durante la noche, etc.), seleccionar diferentes puntos de observación, conducir por el área repetidamente, capturar en fotografías comportamientos inapropiados de conductores y peatones y, dialogar con los residentes de la zona para obtener su percepción sobre la cantidad y severidad de los accidentes que se presentan en el área.

Por otro lado, la recopilación de datos ya existentes, conlleva un trabajo de investigación sobre las estadísticas de accidentalidad del país, la provincia, la ciudad y en sí, del área objeto de estudio. En acuerdo con García et al²⁴., esta información puede ser usada para obtener indicadores de accidentalidad e identificar los puntos de mayor peligrosidad para priorizar la atención a fin de fomentar la seguridad vial. En el caso del Ecuador, el organismo que realiza un constante registro de información correspondiente a accidentes de tránsito es la Agencia Nacional de Tránsito.

Indistintamente del método empleado para obtener la información, esta debe ser digitalizada, procesada y sintetizada en cuadros y gráficos descriptivos que permitan identificar los puntos de mayor peligrosidad, analizar las causas de los accidentes de tránsito allí presentados y por consiguiente, analizar las posibles medidas a tomar para reducir su ocurrencia e impacto.

2.1.1.2 Estudio de origen y destino

El estudio de origen y destino se efectúa generalmente para determinar la distribución de los viajes que realizan los usuarios en una zona o sector, para lo cual hacen uso de redes viales o tramos de vía específicos. Esta distribución puede darse según el propósito de los usuarios, en base a la clasificación socioeconómica de los mismos, según la hora del día, o según el tipo de vehículos²⁶. De esta forma, es posible conocer las principales trayectorias de flujos de personas y carga en una zona geográfica de interés²⁷, permitiendo evaluar la calidad de los servicios de infraestructura vial que ofrecen los sistemas de transporte en la zona seleccionada y analizar las posibles mejoras que debieran implementarse para brindar los servicios de infraestructura vial necesarios que permitan atender adecuadamente la demanda de viajes.

Generalmente, el estudio consiste en la aplicación de encuestas a los conductores de vehículos que transitan por la vía o zona analizada, por lo cual el estudio se conoce como EOD (Encuesta de Origen y Destino). Para ello, se seleccionan ciertos puntos en la red vial o vía específica y en ellos se ubican estaciones con personal debidamente capacitado. Progresivamente se detiene a los vehículos que pasan y se les interroga sobre su origen y destino y se registran los datos incluyendo el tipo de vehículo, la hora del día, etc. Se pueden efectuar variaciones en el método de encuesta que pueden incluir: entrega de formularios o tarjetas para que sean llenadas por el usuario en ese momento, se pueden efectuar encuestas en el domicilio de los habitantes de la zona, cuestionarios a ser entregados en los buses de transporte público, etc.

Como se deduce de lo descrito por Flórez y González²⁸, quien hace referencia a las EOD domiciliarias, el costo que implica la ejecución de este estudio obliga a calcular una muestra de usuarios a quienes encuestar, con las correspondientes consideraciones y complejidades de carácter estadístico que no pueden ser obviadas. Sin embargo, aun cuando se apliquen los cuestionarios a una muestra de usuarios, esta debe ser lo suficientemente grande a fin de extrapolar los resultados al universo o población del estudio. Por ello, se requiere incurrir en costos de contratación de recursos humanos, capacitación, materiales y sobre todo en tiempo de preparación, ejecución y procesamiento de información.

Una vez se cuenta con la información procesada, se identifican los principales puntos de trayectoria de los usuarios y se les asocia números, que permitan ubicarlos de forma rápida y sintetizada. Con ello se construye una matriz de origen y destino similar a la que se presenta a continuación, mediante la cual se determinan las rutas preferidas por los usuarios de la vía o sistema vial de interés. Esta matriz, a su vez, es útil para analizar las resistencias o elementos que obstaculizan la movilidad entre cada par de zonas (origen y destino)²⁶.

Tabla 2.1 Formato matriz origen y destino

Matriz de origen y destino		Zona o punto de destino					Total de viajes
		1	2	3	4	...	
Zona o punto de origen	1						
	2						
	3						
	4						
	...						
Total de viajes							

2.1.1.3 Estudio topográfico

Se entiende por topografía a la ciencia que se encarga de representar las formas de elementos naturales (como terrenos, montañas, etc.) y artificiales (plantas industriales, vías, entre otros) que se hallan sobre la superficie terrestre y debajo de ella, utilizando principios y procedimientos definidos, así como instrumentos especializados. Adicionalmente, la topografía permite determinar la posición de estos elementos sobre la Tierra, ya sea de forma relativa o absoluta.

Es importante mencionar que en la actualidad, como lo señalan Wolf y Ghilani²⁹, cada vez es más común el uso del término “geomática” para referirse a la topografía; sin embargo, en el presente trabajo se utilizará el término habitual.

La topografía se divide en dos ramas: la planimetría y la altimetría. La planimetría consiste en determinar la posición de los elementos y proyectarlos sobre un plano horizontal, mientras que la altimetría aplica metodologías para la representación gráfica de la irregularidad y relieve de los terrenos, así como la altura de algunos puntos de interés.

El conjunto de pasos a seguir para obtener la representación gráfica de un elemento natural o artificial, recibe el nombre de levantamiento topográfico. Este procedimiento consiste en la medición de distancias verticales y horizontales entre varios puntos, en relación a una línea de referencia, así como ángulos entre líneas. Con la información recopilada se realiza un trabajo de oficina, donde manualmente o utilizando un software específico se realiza la proyección de los puntos del elemento y se obtiene como producto final el plano del mismo. Cabe señalar que, los instrumentos de medición reducen el error de medición humano pero no lo eliminan, por ello las mediciones obtenidas siempre deben considerarse como aproximaciones³⁰.

En síntesis, el procedimiento de levantamiento topográfico se divide en dos: un trabajo de campo, donde se recopila directamente la información y un trabajo de oficina, donde se realizan cálculos y se elaboran los dibujos o gráficos respectivos de acuerdo al uso que se quiera hacer del producto final. Para su ejecución, el levantamiento topográfico requiere planificación previa y la disponibilidad de ciertos recursos:

Personal

- Un Topógrafo (el encargado de la obra y quien dirige el equipo)
- Un ayudante de topografía (es quien elabora el croquis del terreno y registra los datos que le indica el topógrafo en un cuaderno de apuntes)
- Dos cadeneros (encargados de cargar las herramientas topográficas utilizadas)

Equipos topográficos

- Un Teodolito o Estación total (con sus baterías recargables)
- Un GPS
- Un trípode
- Dos prismas y sus respectivos bastones
- Tres sistemas de comunicación Walkie – Talkie.
- Flexómetro y Cinta métrica
- Chalecos reflectivos de seguridad
- Caja de herramientas (contiene: pintura, clavos de acero, combo, etc.)

Usualmente en Ecuador hasta hace poco tiempo, la recopilación de datos en campo se realizaba con el uso de un teodolito, para luego trasladar la información a un computador y procesarla. Actualmente, el avance tecnológico ha permitido integrar en un solo instrumento, las funciones de un teodolito electrónico, un medidor de distancias, y un microprocesador que permite realizar cálculos a fin de establecer las coordenadas

rectangulares de los puntos de un elemento. Este instrumento es la estación total, utilizada ampliamente en la captura de datos de los levantamientos topográficos.

El proceso de recopilación de información con la estación total, es claramente detallado por Raquel Pachas³¹ y se indica a continuación:

“En campo, para iniciar la captura de datos de los puntos del terreno, se empieza por hacer estación y nivelar la Estación Total sobre uno de los puntos de control posicionado previamente con el GPS, se ingresan las coordenadas de este punto y se dirige una visual al otro punto de control y se ingresan las coordenadas del segundo punto de control o el azimut de esta línea base; este procedimiento orienta la Estación, y define la línea base o línea de referencia que no es otra cosa que una línea de la cual se conoce las coordenadas rectangulares de sus extremos o la coordenada de uno de ellos y el azimut de la misma. Con esta información el microprocesador estará en capacidad de calcular y presentar en pantalla las coordenadas rectangulares de los puntos donde se ha colocado el prisma y se han registrado mediciones. Al desplazar la Estación Total a otro punto, para completar la captura de datos, se repite el procedimiento de orientación de la Estación.”

Los datos capturados con la estación total son cargados en un sistema o software de dibujo computarizado que comúnmente son de formato CAD (Computer Aided Drawing), el cual permite dibujar los planos topográficos en tiempo real y observar el resultado en pantalla, para efectuar las modificaciones pertinentes. El topógrafo o profesional que lleve a cabo este proceso deberá considerar los mismos aspectos que se deben establecer cuando se dibuja manualmente, como son: selección de escala, leyenda, cuadrícula, cajetín de identificación, entre otros.

Es prudente afirmar que, prácticamente en todo proyecto de ingeniería desde el más simple hasta el más complejo, se precisa utilizar la topografía en alguna o todas sus etapas. Dentro del presente trabajo, la ejecución de un levantamiento topográfico y obtención de un plano, es necesario para conocer las dimensiones de la infraestructura del tramo de la avenida Las Palmeras entre la avenida Circunvalación Sur y calle Padre Manuel Estomba, y hacer un análisis fundamentado sobre las características de su diseño.

2.1.1.4 Estudio del volumen de tránsito

Los estudios de volumen de tránsito o de flujo vehicular permiten obtener información crucial para la gestión e inversión en infraestructura vial³². El volumen de tránsito según indican Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas³³, es *“el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.”* Para este tipo de estudios se aceptan algunas medidas, dependiendo principalmente del objetivo planteado:

- Tráfico promedio diario anual (TPDA)
- Tráfico en horas pico
- Tráfico medio por período

De estas, la más utilizada es el TPDA, la cual será aplicada al caso de estudio.

Tránsito promedio diario anual (TPDA):

Si se define como tránsito total anual (TA), al número total de vehículos que pasan por una vía o intersección en 365 días (1 año), entonces el tránsito promedio diario anual ($TPDA$) será el resultado de dividir el TA para 365 días³³. De esta forma obtenemos una aproximación del número de vehículos que circulan en un día estándar del año por la sección o vía de interés.

$TA = \text{número total de vehículos que pasan en 1 año}$

$$TPDA = \frac{TA}{365 \text{ días}} \quad (2.1)$$

Para su medición se puede utilizar una metodología manual o automática.

Conteo manual: El conteo manual de tráfico es aquel efectuado en la vía o intersección por parte de uno o varios medidores u observadores, de cuya experiencia y capacitación depende mucho la calidad de los resultados. El método es apto para medición de tránsito en lapsos cortos de tiempo que permita finalmente clasificar vehículos y movimientos³². Las Normas NEVI³² indican que “*un observador no debe contar más de 400 vehículos por hora para cualquier nivel de proyecto considerado*”.

Conteo automático: Este tipo de contabilización de tráfico vehicular se efectúa mediante instrumentos que contienen sensores de vehículos; por lo tanto, al paso de un vehículo emiten pulsos que se registran y son contabilizados. Se pueden instalar estaciones de conteo automático permanentes o temporales, dependiendo del objetivo del trabajo. Los instrumentos mencionados existen en versiones simples y complejas, cuya capacidad va desde contabilizar el número de ejes que pasan por un punto, hasta clasificar los vehículos por longitud, dirección, etc.

En general, para obtener el $TPDA$, se convierte en un requisito de mucha complejidad el determinar el número total de vehículos que pasan por un punto al año. Esto debido a los costos y al consumo de recursos que implica. Debido a ello se toman muestras de datos en períodos más cortos que permitan inferir el total anual, inferencia que se realiza con cierto nivel de confiabilidad.

En tal sentido, como bien lo indica Cal y Mayor y Cárdenas, el tráfico promedio diario anual (media poblacional) se estima a través del tráfico promedio diario semanal (media muestral) como se indica a continuación:

$$TPDA = TPDS \pm A \quad (2.2)$$

En la fórmula indicada, A es la máxima diferencia entre el $TPDA$ y $TPDS$; es decir A sumado y restado al tráfico promedio diario semanal, permite establecer el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el $TPDA$, que se quiere conocer. Esta máxima diferencia se obtiene por Cal y Mayor y Cárdenas³³:

$$A = k * E \quad (2.3)$$

En donde:

k = número de desviaciones estándar según el nivel de confiabilidad que se desee utilizar. Generalmente se utilizan niveles de 90% o 95%, para los cuales la distribución normal toma valores de 1.64 y 1.96 respectivamente.

E = Error estándar de la media poblacional

De acuerdo con Cal y Mayor y Cárdenas³³, el error estándar de la media poblacional se puede reemplazar por el estimador de la desviación estándar poblacional, asumiendo que las medias muestrales siguen una distribución normal en torno a la media poblacional.

Dicho estimador se puede obtener de la siguiente forma:

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \quad (2.4)$$

En donde:

S = desviación estándar muestral

n = tamaño muestral en número de días

N = tamaño de la población en número de días (365)

Para ello, la desviación estándar muestral (S) se establece mediante la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

Donde TD_i es el tráfico registrado en el día i del aforo.

De tal forma que, al obtener un registro del número de vehículos que circulan cada día, durante una semana, en el tramo o punto de interés, podremos obtener la media ($TPDS$) y la desviación estándar muestrales, para así establecer una aproximación a su tráfico promedio diario anual ($TPDA$).

$$TPDA = TPDS \pm A \quad (2.6)$$

$$TPDA = TPDS \pm (K\hat{\sigma}) \quad (2.7)$$

Esta información nos será útil para diagnosticar si el nivel de tránsito que soporta el tramo de estudio, es respaldado por los servicios de infraestructura vial que presta en la actualidad.

2.1.1.5 Estudio de la variación del volumen de tránsito

Debido a su variabilidad, los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos. Por lo tanto, se vuelve necesario tener conocimiento de su comportamiento, es decir la forma en que varían durante un periodo determinado. Por ejemplo, durante los meses del año, los diferentes días de la semana, durante las horas del día y aún más importante dentro de las horas de máxima demanda.

Según Cal y Mayor y Cárdenas³³, el volumen horario de máxima demanda (*VHMD*) es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de una calzada o carril durante 60 minutos sucesivos. Este volumen representa a los periodos de máxima demanda que se suelen dar durante las 24 horas de un día en particular. Además, salvo que posea una distribución uniforme, el flujo no es invariable durante los 60 minutos analizados, lo cual implica que existen intervalos de tiempo inferiores a una hora, con tasas de flujo de tránsito inclusive mayores a la tasa de flujo de la hora total³³.

Las variaciones en los volúmenes de tránsito se producen debido a que estos poseen dos características fundamentales: los volúmenes de tránsito son espaciales (usan un espacio) y temporales (consumen tiempo)³³. La distribución espacial del volumen de tránsito se presenta por la necesidad de las personas de trasladarse de un punto de la ciudad a otro (origen y destino) ya sea por trabajo, educación, recreación etc. Por otro lado, la distribución temporal de dicho volumen se debe a los distintos estilos y formas de vida de los individuos, que los llevan a establecer sus propias rutas de viaje, según su conveniencia durante ciertas épocas del año, durante los días de la semana y durante horas específicas del día.

Según Cal y Mayor y Cárdenas³³ en las ciudades las variaciones horarias presentan un gran volumen de vehículos durante las horas pico, pudiendo llegar a saturar una vía urbana y ocasionar serios problemas de congestión vehicular. Sin embargo, estos problemas se pueden prever realizando estudios de tránsito, dentro de los cuales a criterio propio se encuentra el estudio de la variación del volumen de tránsito.

El estudio consiste en elaborar un conteo volumétrico de tránsito como paso inicial, cuyo período debe ser definido de acuerdo con el objetivo planteado. En el caso del análisis de la variación mensual, semanal, diaria y horaria del volumen de tránsito, se toman los datos registrados del mencionado conteo y se organizan de manera detallada. De esta forma, se construyen tablas u hojas electrónicas, donde la primer columna indica el tiempo de observación (meses, semanas, días, horas) y las siguientes columnas acogen y organizan los datos registrados por tipo de vehículo, para obtener el total y la composición vehicular en números y porcentajes respectivamente, en la parte inferior de la tabla.

Finalmente, se elaboran gráficos estadísticos que permitan apreciar la variación del volumen de tránsito durante el periodo de observación. Estos gráficos contienen una curva "total" que representa la variación de todo el flujo vehicular a lo largo del periodo de análisis, así como también se grafican las curvas de variación de los tipos de vehículos con mayor porcentaje dentro de la composición vehicular.

En el caso del análisis de la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda, es necesario contar con la información recogida en la tabla del estudio de la

variación horaria del volumen de tránsito, ya que a partir de esta se define la hora en la que se presenta la máxima demanda del flujo vehicular, en un punto o sección de vía determinada. Además, para realizar el mencionado análisis se debe conocer el concepto de tasa de flujo y algunos otros términos o elementos del estudio, los cuales se presentan a continuación, tal y como los describe Cal y Mayor y Cárdenas³³:

Tasa de flujo o flujo (q)

La tasa de flujo o flujo (q) es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora.

En este caso $T < 1$ hora.

Elementos de la hora de máxima demanda

Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo, $q_{m\acute{a}x}$, que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N (q_{m\acute{a}x})} \quad (2.8)$$

En donde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 (q_{m\acute{a}x})} \quad (2.9)$$

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12 (q_{m\acute{a}x})} \quad (2.10)$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Muestra la forma como están distribuidos los flujos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastantes menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

Conociendo estos conceptos, se puede efectuar el estudio de la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda. El autor del presente trabajo ha desarrollado su estudio de manera detallada en la sección 2.1.2.4 del presente capítulo, el cual se recomienda revisar para una mejor comprensión.

2.1.1.6 Estudio de velocidad

El exceso de velocidad durante la conducción es uno de los principales factores que ocasionan accidentes de tránsito a nivel mundial. En la actualidad, los vehículos circulan a velocidades que superan los límites de las calles y carreteras. Según el estudio efectuado por Víctor Choquehuanca et al.³⁴, durante los años 2005 y 2009 en Perú, el exceso de velocidad fue la primera causa de accidentes de tránsito en ese período, y fue la razón principal en el 33.82% de las muertes registradas. Con el objetivo de reducir los índices de accidentalidad, Quistberg et al.³⁵ señalan a la velocidad como el factor más importante que debe ser modificado cuando las medidas de mitigación de accidentes se enfocan en los vehículos y conductores. Por ello, dentro de un proyecto de construcción o readecuación de un sistema vial, se debe considerar como elemento básico a la velocidad, la cual consiste en un parámetro de cálculo utilizado para el diseño de otros elementos dentro del proyecto³³.

Por lo antes mencionado, la medición y análisis de la velocidad a la que circulan los vehículos en el tramo de estudio es fundamental, con el propósito de conocer y evaluar si la misma se mantiene dentro del rango permitido de la vía, o lo supera; causando inseguridad a los usuarios.

El concepto de velocidad

En general, y de acuerdo con Cal y Mayor y Cárdenas³³, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo y se expresa en kilómetros por hora (Km/h). Cuando se considera la velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, y está dada por la siguiente expresión³³:

$$v = \frac{d}{t} \quad (2.11)$$

En donde:

v = Velocidad constante (Kilómetros por hora)

d = Distancia recorrida (Kilómetros)

t = Tiempo recorrido (horas)

Según los estudios que se realicen y los objetivos que se deseen alcanzar, el término velocidad, referente al movimiento de los vehículos, se emplea de distintas maneras, dando lugar a varios conceptos de velocidad. Estos tipos de velocidad son:

- Velocidad de punto
- Velocidad media temporal
- Velocidad media espacial
- Velocidad de recorrido
- Velocidad de marcha
- Velocidad de proyecto

En el presente trabajo, estudiaremos la velocidad de punto, la misma que será de utilidad para determinar la velocidad con la que circulan los vehículos dentro del tramo de estudio.

Velocidad de punto

Se refiere a la velocidad que lleva un vehículo al pasar por un determinado punto de una vía. Dado que esta velocidad se mide en el momento justo en que el vehículo transita por el punto de interés, se le suele conocer también como velocidad instantánea³³.

Para la medición de velocidades de punto se utiliza generalmente el método manual del cronómetro, con el cual se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrer la distancia establecida entre dos rayas de pintura o gis, que se han marcado en la calzada. Esta distancia usualmente va de 50 a 100 m. Sin embargo, existen a su vez métodos automáticos que utilizan dispositivos como el radarmetro (equipo accionado por la batería de un vehículo, y que se basa en el mismo principio del radar), el cual emite ondas de alta frecuencia, que “rebotan” en el vehículo que se aproxima y permiten determinar su velocidad de forma inmediata³³.

Adicionalmente, hoy en día existen varias aplicaciones móviles creadas para explotar la capacidad de los teléfonos inteligentes, entre estas tenemos aplicaciones que convierten a los dispositivos celulares inteligentes en una pistola radar, capaz de medir la velocidad de punto de los vehículos, y accesible para todo tipo de usuarios. Estas aplicaciones precisan ubicar la distancia entre la persona que controla el dispositivo celular y, el vehículo objeto de medición. Al final del rastreo, la aplicación arroja como resultado la velocidad que tuvo el vehículo al pasar por el punto de interés.

Considerando que el universo de vehículos que pasan por un punto de la vía no puede ser evaluado, y que solo se puede medir la velocidad de una proporción de los mismos, surge la importancia de establecer una muestra estadísticamente confiable, para posteriormente utilizar la información de dicha muestra y con ella caracterizar a la población o universo analizado. En el caso del presente estudio, ese universo corresponde al volumen total de tránsito que transita por la sección de vía durante el período de análisis.

Cal y Mayor y Cárdenas en su libro nos indican, que el tamaño mínimo n que conviene adoptar para la muestra se puede determinar con la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{KS}{e}\right)^2 \quad (2.12)$$

En donde:

n = Tamaño mínimo de la muestra

K = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado ($K = 1.64$ y $K = 2.0$ para un nivel de confiabilidad del 90% y 95.5% respectivamente).

S = Desviación estándar de estudios anteriores de velocidad de punto en la vía, si no existen estudios anteriores se sugiere una desviación estándar promedio de 8.0 Km/h, como valor empírico para cualquier tipo de vía y de tránsito.

e = Error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito

Debido a la incertidumbre que genera el uso de información muestral para la caracterización de un universo de vehículos, se requiere utilizar estadística descriptiva e inferencia estadística en el estudio de la velocidad de punto. Esto debido a que el flujo vehicular sigue una distribución de velocidades, en un intervalo de comparación bastante amplio, y no una velocidad constante³³.

El cálculo de la velocidad de punto en el tramo objeto de estudio se efectuará empleando la metodología aplicada por Cal y Mayor y Cárdenas³³ que consiste en obtener las mediciones de una muestra de vehículos previamente calculada, para luego tabular la información recopilada en tablas por intervalos de clase y finalmente obtener la velocidad promedio de dichos intervalos. Para una mejor comprensión de los diversos parámetros estadísticos que intervienen en el análisis, se recomienda revisar la metodología ampliamente detallada en el libro *“Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones”* de Rafael Cal y Mayor y James Cárdenas. El desarrollo de la metodología aplicada al tramo de análisis se encuentra en la sección 2.1.2.5 del presente capítulo.

2.1.1.7 Estudio superficial de la capa de rodadura

El pavimento de una vía, desde la perspectiva de ingeniería, consiste en un elemento estructural, donde toda su superficie se encuentra apoyada sobre la sub-rasante, o terreno de fundación de la vía. En sí, la sub-rasante soporta una serie de capas de distinto espesor que conforman el pavimento. Por su parte, el usuario de una vía, identifica al pavimento como la superficie por la cual se moviliza; y que debe ofrecer seguridad y confort para el traslado sobre ella³⁶. De forma general, el pavimento se conforma por una serie de capas como son la sub-rasante, la capa sub-base, la capa base y la carpeta asfáltica.

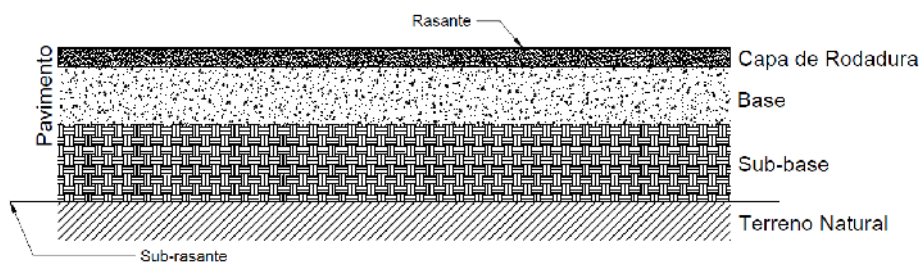


Gráfico 2.1 Estructura del pavimento flexible (Fuente: El autor – 2015)

Dado que el pavimento soporta cargas de tránsito de diferente intensidad, debe contar con la resistencia necesaria en todas sus capas. Por tanto, debe presentar condiciones adecuadas no solamente para ofrecer comodidad y seguridad a los usuarios, sino también para soportar las presiones y situaciones a la que se verá expuesto, garantizando de esta forma su durabilidad esperada.

La forma en que se construya el pavimento considerando las condiciones del terreno, de

los materiales disponibles y de la intensidad del tránsito que soportará, da lugar a su clasificación: Los pavimentos se clasifican en flexibles, rígidos e híbridos.

Un pavimento flexible o asfáltico, es aquel que contiene una capa asfáltica en su superficie, seguida de la capa base, sub-base y la capa de soporte que es la sub-rasante o terreno natural. Su vida útil va de 10 a 15 años, pero requiere de constante mantenimiento para asegurar esa durabilidad. En cambio un pavimento rígido, está compuesto de losas de concreto hidráulico ubicadas sobre la base (o sub-base) que están sobre la sub-rasante. Es más costoso en su construcción que el pavimento flexible pero es más durable con un mantenimiento mínimo. Su vida útil va de 20 a 40 años. Finalmente, el pavimento híbrido es una combinación de los dos ya mencionados³⁶.

El presente estudio se enfoca en analizar el estado superficial de la capa de rodadura o carpeta asfáltica del pavimento urbano flexible, mismo que ofrece la superficie de rodamiento a la vía, por la cual circulan vehículos motorizados y no motorizados. Su función además es proteger las capas internas evitando su desintegración y filtración de agua. Por consiguiente, cuando la carpeta se encuentra deteriorada es preciso realizar el mantenimiento necesario para rehabilitarla, pues un pavimento en mal estado genera un frecuente deterioro en los vehículos y aún más importante, puede ser la causa de accidentes de tránsito. Esto ocurre cuando los vehículos evitan las fallas de la calzada circulando por el carril despejado, y reduciendo la vía de dos carriles a uno.

Cuando se trata de pavimentos flexibles, según Rondón y Reyes³⁷, las deformaciones permanentes del pavimento se presentan en todas sus capas. Sin embargo, estos deterioros se reflejan en la carpeta asfáltica o capa de rodadura del pavimento. De esta forma, los tipos de deterioros que pueden identificarse para pavimentos flexibles son los siguientes:



Gráfico 2.2 Tipos de deterioros en pavimentos flexibles (Fuente: El Autor – 2015)

Julián Quintero³⁸, en su trabajo *Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte*, señala la importancia de realizar inventarios viales como diagnóstico y fase preliminar a la planificación, diseño y construcción de proyectos de infraestructura vial. Estos inventarios incluyen el análisis del estado superficial del pavimento y obras complementarias al mismo. Este último

consiste según Quintero³⁸ en “identificar las fallas, defectos o daños que el pavimento presenta, y que provocan un funcionamiento deficiente y una reducción en su vida útil”. Por consiguiente, considerando la clasificación presentada en el Gráfico 2.2, en el presente trabajo se procederá a identificar, mediante observación, los tipos de deterioro y el grado en que están presentes en el tramo de estudio, para con base en la información que se recopile, estimar el estado general de la carpeta asfáltica.

2.1.1.8 Estudio de señalización horizontal y vertical

A diferencia de otros estudios técnicos que permiten analizar el estado y calidad de la infraestructura vial, la evaluación de los sistemas de señalización vertical y horizontal en un tramo de vía específico no es un aspecto que pueda medirse de forma exacta y objetiva. Por ejemplo, si efectuamos nuevamente el estudio del volumen de tránsito (TPDA) en las mismas circunstancias en que fue realizado, arrojará los mismos resultados independientemente del criterio del investigador; mientras que, en el caso de una evaluación al estado del sistema de señalización, los resultados dependerán del juicio del investigador y la calificación que este determine para cada una de las señales ya sean verticales u horizontales. Por esta razón, existen métodos de evaluación, que sin dejar de estar sujetos al criterio de quien los aplique, siguen un procedimiento estandarizado a fin de que los resultados sean lo más fiables posible. Uno de estos métodos es el cálculo del Índice de Estado de la Señalización vertical y horizontal (IES).

En el caso de la señalización vertical, según José Ponce³⁹, el método consiste en clasificar las señales verticales en tres grupos: Preventivas (Grupo I), Regulatorias (Grupo II) e Informativas (Grupo III), para posteriormente evaluar 7 tipos de deterioro que se presentan debido a la exposición total de las señales al ambiente, a conductas inadecuadas por parte de los usuarios de la vía, y a la falta de mantenimiento. Estos deterioros son: Visibilidad, Posición, Forma, Decoloración, Desgaste, Retrorreflexión y Suciedad. Cada señal vertical recibe una puntuación que va de 2 a 10 para cada tipo de deterioro. A continuación se presenta de forma sintetizada a qué corresponde cada tipo y cómo se evalúa según el método IES³⁹:

Tabla 2.2 Tipos de deterioro y formas de evaluación por el método IES

TIPO DE DETERIORO	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
Visibilidad	Se evalúa la capacidad de observación íntegra de la placa y pedestal	El evaluador se coloca a 60 m antes de la señal, separado 2 m desde el borde del pavimento del carril exterior hacia el centro de la vía.	Excelente Regular Mala	10 6 2
Posición	Considerando que la señal ha sido colocada en cumplimiento de las normas, se evalúa inclinación, giro o desplazamiento del pedestal o de la señal, o ambos	En caso de inclinación, se pende un hilo con una plomada en el pedestal, a un metro desde la base y se mide la distancia existente desde la base del pedestal hasta la punta de la plomada en el suelo.	Desplazamiento: 0 – 6 cm 7 – 14 cm 15 – 19 cm Mayor de 20 cm	10 7 4 2

Tabla 2.2 Cont.

Forma	Pérdida de características geométricas de la señas; es decir, dobleces, hundimiento e irregularidades	Una regla de un metro de longitud sobre la superficie de la placa de la señal o pedestal y se mide la distancia del centro de la regla a la placa.	Deformación de la señal:	
			0 – 3 cm	10
			4 – 6 cm	7
			7 – 9 cm	4
			Mayor de 10 cm	2
Decoloración	Se evalúa la pérdida de color en la señal (placa y pedestal)	Se califica en función de lo observado siguiendo la tabla de calificación	Decoloración:	
			Nula	10
			Regular	6
			Elevada	2
Desgaste	Se evalúan fisuras, grietas, desintegración, erosión, oxidación, arañazos, despegues de leyenda y otros	Se califica en función de lo observado siguiendo la tabla de calificación	Desgaste de señal/área	
			Nulo / 0 -10%	10
			Poco / 11-30%	7
			Regular / 31 - 59%	4
			Elevado / Mayor de60%	2
Retrorreflexión	Se evalúa la capacidad de la señal de reflejar la luz que emiten los vehículos en la noche.	Se utilizan equipos portátiles que indican el grado de reflexión de la señal. En caso de no contar con ello, se recomienda no incluir este tipo de deterioro	Retroreflexión:	
			Excelente	10
			Regular	6
			Poca	2
Suciedad	Se evalúa la presencia de suciedad en las señales (que obedece a falta de mantenimiento)	Se califica en función de lo observado siguiendo la tabla de calificación	Suciedad:	
			Nula	10
			Regular	6
			Elevada	2

Fuente: Ponce José, Elaboración: El Autor – 2015

Una vez que se cuenta con los datos de puntuación, se calcula el Índice de Estado (IE) de cada señal, mediante el promedio de las puntuaciones de los tipos de deterioro³⁹.

$$IE_i = \frac{\text{Total de puntos de la señal } i}{\text{Número de deterioros}} \quad (2.13)$$

En Donde:

$i = 1, 2, \dots, n$ (el número que identifica la señal evaluada)

Secuencialmente, se calcula el Promedio de Conservación por grupo de señales, utilizando la siguiente fórmula³⁹:

$$PC_g = \frac{\sum_{i=1}^n IE_i}{Ng} \quad (2.14)$$

En donde:

N_g = Número de señales correspondientes al grupo g

g = Grupo de señales verticales (Grupo I, Grupo II, Grupo III)

Finalmente, el Índice de Estado de la Señalización Vertical será obtenido mediante la siguiente fórmula³⁹:

$$IES = 0.5 * (PC_1) + 0.3 * (PC_2) + 0.2 * (PC_3) \quad (2.15)$$

El resultado obtenido debe ser contrastado con una tabla estandarizada que asocia cada puntuación, con una conclusión sobre el estado de la señalización, la cual se presenta a continuación:

Tabla 2.3 Calificación de señalización vertical en base al IES

Caso	Pésimo	Mal	Regular	Bien	Excelente	Observación
A	Menos 3.5	3.5 - 5.9	6.0 - 6.9	7.0 - 8.5	8.6 - 10	Existe PCI, PCII y PCIII
B	- 1.7	1.7 - 2.9	3.0 - 3.4	3.5 - 4.2	4.3 - 5.0	PC I = 0
C	- 2.4	2.4 - 4.1	4.2 - 4.8	4.3 - 5.9	6.0 - 7.0	PC II = 0
D	- 2.8	2.8 - 4.4	4.5 - 5.5	5.6 - 6.8	6.9 - 8.0	PC III = 0
E	- 0.7	0.7 - 1.1	1.2 - 1.3	1.4 - 1.7	1.8 - 2.0	PC I y PC II = 0
F	- 1.7	1.7 - 2.9	3.0 - 3.4	3.5 - 4.2	4.3 - 5.0	PC II y PC III = 0
G	- 1.0	1.0 - 1.7	1.8 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0	PCI y PCII = 0

Fuente: Ponce José, Elaboración: El Autor - 2015

Por otro lado, el Índice de Estado de Señalización horizontal, se calcula a través de la apreciación de un pequeño grupo de investigadores (por lo general se recomienda tres) promediada y puntuada³⁹. Cada investigador realiza dos o tres recorridos en auto a la velocidad establecida en el tramo de estudio, en cada sentido de vía. En caso de no existir una señal que regule el límite de velocidad, se sugiere efectuar el ejercicio a una velocidad entre 40 a 50 km/h, con el fin de observar y juzgar el estado de la señalización horizontal. De forma que cada investigador emite una calificación entre 2 y 10 (siendo: 2 = Mala, 6 = Regular y 10 = Buena) sin conocer la puntuación que emiten los demás. El promedio de las puntuaciones de todos los investigadores se considera equivalente al índice de Estado de Señalización horizontal, mismo que permite obtener una conclusión sobre el estado de este sistema de señalización, bajo el siguiente criterio³⁹:

Tabla 2.4 Calificación de señalización horizontal

Índice de Estado promedio de investigadores	Calificación de la señalización horizontal
10 - 7	Buena
6.9 - 4	Regular
3.9 - 2	Mala

Fuente: Ponce José, Elaboración: El Autor - 2015

2.1.1.9 Estudio de semaforización

El avance tecnológico en la sociedad y a nivel mundial, ha permitido mejorar los dispositivos de control de tránsito, con el fin de solventar los nuevos retos a los que se enfrentan las sociedades en temas de movilidad. *“A medida que avanza el tiempo, el congestionamiento y los accidentes aumentan, por lo que para su atenuación, el uso de semáforos ha alcanzado un notable desarrollo”*³³. Los semáforos, son dispositivos electrónicos, que se emplean en el control del tránsito vehicular y peatonal, a través de indicaciones visuales. Dichas indicaciones son de colores universalmente aceptados, como es el caso de los colores verde, amarillo y rojo.

El objetivo principal de los semáforos, es el de autorizar el paso, alternadamente, a los flujos o volúmenes de tránsito que se atraviesan en un lugar determinado, cediendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

Dependiendo de la necesidad y la capacidad presupuestaria de la que se disponga, se puede adquirir uno de los diferentes tipos de semáforos existentes, los cuales se clasifican por la forma en que son accionados: semáforos de tiempos fijos, semáforos totalmente accionados por el tránsito, semáforos semiaccionados por el tránsito y semáforos controlados por computador. Independientemente del tipo de semáforo que se implemente en una intersección, estos cumplen un ciclo en su función de regular el tránsito. Este ciclo se divide en intervalos de tiempo, cada uno de los cuales da lugar a una fase de movimiento de los volúmenes de tránsito; es decir, en cada intervalo se emite una indicación de color verde que autoriza el derecho de paso a ciertos movimientos, mientras que otros son detenidos por una indicación de color rojo.

El propósito del presente estudio de semaforización consiste en identificar el tipo de semáforos existentes en el tramo de vía de interés, y analizar la eficacia de los mismos en su función de regular el volumen de tránsito y evitar congestionamientos en sus respectivas intersecciones. Como parte de este análisis, se requiere medir el tiempo de duración de cada una de las indicaciones, que corresponden al intervalo de cambio de fase, intervalo de luz verde e intervalo de luz roja y con ello determinar la duración del ciclo total. Con la información recogida se determinará la posibilidad de incluir semáforos adicionales para regular el volumen de tránsito, en los puntos donde sean necesarios. El procedimiento para la ejecución del presente estudio se encuentra detallado en la sección 2.1.2.9 del presente capítulo.

2.1.2 APLICACIÓN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA EN EL TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS

2.1.2.1 Estudio práctico de accidentalidad

Con respecto a la recopilación de datos correspondientes a accidentes de tránsito en el tramo de estudio, se optó por la investigación de estadísticas existentes, principalmente debido al tiempo y recurso humano que se necesita para el levantamiento de información a través de observación in situ. Por lo tanto, se recurrió a la Agencia Nacional de Tránsito y al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. En el caso del INEC, se investigó la información publicada en su sitio web correspondiente a accidentes de tránsito, mas no se encontró en esta fuente, datos de este tipo. En lo que respecta a la ANT, según lo

publicado en su página web respecto a siniestros de tránsito, la ciudad sufrió un total de 246 de estos eventos en lo que va del 2015, con un promedio de 31 accidentes por mes.

Tabla 2.5 Número de accidentes de tránsito en Machala de enero a agosto del 2015

Registro de accidentes de tránsito								
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Eventos	37	33	32	31	34	20	35	24
Total	246							
Promedio	31							

Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015

Adicionalmente, la ANT-Machala, facilitó las hojas electrónicas empleadas en la institución para el registro de accidentes de tránsito acontecidos en la ciudad, por meses, desde enero del año 2012 hasta el mes de julio del 2015. Sin embargo, el formato de registro ha sufrido varias modificaciones durante dicho período, por lo que fue necesario depurar la información y crear una base de datos homogénea de los accidentes de tránsito de Machala, para posteriormente filtrar la información y obtener únicamente los eventos presentados en la Avenida Las Palmeras. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Número de accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras

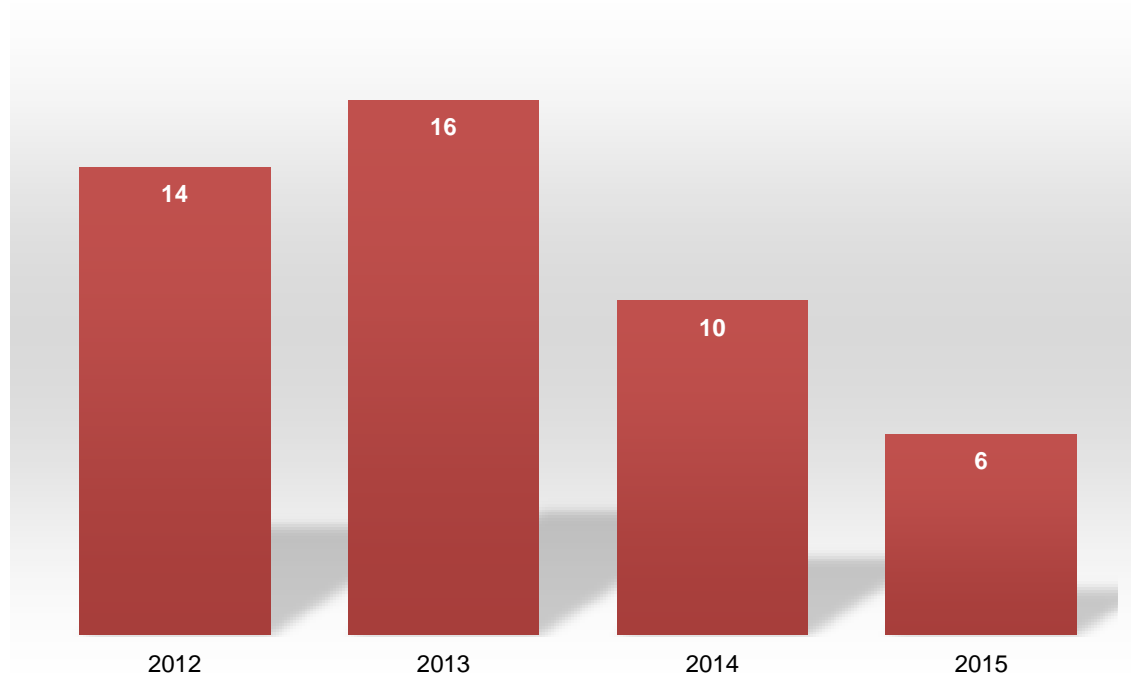


Gráfico 2.3 Número de accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras - de enero del 2012 a julio del 2015 (Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015)

El mayor número de accidentes han ocurrido en esta vía en el año 2013 con un total de 16 y se reducen a 6 en 2015 según los datos entregados por la ANT. Esto implica que la avenida Las Palmeras presentó el 2.70% de los accidentes ocurridos en la ciudad de enero a julio del 2015.

Tabla 2.6 Accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras por intersección

Intersección con la avenida Las Palmeras	Número de accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras				
	2012	2013	2014	2015	Total
10MA NORTE	1	3	0	0	4
10MA SUR	0	0	0	1	1
11AVA NORTE	0	1	1	1	3
25 DE JUNIO	1	1	2	0	4
ARIZAGA	4	3	0	0	7
BOLIVAR	0	1	0	0	1
BOYACÁ	0	0	2	0	2
CIRCUNVALACION NORTE	2	0	0	0	2
CIRCUNVALACION SUR	0	0	1	0	1
HÉCTOR CHICA	1	0	0	0	1
KLEBER FRANCO	1	1	1	0	3
MANUEL ESTOMBA	1	2	1	2	6
MANUEL SERRANO	1	0	2	0	3
MARCEL LANIADO	0	1	0	0	1
PASAJE	0	3	0	1	4
PICHINCHA	0	0	0	1	1
ROCAFUERTE	2	0	0	0	2
Total	14	16	10	6	46

Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015

De acuerdo con la información de base, como se puede observar en la tabla anterior, la intersección de la avenida Las Palmeras con la Calle Arízaga y la intersección de la avenida Las Palmeras con la Calle Padre Manuel Estomba, han presentado el mayor número de accidentes, con un total de 7 y 6 eventos respectivamente, acumulados en los cuatro años analizados. Hasta el mes de julio del 2015, esta última intersección (Padre Manuel Estomba), fue escenario de 2 accidentes y es uno de los puntos que delimita nuestro tramo de estudio.

Los 46 accidentes registrados en la avenida, han sido principalmente producto de choques frontales y laterales, (17 y 12 respectivamente) seguidos de 7 atropellamientos. Esta avenida también ha presenciado colisiones, estrellamientos, roces y volcamientos de vehículos, como se muestra en el siguiente gráfico:

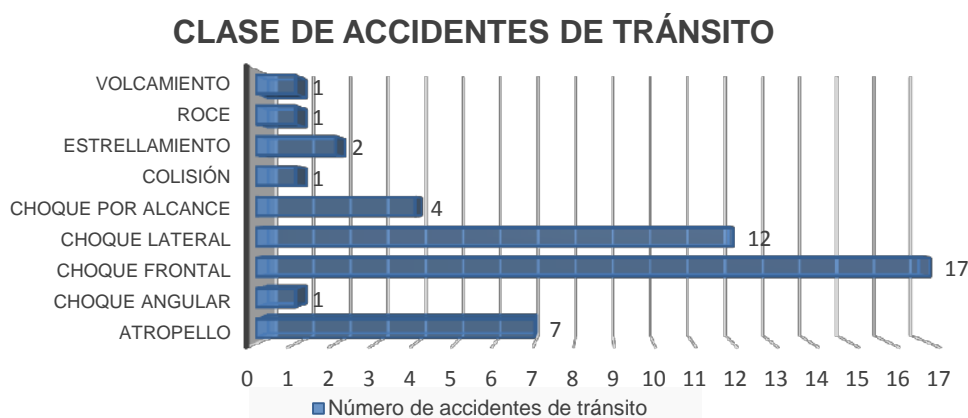


Gráfico 2.4 Accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras por clase - de enero del 2012 a julio del 2015 (Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015)

Adicionalmente, de los 46 siniestros de tránsito en cuatro años para la avenida Las Palmeras, el 65% han sido provocados por impericia o imprudencia de los conductores y el 17% no fueron determinados al momento del registro según la información de la ANT.

CAUSAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

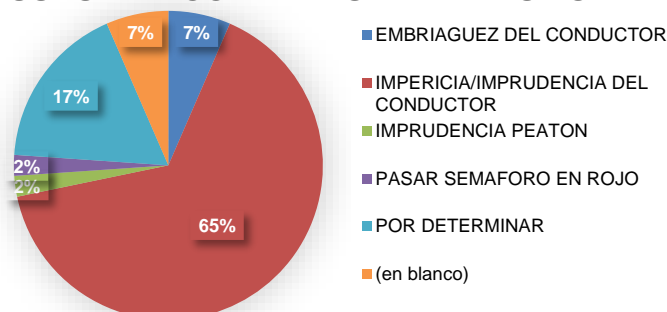


Gráfico 2.5 Causas de accidentes de tránsito en la avenida Las Palmeras (Fuente: El Autor – 2015)

El conocimiento de esta información sobre la avenida en general, contribuye a ratificar lo mencionado anteriormente sobre el nivel de inseguridad vial que existe en la misma y la importancia de su atención. No obstante, el interés de este trabajo se enfoca en el tramo de la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Manuel Estomba, segmento que registra 9 accidentes entre 2012 y 2015, con un total de 3 eventos en lo que va de este año, por lo que siguiendo a García et al., esta intersección se considera como un punto negro. (Véase tabla 2.7)

Tabla 2.7 Accidentes de tránsito en el tramo de estudio por intersección

Intersección con la avenida Las Palmeras	Número de accidentes de tránsito en el tramo de estudio				
	2012	2013	2014	2015	Total
10MA SUR	-	-	-	1	1
CIRCUNVALACION SUR	-	-	1	-	1
HÉCTOR CHICA	1	-	-	-	1
MANUEL ESTOMBA	1	2	1	2	6
Total	2	2	2	3	9

Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015

Sólo para esta sección de la avenida, 3 de los 9 siniestros de tránsito correspondieron a choques frontales y 2 fueron choques laterales (Véase Gráfico 2.6).

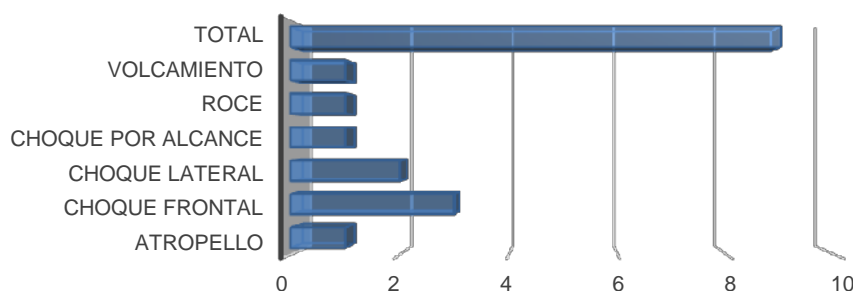


Gráfico 2.6 Accidentes de tránsito en el tramo de estudio por tipo intersecciones (Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015)

La impericia o imprudencia de los conductores en la sección de vía analizada, se ha convertido en la principal causa de los accidentes suscitados, como se aprecia en el siguiente gráfico:

CAUSA DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO OCURRIDOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO

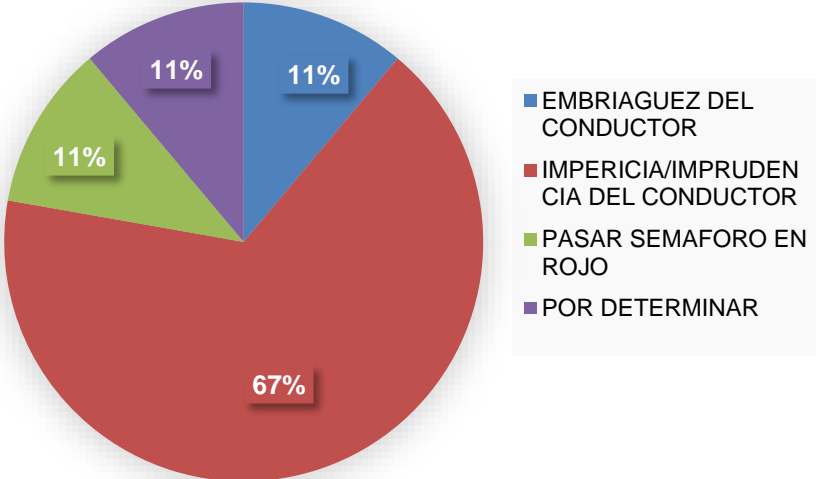


Gráfico 2.7 Causas de accidentes de tránsito ocurridos en el tramo de estudio (Fuente: ANT, Elaboración: El Autor – 2015)

Los resultados analizados ratifican la ocurrencia de accidentes de tránsito en el tramo de la avenida Las Palmeras entre la avenida Circunvalación Sur y calle Padre Manuel Estomba y son un indicador de la existencia de inseguridad vial en la zona.

Si bien el número de accidentes reportados es bajo, el simple hecho de que uno de estos accidentes ocasione la pérdida de vidas humanas hace que la situación sea intolerable. El riesgo de que se sigan contabilizando accidentes de tránsito en el tramo analizado está latente, y el objetivo de la ciudadanía en general así como de las autoridades responsables, debe ser evitar a toda costa la presencia de este tipo de eventos; por lo cual se deben tomar medidas que contribuyan a este fin.

2.1.2.2 Estudio práctico de origen y destino

Considerando la disponibilidad de tiempo y recursos humanos necesarios para replicar la ejecución de un estudio de origen y destino en el tramo de interés; y, dado que en el Plan de Movilidad de Machala consta un diagnóstico bastante completo de la situación de movilidad en la ciudad, se ha optado por utilizar la información contenida en dicho documento, para la construcción de la matriz origen y destino correspondiente al tramo de la avenida Las Palmeras, entre la avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba.

Inicialmente, como ya se indicó en la sección 2.1.1.2, dentro del Plan de Movilidad de la ciudad, para el estudio de distribución de viajes y de origen y destino, se realizó la zonificación de la ciudad en 37 zonas internas y 5 zonas externas:

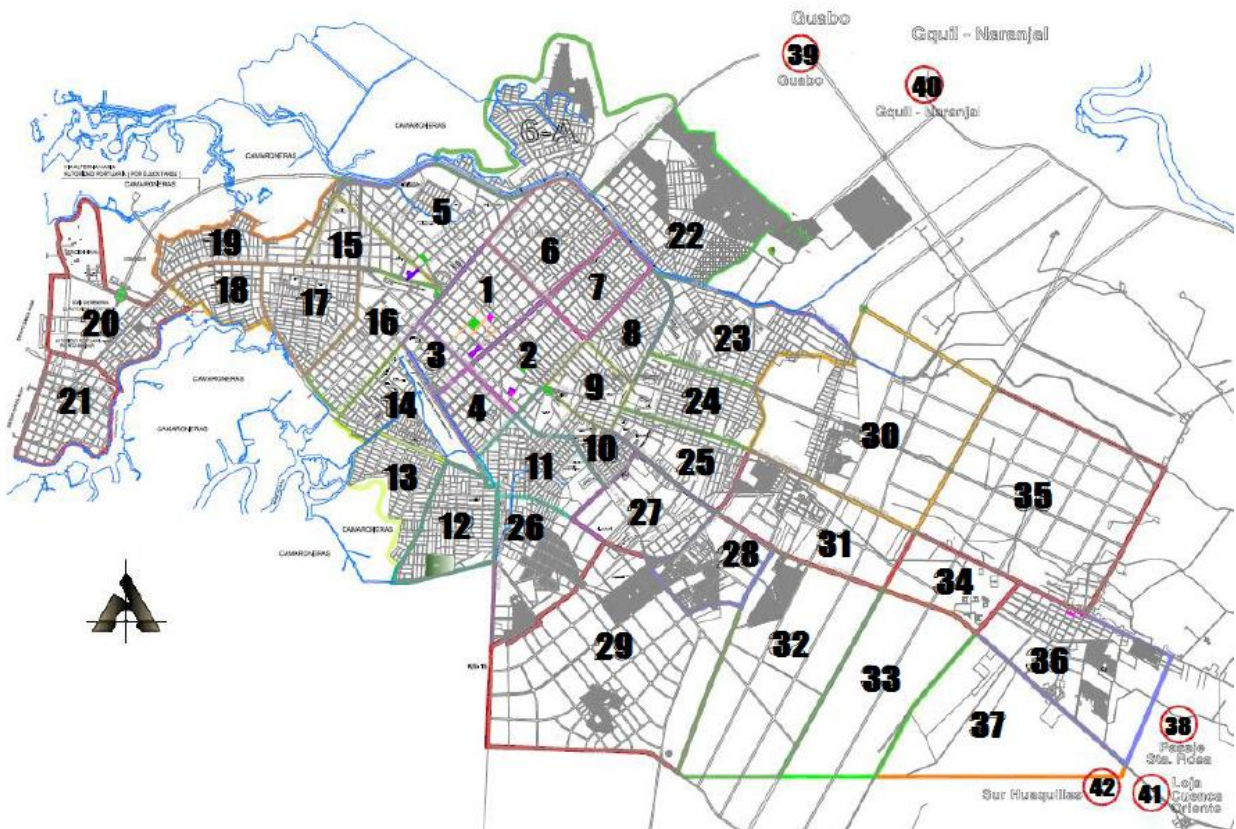


Gráfico 2.8 Zonificación - Plan de Movilidad de Machala
(Fuente: Ilustre Municipalidad de Machala - 2015)

Para emplear la misma zonificación, en el presente trabajo se considera que las zonas directamente relacionadas con la avenida Las Palmeras son las siguientes:

Tabla 2.8 Zonificación utilizada para matriz origen y destino del tramo de estudio

ZONIFICACIÓN EMPLEADA PARA ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO	
Zona	Descripción
1	Zona urbana entre las calles: Palmeras, Junín, Marcel Laniado y Arízaga
3	Zona urbana entre las calles: Palmeras, Junín, Arízaga y antiguo aeropuerto
5	Zona urbana entre las calles: Palmeras, Circunvalación Norte y Av. 25 de junio
6	Zona urbana entre las calles: Palmeras, Tarqui, Circunvalación Norte y Marcel Laniado
12	Zona urbana entre las calles: Av. De las Américas, Circunvalación Sur, Av. Colón Tinoco
13	Zona urbana entre las calles: Circunvalación Sur y Av. De las Américas
14	Zona urbana entre las calles: Palmeras, antiguo aeropuerto y Circunvalación Sur
15	Zona urbana entre las calles: Circunvalación Norte, Av. 25 de junio y Av. 9 de octubre
16	Zona urbana entre las calles: Palmeras, 8ava oeste, 9 de octubre y Circunvalación Sur

Fuente: Plan de Movilidad de Machala, Elaboración: El Autor – 2015

De esta forma, en base al Plan de Movilidad de Machala, el número de viajes o desplazamientos realizados entre las zonas indicadas, con distinción entre el uso de vehículos y el uso de buses, son:

Tabla 2.9 Número de viajes realizados por vehículos en zonas que rodean la avenida Las Palmeras

Matriz Origen - Destino (Viajes de vehículos)		Zona o punto de destino								Total	
		1	3	5	6	12	13	14	15		16
Zona o punto de origen	1	0	0	0	232	679	21	0	0	0	933
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	5	0	0	0	7	42	0	0	0	0	54
	6	232	0	7	7	64	0	0	0	7	323
	12	679	0	42	64	21	0	0	0	0	818
	13	21	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
16	0	0	0	7	0	0	0	0	0	23	
Total		932	0	49	317	806	21	0	0	7	2217

Fuente: Plan de Movilidad de Machala, Elaboración: El autor – 2015

Según la Tabla 2.9, el mayor número de desplazamientos ejecutados por vehículos se da entre las zonas 1 y 12, seguido del número de desplazamientos realizados entre las zonas 1 y 6, y entre las zonas 6 y 12 (Véase gráfico 2.8).

Tabla 2.10 Número de viajes realizados por pasajeros de bus entre zonas que rodean la Av. Las Palmeras

Matriz Origen - Destino (Viajes de pasajeros en buses)		Zona o punto de destino								Total	
		1	3	5	6	12	13	14	15		16
Zona o punto de origen	1	1856	657	908	1173	1491	1020	432	917	1064	9519
	3	906	44	68	17	125	145	176	66	198	1748
	5	1306	70	60	167	41	29	50	34	77	1839
	6	2002	97	44	159	153	45	32	117	202	2857
	12	2314	212	190	154	490	151	155	0	176	3854
	13	3584	117	155	139	334	223	124	133	292	5114
	14	874	0	113	17	29	47	0	0	65	1159
	15	1067	108	78	19	96	79	41	149	344	1996
16	2179	46	9	97	255	352	129	215	326	3624	
Total		16088	1351	1625	1942	3014	2091	1139	1631	2744	31710

Fuente: Plan de Movilidad de Machala, Elaboración: El Autor - 2015

En el caso de los viajes realizados por pasajeros en buses, según el Plan de Movilidad de Machala, la mayoría se dan entre las zonas 13-1, 12-1, 16-1 y 6-1.

Tanto en el caso de los viajes realizados por vehículos como por pasajeros en buses, las rutas de mayor demanda tienen una alta probabilidad de utilizar el tramo de la avenida Las Palmeras, comprendido entre la Av. Circunvalación Sur y Calle Manuel Estomba; aunque no es posible asegurar que haya sido de esta forma. A su vez, es importante

destacar que muchos de los viajes realizados entre zonas que no fueron consideradas en este trabajo, pudieron también en algunos casos haber empleado parte o la totalidad de la Av. Las Palmeras.

2.1.2.3 Estudio práctico de topografía

Si bien en la sección 2.1.1.3 se detallan los conceptos y procedimientos clave para la ejecución de un levantamiento topográfico, cabe recalcar que en el caso del tramo de estudio, durante la búsqueda de información sobre la vía, la Ilustre Municipalidad de Machala facilitó el plano de esta sección. Por ello, se consideró innecesario realizar un nuevo levantamiento y una réplica de esta información ya que habría consumido tiempo y recursos. El plano oficial del tramo analizado, es de autoría de la Municipalidad y se presenta a continuación:

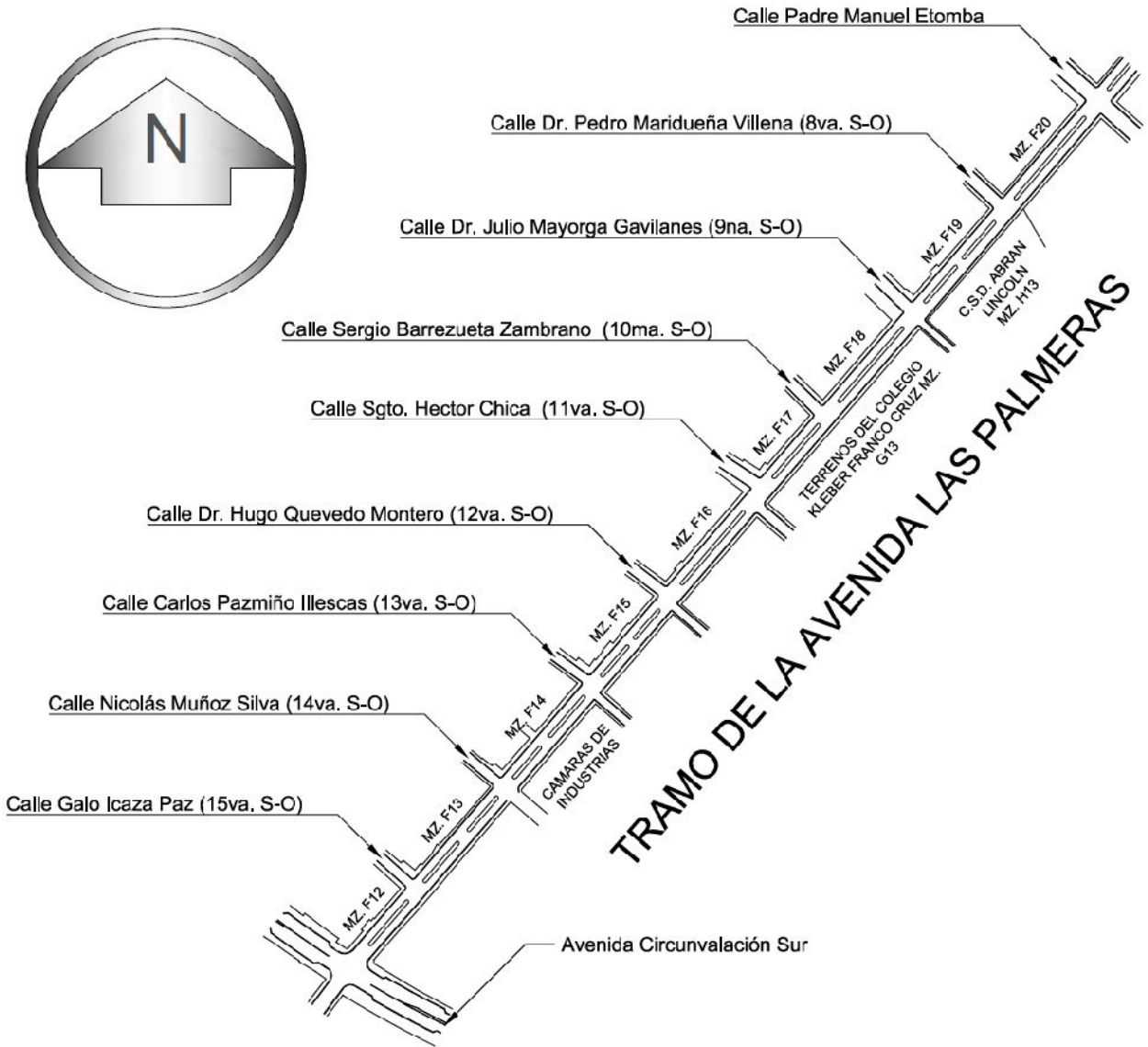


Gráfico 2.9 Levantamiento planimétrico del tramo de estudio
(Fuente: Ilustre Municipalidad de Machala, Edición: El Autor - 2015)

Seguido, se presenta la sección transversal del tramo de estudio obtenida mediante un levantamiento de información in situ por parte del autor del presente trabajo:

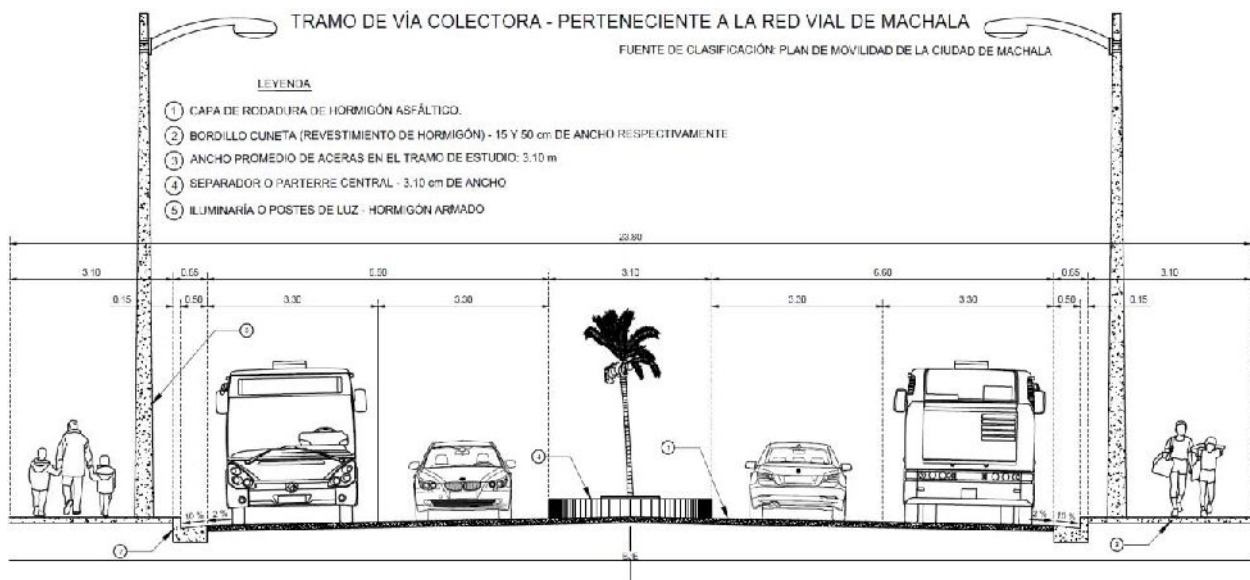


Gráfico 2.10 Sección Transversal del tramo de estudio (Fuente: El Autor – 2015)

En base a los gráficos 2.9 y 2.10 se caracteriza a la vía de la siguiente forma:

El tramo de la avenida Las Palmeras entre la avenida Circunvalación Sur y la Calle Padre Manuel Estomba de la ciudad de Machala, se encuentra localizado al oeste de la misma. Según la clasificación del plan de movilidad de la ciudad, el tramo pertenece a una vía colectora y su relieve es plano, empieza desde la abscisa 0+00 hasta la abscisa 1+063; es decir tiene 1.063 Km de longitud. La capa de rodadura es de hormigón asfáltico.

El tramo de la avenida es de dos sentidos de vía con 2 carriles. Ya que no se cuenta con señalización horizontal que delimite el ancho de los carriles de circulación, se asume que el ancho de cada carril es de 3.30 m. La vía posee un separador o parterre central de 3.10 m de ancho y de 35 cm de alto. El ancho de aceras en promedio es de 3.10 m.

Actualmente el tramo de vía cuenta con obras de drenaje y también posee bordillos, y cunetas con anchos de 15 cm y 50 cm respectivamente. Finalmente, es pertinente mencionar que la avenida cuenta con un bombeo o pendiente transversal del 2% para la calzada y del 10% para las cunetas.

2.1.2.4 Estudio práctico del volumen de tránsito: Cálculo del TPDA actual

Para el cálculo del TPDA, que será la medida a emplear para el conteo de tránsito vehicular, se procedió a elaborar un formato de levantamiento de información (mediante contabilización manual), el cual se presenta a continuación:

Formato del conteo volumétrico:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Plan de señalización integral en el sector comprendido de la Av. Las Palmeras entre la Av. Circunvalación sur y calle Padre Manuel Estomba.

CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO SEMI-URBANO

Estación: _____ Avenida: _____ Ubicación: _____
 Dirección del tráfico: _____ Fecha: _____ Día de la semana: _____ Estado del tiempo: _____
 Encuestador: _____















HORA	Biciclas	Motos	Automóviles y Jeeps		Camionetas y furgonetas		Busetas	Camiones				Otros		
								Simples		Con SR				
								2D	2DA	2DB	T3S3			
														

Gráfico 2.11 Formato de censo volumétrico de tránsito (Fuente: El Autor – 2015)

Se realizó un conteo de tránsito vehicular durante los días laborables de una semana, dicho conteo inicio el día lunes 31 de agosto y culminó el día viernes 04 de septiembre del 2015. En la tabla 2.11 se muestra el resumen de los datos recolectados:

Tabla 2.11 Registro de conteo volumétrico o aforo vehicular

DÍA			1	2	3	4	5	
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO	Bicicletas		252	271	244	250	263	
	Motos		1440	1560	1406	1438	1507	
	Automóviles y Jeeps		6002	6038	5446	5325	4726	
	Camionetas y Furgonetas		1181	1279	1153	1128	1001	
	Busetas		82	87	80	81	84	
	Buses		589	592	588	590	591	
	Camiones	Simples	2D	84	88	80	77	83
			2DA	108	115	104	100	78
			2DB	12	13	10	11	8
		Con SR	T3S3	2	1	1	3	0
Otros			21	27	24	23	21	
TD_i			9773	10071	9136	9026	8362	

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

Con los datos resumidos y mediante la siguiente ecuación, procedemos a calcular el Tránsito Promedio Diario Semanal, $TPDS$:

$$TPDS = \frac{TS}{5} \quad (2.16)$$

$$TPDS = \frac{9773 + 10071 + 9136 + 9026 + 8362}{5} = \frac{46368}{5}$$

$$TPDS = 9274 \text{ Vehículos mixtos/día}$$

Con este resultado, por medio de la ecuación 2.5 procedemos a calcular la desviación estándar muestral, S : Número de días del aforo de tráfico $n = 5$, Tráfico diario TD_i

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

Tabla 2.12 Tabla guía para el cálculo de la desviación estándar muestral

Días	TD _i	(TD _i - TPDS) ²
1	9773	249001
2	10071	635209
3	9136	19044
4	9026	61504
5	8362	831744
$\sum_{i=1}^7 (TD_i - TPDS)^2$:		1796502

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

$$S = \sqrt{\frac{1796502}{4}}$$

S = 670 Vehículos mixtos/día

Mediante la ecuación 2.4 calculamos la desviación estándar poblacional estimada (σ): Número de días del aforo de tráfico $n = 5$, Número de días del año $N = 365$, Desviación estándar muestral $S = 670$

$$\sigma = \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \frac{s}{\sqrt{n}} = \left(\sqrt{\frac{365-5}{365-1}} \right) \frac{670}{\sqrt{5}}$$

$\sigma = 298$ Vehículos mixtos/día

Posterior a esto, mediante la ecuación 2.2, procedemos a determinar los intervalos del tráfico promedio anual *TPDA*:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

Para un nivel de confiabilidad del 95%, se tiene el valor de $K = 1.96$, entonces se obtiene:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma = 9274 \pm 584 \text{ Vehículos mixtos/día}$$

Esto significa que el valor máximo que puede tomar el *TPDA*, con el 95% de confianza es:

$$TPDA = 9274 + 584 = \mathbf{9858 \text{ Vehículos mixtos/día}}$$

Y el valor mínimo es:

$$TPDA = 9274 - 584 = \mathbf{8690 \text{ Vehículos mixtos/día}}$$

El autor de este trabajo de campo, considera apropiado seleccionar el *TPDA* de mayor valor, ya que este representa la condición más crítica que se puede presentar a lo largo del año y el cual servirá de referencia para la respectiva evaluación de la situación actual del tramo de vía de estudio. Por lo tanto, para fines de análisis en secciones posteriores de este capítulo, cuando se mencione al tránsito promedio diario anual del tramo de estudio, se hará referencia a la cifra de 9858 vehículos.

2.1.2.5 Estudio práctico de la variación del volumen de tránsito

Como se mencionó anteriormente este estudio se basa en los datos registrados de un conteo volumétrico de tránsito. Para el presente se utilizarán los datos del conteo volumétrico realizado para el cálculo del *TPDA*. Ya que dichos datos corresponden a 5 días de una semana, en el presente estudio se analizará la variación diaria de los días aforados, la variación del día de máxima demanda (que corresponde al día martes 01 de

septiembre del 2015, como se observa en la Tabla 2.11 de la sección 2.1.2.3) y la variación de la hora de máxima demanda del día mencionado.

Análisis de la Variación diaria del volumen de tránsito:

Tabla 2.13 Variación diaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio

VARIACIÓN DIARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO									
Tramo de la "Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba"									
Valores promediados									
Agosto 31 - Septiembre 04 del 2015									
Día de la semana	Vehículos en ambos sentidos								
	Bicicletas	Motos	Automóviles y Jeeps	Camionetas y furgonetas	Busetas	Buses	Camiones	Otros	Total
Lunes	252	1440	6002	1181	82	589	206	21	9773
Martes	271	1560	6038	1279	87	592	217	27	10071
Miércoles	244	1406	5446	1153	80	588	195	24	9136
Jueves	250	1438	5325	1128	81	590	191	23	9026
Viernes	263	1507	4726	1001	84	591	169	21	8362
Total	1280	7351	27537	5742	414	2950	978	116	46368
%	2,8%	15,8%	59,4%	12,4%	0,9%	6,4%	2,1%	0,2%	100%

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

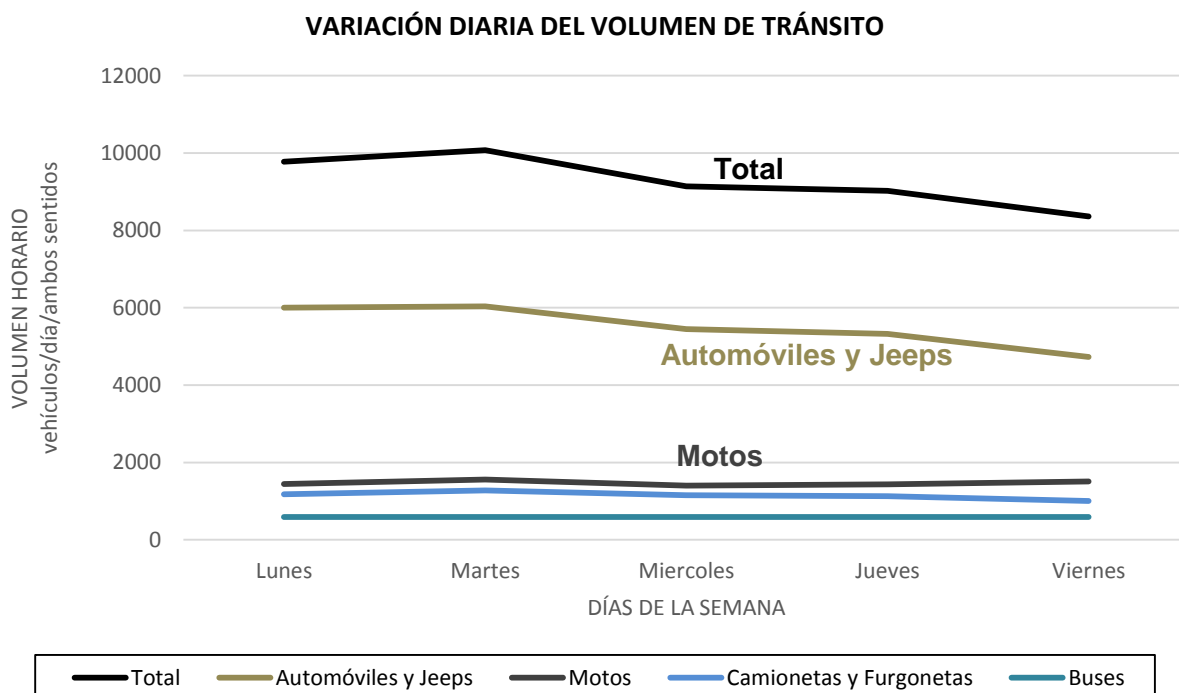


Gráfico 2.12 Variación diaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio (Fuente: El Autor - 2015)

Análisis de la Variación horaria del volumen de tránsito – día martes:

Tabla 2.14 Variación horaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO Tramo de la "Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba" Valores promediados Martes 01 de Septiembre del 2015									
Hora del día	Vehículos en ambos sentidos								
	Bicicletas	Motos	Automóviles y Jeeps	Camionetas y furgonetas	Busetas	Buses	Camiones	Otros	Total
00:00 - 01:00	1	14	82	11	0	0	1	0	109
01:00 - 02:00	1	4	39	5	0	0	0	0	49
02:00 - 03:00	0	7	28	3	0	0	0	0	38
03:00 - 04:00	0	6	42	6	0	0	0	0	54
04:00 - 05:00	1	4	49	7	0	0	3	0	64
05:00 - 06:00	4	19	87	19	5	5	6	0	145
06:00 - 07:00	13	90	241	62	11	39	7	0	463
07:00 - 08:00	33	121	382	80	14	42	16	3	691
08:00 - 09:00	14	87	336	88	2	41	20	2	590
09:00 - 10:00	7	84	352	82	2	42	15	2	586
10:00 - 11:00	15	73	340	68	5	38	13	3	555
11:00 - 12:00	9	65	313	48	5	38	18	2	498
12:00 - 13:00	24	124	339	91	6	41	20	4	649
13:00 - 14:00	13	102	388	81	7	37	13	3	644
14:00 - 15:00	17	81	350	64	8	44	16	1	581
15:00 - 16:00	11	85	364	104	1	38	13	2	618
16:00 - 17:00	15	81	349	91	3	36	20	4	599
17:00 - 18:00	23	111	344	75	3	40	14	0	610
18:00 - 19:00	18	105	444	87	8	40	11	0	713
19:00 - 20:00	28	101	387	79	4	31	4	0	634
20:00 - 21:00	9	83	265	47	1	15	3	0	423
21:00 - 22:00	4	47	203	42	0	15	3	0	314
22:00 - 23:00	8	38	170	24	1	8	1	1	251
23:00 - 24:00	3	28	144	15	1	2	0	0	193
Total	271	1560	6038	1279	87	592	217	27	10071
%	2,7%	15,5%	60,0%	12,7%	0,9%	5,9%	2,1%	0,2%	100%

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

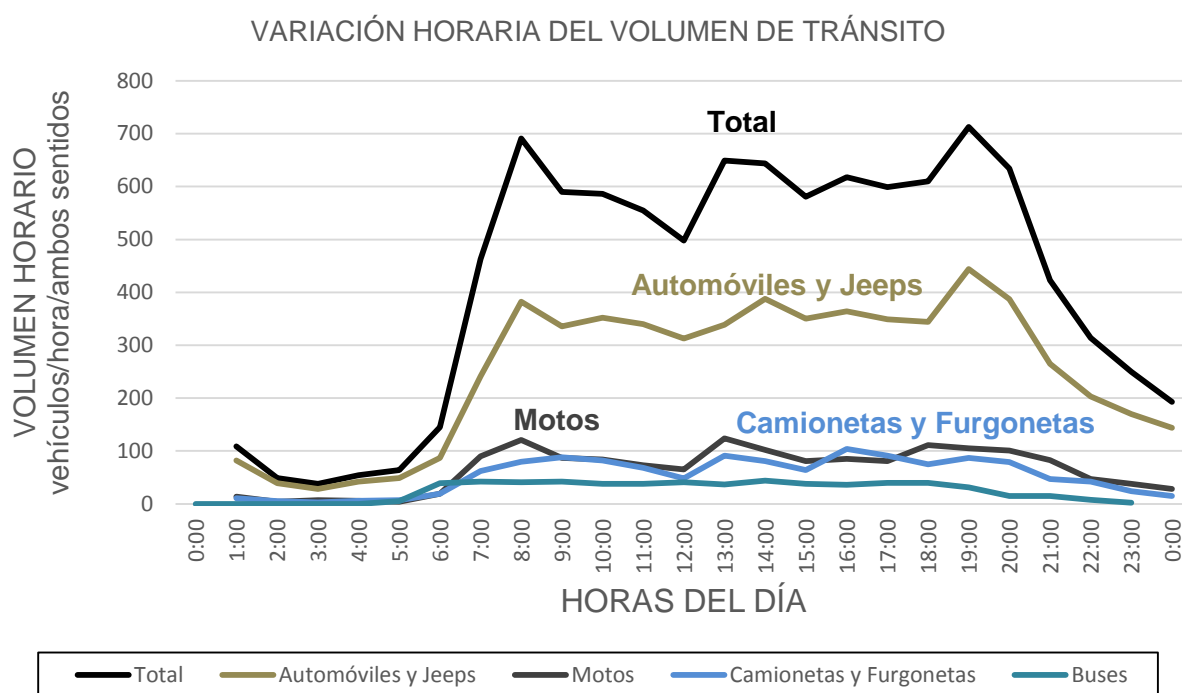


Gráfico 2.13 Variación horaria del volumen de tránsito en el tramo de estudio (Fuente: El Autor - 2015)

Como se puede observar en el Gráfico 2.13, el volumen de vehículos (curva denominada “Total”) presenta una cifra máxima entre las 18:00 y las 19:00 horas del día analizado, por lo cual los 60 minutos correspondientes a este periodo de tiempo son definidos como la hora de máxima demanda. Para el análisis de dicha hora se realizó un nuevo conteo vehicular el día martes 15 de septiembre del 2015.

Análisis de la Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda:

El conteo vehicular realizado en el periodo de máxima demanda dio como resultado los datos registrados en la tabla 2.15 presentada a continuación:

Tabla 2.15 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Periodo (horas:minutos)	Flujo cada 5 minutos (vehículos mixtos)	Periodo (horas:minutos)	Flujo cada 15 minutos (vehículos mixtos)
18:00 - 18:05	48	18:00 - 18:15	155
18:05 - 18:10	52		
18:10 - 18:15	55		
18:15 - 18:20	54	18:15 - 18:30	182
18:20 - 18:25	74		
18:25 - 18:30	54		
18:30 - 18:35	72	18:30 - 18:45	211
18:35 - 18:40	76		
18:40 - 18:45	63		
18:45 - 18:50	53	18:45 - 19:00	195
18:50 - 18:55	71		
18:55 - 19:00	71		

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

Con los datos resumidos en la Tabla 2.15, procedemos calcular el volumen horario de máxima demanda (*VHMD*):

$$VHMD = 155 + 182 + 211 + 195$$

$$\mathbf{VHMD = 743 \text{ vehículos mixtos/hora}}$$

El flujo máximo para periodos de 5 minutos corresponde al de las 18:35 – 18:40, con un valor de 76 vehículos mixtos. Por lo tanto, el *FHMD*, de acuerdo a la ecuación 2.10, es:

$$FHMD_5 = \frac{VHMD}{12 (q_{máx_5})}$$

$$FHMD_5 = \frac{743}{12 (76)}$$

$$\mathbf{FHMD_5 = 0.82}$$

Así mismo, el flujo máximo para periodos de 15 minutos corresponde al de las 18:30 – 18:45, con un valor de 211 vehículos mixtos. En este caso, el *FHMD*, según la ecuación 2.9, es:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4 (q_{máx_{15}})}$$

$$FHMD_{15} = \frac{743}{4 (211)}$$

$$\mathbf{FHMD_{15} = 0.88}$$

El hecho que el *FHMD*₅ sea menor que el *FHMD*₁₅, (0.82<0.88), indica que la frecuencia de paso de los vehículos en periodos cortos es mucho más alta; periodos dentro de los cuales se encontrarían los problemas de tránsito o congestiónamiento, si es que existen.

Este fenómeno se lo puede entender mejor de la siguiente manera:

Un flujo vehicular sin problemas de tránsito o congestiónamiento es aquel que presenta una distribución uniforme durante toda la hora de máxima demanda. Por ejemplo, si en el caso de estudio expresamos el *VHMD* en unidades de flujo para un periodo de 5 minutos:

$$VHMD \text{ (como un } q_5) = \frac{VHMD}{12}$$

$$VHMD \text{ (como un } q_5) = \frac{743}{12}$$

VHMD (como un q_5) = 62 vehículos mixtos/5 min

Obtenemos un valor, el cual nos indica que en cada uno de los 12 intervalos de 5 minutos, el flujo vehicular debe de ser de 62 vehículos mixtos para que el mismo presente una distribución uniforme, cosa que no sucede, como podemos ver en la tabla 2.5, cuatro intervalos presentan un mayor flujo y en estos se encontrarían problemas de tránsito o congestión.

El Gráfico 2.14 muestra gráficamente la variación del volumen de tránsito dentro de la hora de máxima demanda, bajo estos dos conceptos.

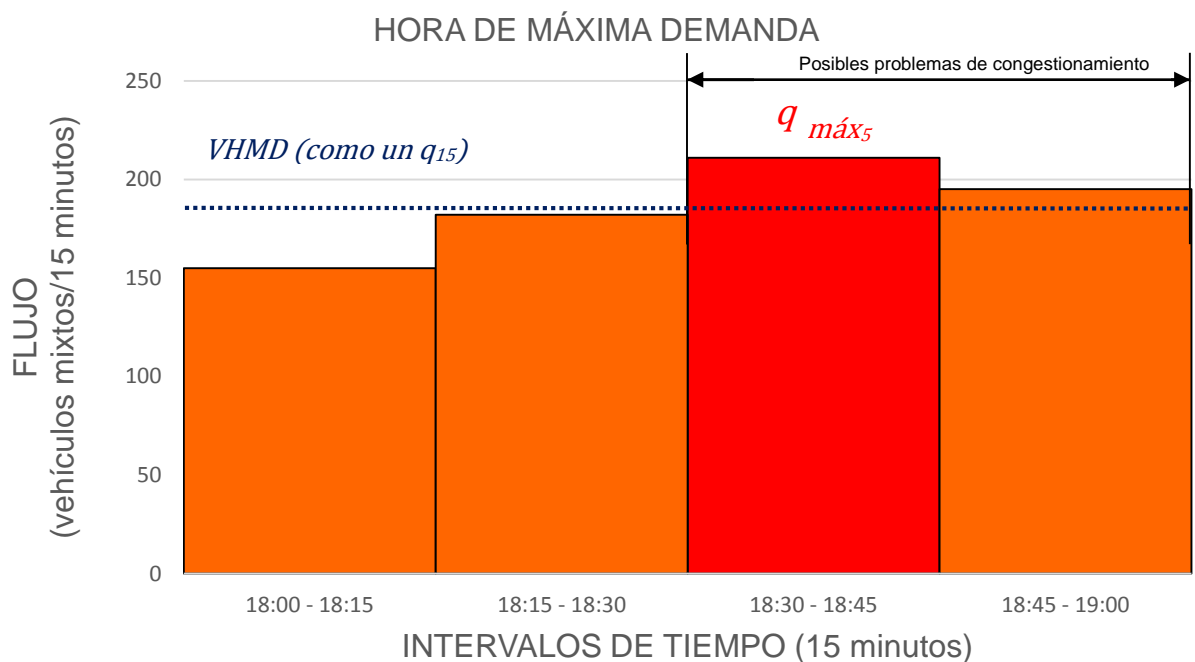
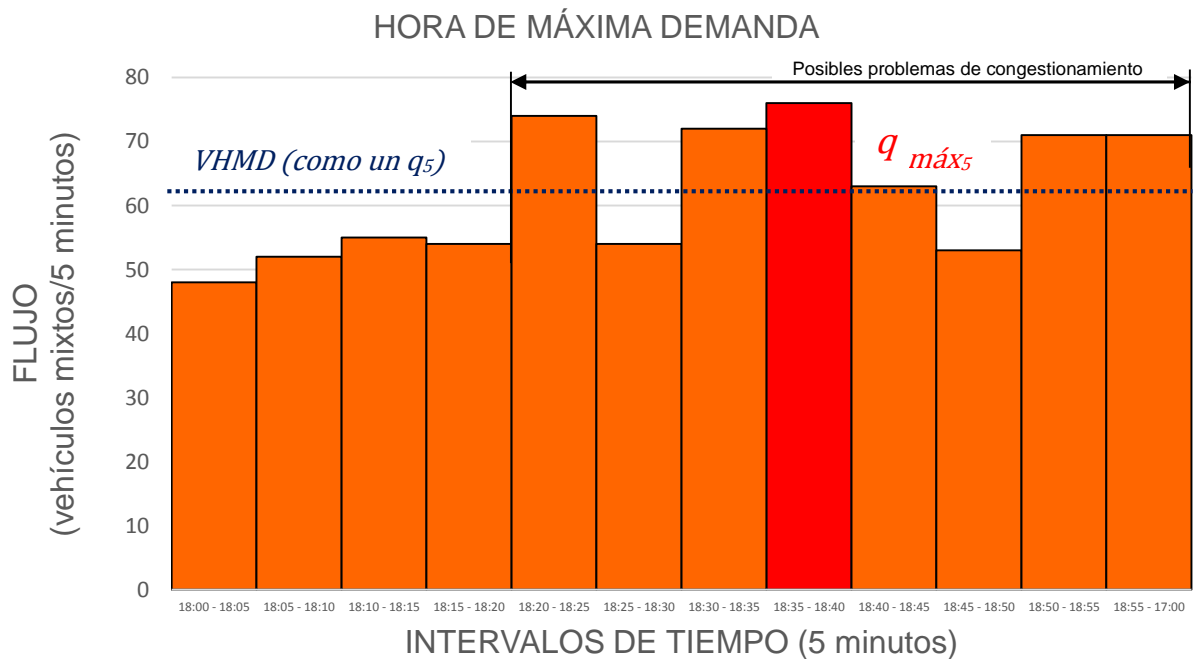


Gráfico 2.14 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda (Fuente: El Autor - 2015)

2.1.2.6 Estudio práctico de la velocidad de punto

Como se mencionó en la sección 2.1.1.6, se debe iniciar el estudio determinando el tamaño apropiado para la muestra de vehículos a ser observados en la sección de vía analizada.

Cálculo del tamaño apropiado de la muestra:

Para un nivel de confiabilidad del 95.5%, se tiene el valor de $K = 2.0$. No existen estudios anteriores de velocidad, por lo tanto, en base a la ecuación 2.12:

$$n = \left(\frac{KS}{e} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{(2)(8)}{1.5} \right)^2$$

$n = 115$ Vehículos

Este resultado indica que se deben observar y tomar datos de velocidad a 115 vehículos. Sin embargo, a fin de tener un número par de observaciones se optó por tomar una muestra de 116 vehículos. Este registro se realizó el día viernes 25 de septiembre del año 2015. Dichas velocidades se ordenaron de menor a mayor como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2.16 Distribución de velocidades de punto

Velocidades (Km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (Km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (Km/h)	Número de vehículos observados
28	1	45	3	62	1
29	1	46	1	63	4
30	1	47	1	64	2
31	2	48	1	65	2
32	3	49	2	66	0
33	2	50	3	67	0
34	4	51	1	68	3
35	3	52	3	69	1
36	5	53	2	70	2
37	4	54	3	71	1
38	1	55	1	72	3
39	4	56	2	73	1
40	5	57	2	74	2
41	6	58	5	75	0
42	5	59	3	76	0
43	3	60	2	77	0
44	5	61	3	78	1

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

Distribución de frecuencias o arreglo tabular de los datos: El número de intervalos de clase a establecer con la información recopilada, generalmente va de entre 5 a 20, dependiendo de la cantidad de datos. En este caso, el número de intervalos se determinó en base a la tabla 2.4, siguiendo a Cal y Mayor y Cárdenas.

Tabla 2.17 Número de intervalos de clase por tamaño de muestra

Tamaño de muestra n	Número de intervalos m
50 – 100	7 – 8
100 – 1000	10 – 11
1000 – 10000	14 – 15
10000 - 100000	17 – 18
mayor de 100000	$1 + 3,3 \text{ Log}_{10} (n)$

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

Para este caso se tiene $n = 116$ datos, por lo cual se usan $m = 11$ intervalos de clase.

Cálculo del ancho del intervalo de clase:

Amplitud total = $78 - 28 = 50$ Km/h

$$A_i = \frac{\text{Amplitud total}}{m} = \frac{50}{11} = 4.5 \text{ Km/h}$$

Con el fin de tener un número entero para el ancho del intervalo de clase, en este caso, se utiliza el valor de 5 Km/h. De esta manera se puede obtener la tabla de distribuciones de frecuencia mostrada a continuación:

Tabla 2.18 Distribuciones de frecuencia de velocidad de punto

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Intervalo de clase Grupos de velocidad	Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		(Col2)	Col3*Col2	Col3*Col6
		Abs.	Relat.	Abs.	Relat.			
(Km/h)	V_i	f_i	$\frac{f_i}{n} 100$	f_{i_a}	$\frac{f_{i_a}}{n} 100$	V_i^2	$f_i V_i$	$f_i V_i^2$
	(Km/h)							
25.5 – 30.49	28	3	2.6	3	2.59	784	84	2352
30.5 – 35.49	33	14	12.1	17	14.66	1089	462	15246
35.5 – 40.49	38	19	16.4	36	31.03	1444	722	27436
40.5 – 45.49	43	22	19.0	58	50.00	1849	946	40678
45.5 – 50.49	48	8	6.9	66	56.90	2304	384	18432
50.5 – 55.49	53	10	8.6	76	65.52	2809	530	28090
55.5 – 60.49	58	14	12.1	90	77.59	3364	812	47096
60.5 – 65.49	63	12	10.3	102	87.93	3969	756	47628
65.5 – 70.49	68	6	5.2	108	93.10	4624	408	27744
70.5 – 75.49	73	7	6.0	115	94.14	5329	511	37303
75.5 – 80.49	78	1	0.9	116	100	6084	78	6084
Totales (Σ)		116	100.0				5693	298089

Fuente: Rafael Cal y Mayor Reyes, y Jaime Cárdenas, Elaboración: El Autor – 2015

De acuerdo a la tabla 2.18 y mediante la ecuación 2.17 procedemos a realizar el cálculo de la velocidad media de punto (\bar{v}_t):

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i)}{n} \quad (2.18)$$

$$\bar{v}_t = \frac{\sum(\text{Columna 7})}{115} = \frac{5693}{116}$$

$$\bar{v}_t = 49.1 \text{ Km/h}$$

Esta velocidad es una estimación de la velocidad esperada de cualquier vehículo elegido al azar, en el punto donde el estudio fue realizado, y estadísticamente un estimador de la velocidad media real de punto (desconocida) de la población.

Representación gráfica de los datos de velocidad de punto

Los datos de las columnas 2 y 4 de la tabla 2.18 se utilizan para construir la curva de distribuciones de frecuencia, la cual se obtiene dibujando los porcentajes de las observaciones totales y el punto medio de cada grupo. Los puntos así obtenidos se unen mediante una curva suave, tal como se aprecia en la parte superior del Gráfico 2.15:

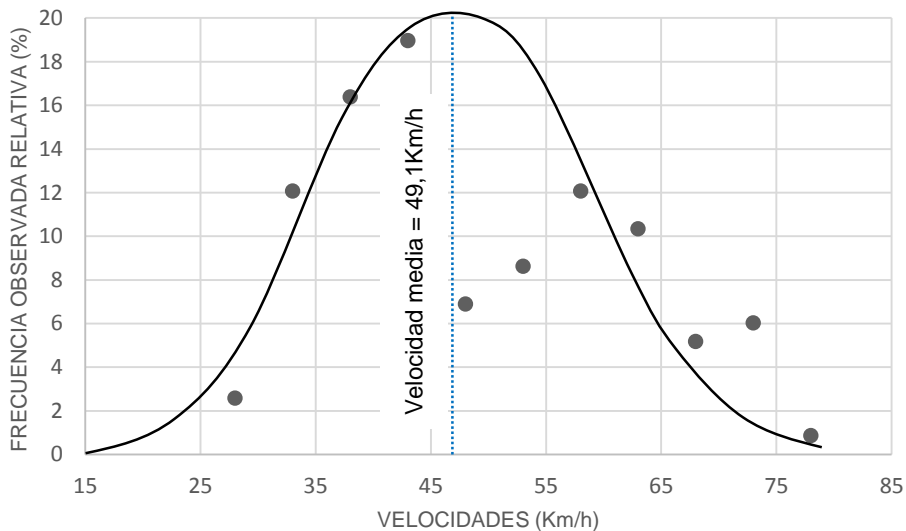


Gráfico 2.15 Curva de frecuencias observada de velocidades de punto (Fuente: El Autor – 2015)

Seguido por medio de la ecuación 2.19 procedemos a calcular la desviación estándar, S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [f_i (v_i - \bar{v}_t)^2]}{n-1}} \quad (2.19)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i^2) - \frac{[\sum_{i=1}^m (f_i v_i)]^2}{n}}{n-1}}$$

Según la tabla 2.8, la desviación estándar, para el ejemplo y de acuerdo a la expresión anterior, es igual a:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\text{Columna 8}) - \frac{[\sum(\text{Columna 7})]^2}{n}}{n-1}} = \sqrt{\frac{298089 - \frac{(5693)^2}{116}}{115-1}} = 12.75 \text{ Km/h}$$

Luego mediante la ecuación 2.20 se calcula el error estándar de la media (E): Desviación estándar $S = 12.75$ Km/h, Tamaño de la muestra $n = 115$

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.20)$$

$$E = \frac{12.75}{\sqrt{115}} = 1.184 \text{ Km/h}$$

A hora por medio de la ecuación 2.21, procedemos a determinar los intervalos de la velocidad media verdadera del tránsito:

$$\mu = \bar{v}_t \pm KE$$

Para un nivel de confiabilidad del 95.5%, se tiene el valor de $K = 2$, entonces se obtiene:

$$\mu = \bar{v}_t \pm KE = 49.1 \pm 2(1.184) \text{ Km/h}$$

Esto significa que el valor máximo que puede tomar la velocidad verdadera de todo el tránsito, con el 95% de confianza es:

$$\mu = 49.1 + 2.37 = 51.47 \text{ Km/h}$$

Y el valor mínimo es:

$$\mu = 49.1 - 2.37 = 46.73 \text{ Km/h}$$

El autor de este trabajo de campo, considera apropiado seleccionar la velocidad real de tránsito máxima, ya que esta representa el escenario de mayor peligrosidad que se está presentando actualmente, y servirá de referencia para la respectiva evaluación de la situación actual de del tramo de vía analizado.

2.1.2.7 Estudio práctico de capa de rodadura

La observación de los tipos de deterioros presentes en la capa de rodadura del tramo de estudio se la llevó a cabo el día sábado 26 de septiembre del 2015, ya que dicho día presenta un bajo volumen de tránsito en comparación con los días laborables, es decir de lunes a viernes. Los deterioros identificados en la vía así como sus posibles causas en base a investigación bibliográfica, son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 2.19 Deterioros presentes en el tramo de estudio



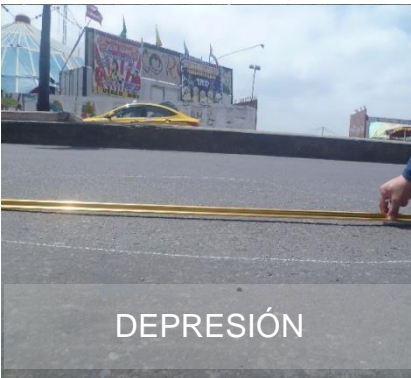


TIPOS DE DETERIOROS EXISTENTES	DESCRIPCIÓN
 <p data-bbox="338 622 667 654">PIEL DE COCODRILO</p>	<p data-bbox="826 349 1428 676">Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo se encontraron en el tramo de estudio, debido a la fatiga de la capa de rodadura asfáltica donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas.</p>
 <p data-bbox="376 1070 625 1102">ABULTAMIENTO</p>	<p data-bbox="826 784 1428 1146">El abultamiento es el desplazamiento pequeño de la superficie de la carpeta hacia arriba deformando el perfil de la vía, creando incomodidad a los usuarios. Se provoca por expansión del suelo de fundición, levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica, combinación de infiltración de material en fisuras y cargas de tráfico.</p>
 <p data-bbox="408 1527 603 1559">DEPRESIÓN</p>	<p data-bbox="826 1209 1428 1608">Área de pavimento con un nivel de elevación menor al de la superficie a su alrededor. Se hace visible durante lluvias, pues genera empozamientos. Se genera por asentamiento de la sub-rasante o por construcción incorrecta de la vía. Son peligrosas, pues durante lluvia pueden causar hidropneumático de vehículos que pierden contacto con la carpeta en aguas empozadas. En este caso, el hundimiento es leve.</p>
 <p data-bbox="354 1975 651 2007">GRIETA DE BORDE</p>	<p data-bbox="826 1693 1428 2020">Se trata de grietas paralelas al borde externo del pavimento, a una distancia de entre 0.3 a 0.5 m. Su causa está en el debilitamiento de la base o la sub-rasante cerca al borde, por efectos del clima, o por arena suelta en el borde de la carpeta. Este problema se agrava debido a la carga de tránsito, en el caso del tramo estudiado la grieta es moderada.</p>

Tabla 2.19 Cont.

 <p>DESNIVEL CARRIL / ESPALDÓN</p>	<p>Consiste en la diferencia de nivel entre el borde de la carpeta asfáltica del pavimento y la berma. Está causada ya sea por la erosión de la berma, por su asentamiento o por la sobreposición de nuevas capas en la carpeta asfáltica, sin que se haya ajustado el nivel de la berma. El desnivel para el caso de estudio es moderado.</p>
 <p>PARCHE / CORTE DE SERVICIO</p>	<p>Es el área del pavimento que ha sido reemplazado con nuevo material para reparar una falla y que genera pérdida de la calidad de servicio que ofrece la capa de rodadura, pues la superficie del parche es distinta a la del pavimento original y genera saltos durante la movilidad, con posible deterioro de los vehículos, que muchas veces tratan de evadirlos. En el tramo de estudio los parches observados son de nivel moderado.</p>
 <p>BACHE</p>	<p>Un bache es un hoyo en la superficie del pavimento. Se ocasiona por grietas piel de cocodrilo muy severas, por defectos de construcción o por un diseño inadecuado del paquete estructural de pavimento. La situación de los baches observados en el tramo de vía analizado es de severidad alta, pues se trata de baches con profundidades mayores a los 50 mm. y diámetro de más de 762 mm.</p>
 <p>GRIETA PARABÓLICA</p>	<p>Es una grieta en forma de media luna en dirección transversal al flujo vehicular. Se produce usualmente por una mezcla asfáltica de baja estabilidad, por una pobre adherencia entre la capa de rodadura y la capa subyacente. Y se presenta ante el frenado de las ruedas por un cambio de dirección, exceso de ligante o alto contenido de arena fina en la mezcla. En el caso del tramo estudiado, la severidad de la grieta es moderada.</p>

2.1.2.8 Estudio práctico de señalización vertical y horizontal

El presente estudio se realizó aplicando la metodología IES, la cual se basa en el cálculo del índice de estado de la señalización tanto vertical como horizontal. El valor de dicho índice permite obtener una apreciación del estado en que se encuentra la señalización de un lugar determinado.

Evaluación de la señalización vertical

Para esta evaluación se clasificaron las señales existentes en tres grupos: Grupo I (Señales preventivas), Grupo II (Señales regulatorias) y Grupo III (Señales informativas), tal y como se mencionó en la sección 2.1.1.8.

Ejemplos de estos grupos son los que siguen a continuación:






Advertencia zona escolar (E1 – 1)	Vía compartida con ciclistas (P6 – 16)	Aproximación a semáforo (P3 – 4)	Niños (P6 – 2)	Cruce peatonal con prioridad (P3 – 5)
				

Gráfico 2.16 Señales preventivas – Grupo I (Fuente: Reglamento RTE INEN 004, señalización vial – 2015)

Detención obligatoria (R1 – 1)	Ceda el paso (R1 – 2)	Prohibido girar en “U” (R2 – 8)	Límite máximo de velocidad (R4 – 1)	Parada de Bus (R5 – 6)
				

Gráfico 2.17 Señales regulatorias – Grupo II (Fuente: Norma INEN 004, señalización vial – 2015)




Decisión de destino (I1 – 2D)	Nombres de avenidas y calles (I1 – 3b)	Nombres de avenidas y calles (I1 – 3bc; I1 – 3bd)
		

Gráfico 2.18 Señales informativas – Grupo III (Fuente: Norma INEN 004, señalización vial – 2015)

Cabe indicar que para el cálculo del índice de estado de la señalización vertical utilizaremos las ecuaciones 2.13, 2.14 y 2.15 que fueron explicadas en la sección 2.1.1.8. Los resultados de evaluación de cada una y el proceso de cálculo del índice de estado de la señalización vertical total, se presentan a continuación:

$$\text{Índice de estado de cada señal } IE_i = \frac{\text{Total de puntos de la señal } i}{\text{Número de deterioros}}$$

$$\text{Promedio de Conservación por grupo de señales } PC_g = \frac{\sum_{i=1}^{Ng} IE_i}{Ng}$$

$$\text{Índice de Estado de la Señalización Vertical } IES = 0.5 * (PC_{G1}) + 0.3 * (PC_{G2}) + 0.2 * (PC_{G3})$$

Tabla 2.20 Evaluación del IE_i

DATOS										TOTAL (Ptos.)	IE _i
No	GRUPOS			DETERIOROS							
	I	II	III	Visibilidad	Posición	Forma	Decoloración	Desgaste	Suciedad		
1			X	6	10	7	6	4	6	39	6,5
2	X			6	4	7	4	4	6	31	5,2
3			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
4		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
5		X		6	7	10	6	7	6	42	7,0
6		X		10	7	7	6	4	6	40	6,7
7			X	10	10	10	6	7	6	49	8,2
8			X	6	7	10	6	10	6	45	7,5
9		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
10		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
11			X	10	10	7	6	10	6	49	8,2
12		X		10	10	10	6	7	6	49	8,2
13			X	10	10	7	6	7	6	46	7,7
14			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
15		X		10	10	10	6	7	6	49	8,2
16		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
17		X		10	10	10	6	4	6	46	7,7
18			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
19			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
20		X		10	10	7	6	7	6	46	7,7
21		X		6	4	10	6	4	6	36	6,0
22		X		10	10	7	6	7	6	46	7,7
23			X	10	7	7	6	4	6	40	6,7
24		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
25			X	10	10	10	6	7	6	49	8,2
26		X		10	10	10	10	10	6	56	9,3
27			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
28			X	10	10	7	6	7	6	46	7,7
29	X			2	2	2	2	2	2	12	2,0
30			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
31		X		10	10	7	6	4	6	43	7,2
32		X		2	2	2	2	2	2	12	2,0
33		X		6	7	7	10	10	6	46	7,7
34			X	2	2	2	2	2	2	12	2,0
35			X	10	7	7	6	7	6	43	7,2
36	X			10	7	7	6	7	6	43	7,2
37	X			10	10	7	6	4	6	43	7,2
38			X	10	10	10	10	7	6	53	8,8
TOTAL				244	235	226	182	184	172		

Mediante las formulas antes indicadas, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 2.21 Cálculo del PC_g e Índice de Estado de la Señalización Vertical

GRUPOS (g)	$\sum_{i=1}^{N_g} IE_i$	N_g	PC_g	IES
G I	21.50	4	5.38	5.43
G II	95.20	17	5.59	
G III	90.50	17	5.32	

El valor del IES es de 5.43, lo cual permite establecer que estado de señalización vertical en el tramo de estudio, es bastante mala, pues el resultado es menor a 5.9.

Evaluación de la señalización horizontal

La evaluación de la señalización horizontal fue realizada por un grupo de 3 observadores tal y como se describió en la sección 2.1.1.8. Los resultados así como el proceso de cálculo del índice de estado de la señalización horizontal se presentan a continuación:

Tabla 2.22 Cálculo del IE promedio de la señalización horizontal

EVALUADOR	SECCIONES DE 200 m					PROMEDIO
	1	2	3	4	5	
1	2	2	2	3	2	2.2
2	2	2	2	3	2	2.2
3	2	2	2	3	2	2.2
Calificación IES promedio de la señalización horizontal						2.2

En la calificación general de IE promedio de la señalización vial es de 2.2, lo que nos permite ubicarla en el rango 3.9 – 2 de la tabla 2.4, que se encuentra en la sección 2.1.1.8. Por consiguiente el estado de la señalización horizontal en el tramo de estudio, de forma análoga al de la señalización vertical, es malo.

2.1.2.9 Estudio práctico de semaforización

Si el sistema de semaforización de una red vial se encuentra bien diseñado, este permitirá a su vez que la circulación de los volúmenes de tránsito sea fluida y con demoras mínimas. Para mantener el sistema en perfecto estado, debemos tomar en cuenta las condiciones externas que influyen en su funcionamiento, como por ejemplo: el estado de los componentes semafóricos de la red, ya que al encontrarse expuestos al ambiente y sumado a un ineficiente o inexistente mantenimiento, sus componentes electrónicos internos podrían deteriorarse y no cumplir su función. Por tal motivo el procedimiento realizado para la ejecución de este estudio, inició con una visita de campo, la cual tuvo el fin de identificar las intersecciones que cuentan con semáforos y verificar el estado de los mismos, observando aspectos como: ubicación, tipo, visibilidad y funcionamiento.

En lo que respecta a su *ubicación*, se pudo registrar dos intersecciones que cuentan con este dispositivo electrónico, que son: la intersección de la avenida Las Palmeras con la calle Padre Manuel Estomba y la intersección de la avenida Las Palmeras con la calle Sgto. Héctor Chica E., como se muestra en el Gráfico 2.19



*Gráfico 2.19 Intersecciones semaforizadas del tramo de estudio
(Fuente: Ilustre Municipalidad de Machala, Edición: El Autor – 2015)*

En ambas intersecciones, las bases que anclan los mástiles (postes metálicos que sostienen los semáforos), son de hormigón armado y se encuentran ubicadas en las aceras norte y sur del tramo de estudio (Según el gráfico 2.19). Referente al *tipo* de semáforos existentes y a su *visibilidad*, se pudo observar que los mismos son de tiempo fijo (es decir que su ciclo está programado y no varía ante el flujo dinámico de los volúmenes de tránsito) y su instalación o estructura presenta formas variadas:

En la intersección de la avenida Las Palmeras y la Calle Padre Manuel Estomba, se tienen ocho semáforos, donde cada dos semáforos se encuentran sostenidos por un mismo mástil con caras opuestas. Por lo tanto, para cada sentido de la vía, se tiene un semáforo primario elevado (ubicado en la parte horizontal del mástil en la esquina derecha de la intersección) y un semáforo secundario (en la parte vertical del mástil que se ubica en la esquina diagonal al primario) (Véase gráfico 2.20). De esta forma, cada semáforo primario elevado se mantiene sobre la parte central del carril respectivo de la calzada, a una altura que varía entre de 5.50 m. Mientras que cada semáforo secundario, se sostiene en la parte vertical del mástil a una altura de 3.20 m con respecto a la acera. Estas mediciones nos indican que la visibilidad de los dispositivos es buena, debido a que presentan un buen alcance visual, libre de obstáculos para todos los usuarios.



Gráfico 2.20 Semáforos en la intersección de la Av. Las Palmeras y Calle Manuel Estomba (Fuente: El autor-2015)

Por su parte, en la intersección de la avenida Las Palmeras y la Calle Sgto. Héctor Chica E. se tienen cuatro semáforos, cada uno de los cuales emite indicaciones para un sentido de vía. Estos semáforos presentan un diseño más antiguo que el mencionado en el párrafo anterior, en lo que respecta a su estructura física e instalación. En el caso de la avenida Las Palmeras, en esta intersección, se tienen dos semáforos uno frente a otro, que se sostienen en un mástil vertical empotrado en el extremo del parterre central a una altura de 3.50 m (Véase gráfico 2.21). En la Calle Sgto. Héctor Chica de la intersección, se tienen dos semáforos de similares características colocados en la acera. Cabe mencionar que el diseño de la vía Sgto. Héctor Chica hace que esta no sea una vía continua, sino que presente un ligero desvío. Por consiguiente, el semáforo que orienta al flujo vehicular que se mueve de Sur a Norte (de acuerdo con el Gráfico 2.19), se ubica en un mástil metálico a una altura de 3.50 m empotrado en la acera junto al estadio del Colegio “Kleber Franco Cruz”, obstruyendo la circulación de peatones en la misma, y el semáforo que emite indicaciones al flujo de vehículos que circulan en sentido Norte – Sur, se halla fijado en un poste de luz eléctrica, ubicado en la esquina junto la farmacia “Exfari”.



Gráfico 2.21 Semáforos en la intersección de la Av. Las Palmeras y Calle Sgto. Héctor Chica.

En este último caso, la visibilidad de los semáforos es buena, aunque podría mejorarse con un diseño que se acople a las características geométricas de la intersección.

Por último, se observó el *funcionamiento* de los semáforos de cada intersección y se evaluó su situación:

En ambas intersecciones, los semáforos se encuentran en continuo funcionamiento; es decir, no se evidenciaron dispositivos apagados o inservibles. Sin embargo, en la intersección de la avenida Las Palmeras y Calle Sgto. Héctor Chica E., las indicaciones de señal en los cuatro semáforos no se están presentando en el orden correcto. Así por ejemplo: el semáforo ubicado en el parterre de la Av. Las Palmeras pasa directamente del intervalo de luz verde al intervalo de luz roja, sin que se presente una señal preventiva de color amarillo. Mientras que en el mismo ciclo, el semáforo que orienta al flujo vehicular de la Calle Sgto. Héctor Chica, pasa del intervalo de luz roja, al intervalo de luz amarilla y finalmente al intervalo de luz verde. Esto se encuentra capturado en videos que fueron tomados en la intersección y, evidencian la falta de atención y mantenimiento de los dispositivos por parte de las autoridades responsables, representando un alto nivel de inseguridad en la movilidad vial de esta intersección.

A pesar de la falta de sincronización mencionada, en ambas intersecciones no se observó congestionamiento de vehículos durante las visitas de campo. Esto permite

concluir que los tiempos establecidos para los intervalos del ciclo total de los semáforos en cada una de las intersecciones son correctos y facultan la circulación fluida de los volúmenes de tránsito. Por tal motivo, como parte final del presente estudio, se procedió a medir los tiempos de los intervalos del ciclo total, correspondientes a los semáforos cuyas caras están orientadas hacia la avenida Las Palmeras.

Obtención de tiempos de los intervalos del ciclo en las intersecciones.

Dichos tiempos, se obtuvieron mediante el siguiente proceso: En una nueva visita de campo, con la ayuda de una cámara digital, se filmaron videos de 15 minutos para los semáforos indicados en ambas intersecciones. Esta filmación fue realizada de 18:45 a 19:00 horas del día Viernes 25 de Septiembre del 2015 (con algunos colaboradores), puesto que en base al estudio de variación del volumen de tránsito presentado en la sección 2.1.2.2, en el día y hora señalados es cuando se presenta la máxima demanda de usuarios en la vía. Este material audiovisual fue exportado a un computador y con el empleo de un cronómetro, se midió el tiempo de cada uno de los intervalos de las señales verde, amarilla y roja. La información recopilada fue tabulada con el objetivo de determinar el número de ciclos consecutivos que tienen lugar para cada semáforo en 15 minutos; además de calcular el tiempo promedio de duración de cada intervalo y con ello obtener la duración del ciclo total. Los resultados de este proceso se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.23 Tiempos de duración de intervalos de fase y duración de ciclo total

Ciclos	Tiempo de duración					
	Intersección Av. Las Palmeras y Calle Manuel Estomba			Intersección Av. Las Palmeras y Calle Sgto. Héctor Chica		
	Verde	Amarilla	Roja	Verde	Amarilla	Roja
Ciclo 1	22.025	2.968	37.043	34.302	3.848	34.323
Ciclo 2	22.017	2.976	37.062	34.306	3.941	34.327
Ciclo 3	22.089	2.986	37.057	34.309	3.920	34.369
Ciclo 4	22.031	2.933	37.011	34.321	3.750	34.318
Ciclo 5	22.010	2.959	37.060	34.334	3.837	34.304
Ciclo 6	22.034	2.959	37.025	34.302	3.894	34.379
Ciclo 7	22.012	2.971	37.112	34.347	3.845	34.288
Ciclo 8	22.009	2.999	37.097	34.312	3.764	34.350
Ciclo 9	22.043	2.987	37.005	34.304	3.987	34.301
Ciclo 10	22.031	2.986	37.044	34.318	3.893	34.239
Ciclo 11	22.071	2.976	37.066	34.308	3.842	34.325
Ciclo 12	22.019	2.971	37.036	34.329	3.880	34.296
Ciclo 13	22.049	2.966	37.070	34.328	3.881	34.326
Ciclo 14	22.022	2.981	37.026	34.315	3.815	34.313
Promedio de intervalo de fase	22.033	2.973	37.051	34.317	3.864	34.318
Duración promedio del ciclo total	62 segundos			72 segundos		

2.2 PREFACTIBILIDAD

Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación de los 9 estudios descritos en la sección 2.1, se procede a realizar un análisis y a establecer un diagnóstico del estado actual que presenta el tramo de la avenida Las Palmeras entre la avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba.

El estudio de accidentalidad evidencia que el tramo de estudio ha presentado 3 accidentes en lo que va del año 2015, y 9 en un período de cuatro años (2012 - 2015), donde la intersección de la avenida Las Palmeras y la Calle Padre Manuel Estomba se considera una de las más peligrosas de toda la avenida. Esta situación ratifica lo manifestado en el Capítulo I del presente trabajo, donde se indicó la existencia de inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal, la cual puede tener una o varias causas. Entre estas, se encuentra el diseño geométrico de la avenida Las Palmeras, el estado del pavimento, el estado de los dispositivos de control del tránsito; y, sin duda, la velocidad a la que transitan los vehículos en esta zona. Por ello, la ejecución de los estudios de ingeniería consecutivos al análisis de accidentalidad, son cruciales para establecer las condiciones en que se encuentra actualmente el tramo de vía.

Cabe recordar que la avenida Las Palmeras, y en sí el tramo de estudio, es uno de los principales conectores del sur de la ciudad con el sector céntrico de la misma; de hecho, como lo muestra el estudio de origen y destino, muchos viajes se realizan entre diferentes puntos de la ciudad utilizando esta avenida, y la apertura del parque ecológico seguramente incrementará este número. Adicionalmente, el uso de suelos adyacentes al tramo de vía, refleja la existencia de numerosos negocios particulares, así como algunas escuelas y colegios, lo que provoca una gran afluencia de vehículos y peatones, principalmente en horas pico. Esto revela la importancia de atender las necesidades y mitigar los problemas encontrados.

El estudio topográfico nos permite apreciar el diseño geométrico actual de la vía. El mismo corresponde al de una avenida estándar tradicional de la ciudad. Se trata de una vía con dos sentidos de circulación divididos por un parterre central, donde a cada sentido corresponden dos carriles. La dimensión de la calzada, aceras y parterres es correcta; sin embargo, a criterio del autor, la vía presenta deficiencias al no contar con un diseño exclusivo para personas con discapacidad. Además el diseño de la vía podría ser mejorado, pues el espacio ocupado por el parterre central podría ser utilizado de una forma más óptima, eliminando dicho parterre y creando un carril exclusivo para ciclistas, o un área regulada de estacionamiento para los moradores del sector.

Respecto al caso de los usuarios de la vía que presentan discapacidad, el autor del presente trabajo considera sustancial hacer notar que este segmento de la población generalmente no ha sido incluido en los análisis de diseño vial de la ciudad, y es justamente este segmento de usuarios el que requiere de un esfuerzo adicional al momento de transportarse de un sitio a otro.

Durante las visitas de campo realizadas, se observaron casos en los que personas que se transportan en silla de ruedas se vieron obligadas a transitar por la calzada, debido a las malas condiciones de las aceras, con lo que se exponen a ocasionar o ser víctimas de accidentes de tránsito como choques y atropellamientos. En múltiples intersecciones del tramo comprendido entre la Av. Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba,

no existen rampas para personas con discapacidad, las escasas rampas existentes se encuentran en condiciones inadecuadas que en lugar de servir de ayuda, entorpecen su movilidad.



Gráfico 2.22 Infraestructura vial inadecuada para la movilidad de personas discapacitadas en el tramo de estudio (Fuente: El Autor - 2015)

Por otro lado, el diseño geométrico de la sección de vía analizada, refleja una realidad de la ciudad de Machala, y en general de la mayoría de ciudades costeras del país. Al presentar una topografía relativamente plana, un gran número de pobladores utiliza medios de transporte como bicicletas para moverse. Sin embargo, la imprudencia de los propios ciclistas sumada al irrespeto de conductores de vehículos de cuatro ruedas, ocasiona en muchos casos accidentes de tránsito, en los que los conductores no motorizados se ven mayormente afectados. A pesar de esta situación, en el tramo de estudio, no se cuenta con vías que faciliten y protejan su movilidad; es por ello que su diseño no incluye un carril exclusivo para bicicletas o ciclovía. (Véase Gráfico 7)



Gráfico 2.23 Ausencia de un carril exclusivo para bicicletas o ciclovía (Fuente: El Autor 2015)

Siguiendo con el análisis, mediante el cálculo del TPDA (Tráfico promedio diario anual), se obtuvo un total de 9858 vehículos mixtos que circulan por el tramo de estudio al día, lo cual es un volumen de tránsito considerable. El máximo volumen de tránsito se presenta los días martes, y se da principalmente entre las 18:00 y 19:00 horas del día, con variación dentro de dicha hora, pues en períodos de 15 minutos, el mayor flujo de tránsito se presenta entre las 18:30 y 18:45 horas. Considerando que en este horario se pierde luz natural, es necesario que la vía presente correcta iluminación, así como una señalización horizontal y vertical en condiciones adecuadas, para facilitar la visibilidad de las mismas a los usuarios en la noche. Esto se vuelve imperativo considerando que la velocidad a la que transitan los vehículos por el tramo es de 51.5 Km/h; velocidad a la cual un choque o atropellamiento puede resultar en una fatalidad. Cabe indicar que, de acuerdo con la señal reglamentaria existente en el tramo de estudio, la velocidad máxima

a la que pueden circular los vehículos por dicha zona es de 30 Km/h, lo cual pone de manifiesto la falta de apego de los usuarios a las normas y señales de tránsito.

La evaluación realizada al estado superficial de la capa de rodadura, reveló la existencia de varios tipos de deterioros presentes en la misma, principalmente baches, abultamientos, grietas y fisuras que en muchas ocasiones obligan a los conductores a reducir el ancho de vía a fin de evitarlos, generando congestionamientos breves y riesgo de accidentes. Como se evidencia en el Gráfico 4, este deterioro afecta también a los peatones y al tráfico en general, pues los baches presentes en zonas como paradas de buses obligan a los conductores de estos vehículos a estacionarse apartados del bordillo, reduciendo el ancho de la vía de dos carriles a uno cuando se detienen a dejar y llevar pasajeros.



Gráfico 2.24 Deterioro de la capa de rodadura en el tramo de estudio (Fuente: El Autor - 2015)

La existencia de estos deterioros, refleja la antigüedad del paquete estructural de pavimento, y muestra la necesidad de realizar un mantenimiento planificado e integral al mismo.

Adicionalmente, la evaluación a los sistemas de señalización tanto vertical como horizontal, arroja un índice de estado de 5.43 y 2.2 respectivamente, que en ambos casos permite calificar al estado de estos sistemas como “malo”. A esto se suma la evidente falta de ciertas señales en algunas intersecciones y a lo largo de la vía, poniendo en riesgo tanto a conductores de vehículos como a peatones.

Finalmente, el estudio de semaforización presentado en la sección 2.1.2 nos indica que dos intersecciones a lo largo del tramo de estudio cuentan con semáforos de tiempo fijo, con buena visibilidad. Estas intersecciones son: avenida Las Palmeras con la Calle Padre Manuel Estomba y avenida Las Palmeras con la Calle Sgto. Héctor Chica E. cuyos semáforos presentan un ciclo promedio de duración de 62 y 72 segundos respectivamente. Estos tiempos regulan de manera eficiente los flujos de tránsito, ya que no se observó congestionamiento o largas filas de vehículos; es decir, al término del intervalo de luz verde, las colas de vehículos que recibieron la orden de paso se disipan totalmente, sin que queden vehículos aún en espera. Por lo tanto, los semáforos existentes están cumpliendo adecuadamente su función.

A pesar de ello, mediante las visitas de campo se pudo identificar que la intersección de la avenida Las Palmeras y la avenida Circunvalación Sur presenta problemas de congestionamiento, cuando los vehículos realizan giros para el cambio de vía. En este

caso, no existe un dispositivo de control que regule el tránsito, fomentando la inseguridad en la movilidad vial de esta intersección.

En resumen, los resultados ponen en evidencia las inadecuadas condiciones en que se encuentran los principales elementos de infraestructura vial con que cuenta el tramo de vía analizado y el irrespeto de los conductores a los límites de velocidad estipulados, lo cual contribuye a un alto grado de inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal del mismo.

Por lo tanto, las principales alternativas que se pueden plantear para contribuir a solventar esta situación y a incrementar la seguridad en la movilidad vial de esta sección de avenida, se presentan a continuación en orden de factibilidad:

Tabla 2.24 Alternativas técnicas de solución para el tramo de estudio

Orden de viabilidad	Alternativas planteadas
1	Diseño de un plan de señalización integral
2	Rediseño geométrico de la vía urbana
3	Campañas de educación vial a los usuarios

Una *campaña de educación vial*, es sin duda necesaria. Los peatones y conductores de vehículos deben estar cabalmente informados sobre la conducta adecuada que deben asumir cuando transitan por las vías de la ciudad, y fundamentalmente, deben conocer las consecuencias generadas por irrespetar las normas y señales de tránsito, pues la mayor causa de accidentes es la impericia de los ciudadanos. No obstante, el universo de personas que hacen uso del tramo de estudio no puede ser determinado, por ello, una campaña de educación vial quizás deba abarcar a toda la ciudad, lo cual implica costos elevados en campañas radiales, televisivas o charlas formativas; sin que sea posible asegurar que esta alternativa ofrezca una solución total. Además, el tiempo requerido para ejecutar el plan de capacitación y para que sean visibles sus resultados sin duda será de meses o años.

Además, una campaña de capacitación debe ir acompañada de mejoras en señalización, pues de nada sirve conocer los mensajes que representan las señales de tránsito, si estas no existen o no están en correctas condiciones en el tramo de estudio.

Un *rediseño geométrico* es una de las soluciones más óptimas, pues sus resultados serían permanentes, mejorarían la calidad de vida de los residentes y dueños de negocios, facilitarían la movilidad de todos los usuarios (incluyendo personas con discapacidades y ciclistas), y darían una nueva imagen a la vía. Además de que el nuevo diseño consideraría la carga de tránsito que generará el parque ecológico. No obstante, ejecutar modificaciones a la estructura de la vía tiene costos muy elevados, requiere largo tiempo y genera incomodidades a los usuarios. Por ello, los recursos necesarios para su aplicación son cuantiosos y esta solución estaría incompleta sin adecuada educación vial.

Finalmente, *el diseño de un plan de señalización integral* (que incluye señalización horizontal y vertical) es la alternativa más práctica, pues tienen un costo muy bajo en relación a las alternativas ya planteadas, requiere menos recursos humanos y tiempo en su aplicación, a la vez que genera un impacto altamente positivo en la reducción del riesgo de accidentes, mejorando significativamente la seguridad en la movilidad vial de los usuarios. La señalización es el instrumento de comunicación entre la vía y el usuario, por consiguiente, si esta se encuentra en buen estado y correctamente instalada, tendrá un efecto visible e inmediato en la seguridad vial, aun cuando otros elementos de infraestructura presenten deficiencias.

2.3 FACTIBILIDAD

Puesto que la alternativa considerada como la más viable es el diseño de un plan de señalización integral, en esta sección se analizarán los beneficios de ejecutarla. Es importante especificar que en este punto no se realizará una evaluación financiera o económica al proyecto propuesto, ya que no es de nuestro interés medir el rédito económico ni el costo que pueda generar una vez ejecutado; sino que se plantea con el objetivo de fomentar un impacto positivo en el bienestar de los ciudadanos incrementando la seguridad en su movilidad.

Como una aproximación a este análisis, se calculó el número de habitantes que residen en un área pequeña alrededor de la vía analizada. Conociendo la superficie de la ciudad de Machala y el número de habitantes de la misma, es posible estimar el número de habitantes del área beneficiada, asumiendo que la relación se mantiene. Es decir:

$$\frac{\text{Superficie del sector}}{\text{Superficie de Machala}} = \frac{\text{Habitantes del sector}}{\text{Habitantes de Machala}} \quad (2.21)$$

De donde se puede obtener:

$$\text{Habitantes del sector} = \text{Habitantes de Machala} * \left(\frac{\text{Superficie del sector}}{\text{Superficie de Machala}} \right) \quad (2.22)$$

Es importante señalar, que para esta estimación no se consideró a la parroquia El Retiro, perteneciente al cantón Machala, puesto que el área de esta parroquia es pequeña y bastante retirada de la zona urbana de la ciudad. Por lo tanto, la superficie de Machala (excluyendo a El Retiro) es de 207.09 km², y su población es de 241606 habitantes.

Además, se consideró que el área alrededor del tramo de estudio corresponde únicamente a residencias; por lo tanto, asumiendo que el largo promedio de las propiedades respecto a la vía es de 20 metros, se calculó la superficie que rodea al perímetro de la calzada con esa distancia. El área es de 0.05896 km². De esta forma, y utilizando la ecuación (17) se tiene:

$$\text{Habitantes del sector} = 241606 * \left(\frac{0.05896}{207.09} \right)$$

$$\text{Habitantes del sector} = 69$$

Por consiguiente, suponiendo que los habitantes beneficiados fuesen únicamente aquellos que residen en un área de 20 metros alrededor del tramo de estudio, el número de residentes beneficiados sería de 69. Si se considerara un área 3 veces superior a esta, el número de beneficiarios sería de 206. Por lo tanto, si bien el área beneficiada no puede ser determinada, mientras esta sea mayor, el número de residentes beneficiados también se incrementa.

Sin embargo, naturalmente la solución planteada no beneficia únicamente a residentes; sino que un plan de señalización integral brindaría mayor seguridad a peatones y vehículos no residentes. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el cálculo del TPDA, 9858 vehículos que circulan a diario por el tramo de estudio, resultarían favorecidos. Y en sí, todo aquel que transite por la sección de vía analizada podrá dirigirse a su destino sin correr riesgos innecesarios ni poner en riesgo a otros usuarios, gracias a un adecuado sistema de dispositivos de control de tránsito. La mitigación del riesgo de accidentes es alta en relación al costo de esta solución.

Adicionalmente, la alternativa planteada tiene factibilidad operacional, pues en nuestro país, todo individuo que conduzca un vehículo motorizado debe contar con una licencia que certifica haber sido capacitado para ello. Es decir, los conductores de vehículos motorizados que hagan uso de la vía, contarán con los conocimientos básicos sobre las diferentes señales y dispositivos de control de tránsito que se utilizan. Por consiguiente, se asume que el irrespeto a los mismos se debe a la impericia de los usuarios y a la falta de campañas que refuercen los conocimientos adquiridos. Con esto se concluye que los usuarios podrán hacer uso de la alternativa planteada, cuando esta se ejecute, sin ninguna complicación.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN VIABLE PARA SU DISEÑO

En base al análisis de pre-factibilidad y factibilidad realizado, se identifica como la alternativa más favorable a la ejecución de un plan de señalización integral, cuyo diseño será presentado en el siguiente capítulo. Previo a esto, y una vez identificada, la alternativa debe ser analizada a fin de evaluar si las condiciones legales, técnicas, socio-culturales e instituciones favorecen su ejecución.

Viabilidad legal: El literal c), del artículo 198 de la Sección 1, Capítulo I, Título IV de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, indica claramente que es un derecho de los peatones contar con infraestructura y señalización vial adecuadas que brinden seguridad, y a su vez, es obligación de los usuarios de las vías obedecer las señales de tránsito que emitan obligación o prohibición. La ley en general tiene como objetivo normar todas las actividades orientadas a proteger a las personas y bienes que utilizan la red vial del país para moverse. Por tal motivo, la ejecución de un plan de señalización integral no tiene impedimentos legales que obstaculicen su aplicación, al contrario la alternativa propuesta se sustenta en la ley mencionada.

Viabilidad Técnica: Técnicamente es factible ejecutar la propuesta de un plan de señalización integral, ya que existe abundante información bibliográfica sobre estudios relacionados que pueden servir como guía. La normativa vigente en el Ecuador establece estándares para las dimensiones de los distintos tipos de señales tanto horizontales como verticales que conforman la propuesta. Adicionalmente, las características de la

infraestructura vial en el tramo de estudio facilitan el diseño y ejecución, pues permiten cumplir la norma establecida.

Viabilidad Socio-Cultural: Es claro que, al ser un derecho que debe ser garantizado por ley, la existencia de señalización adecuada en las vías no tiene impedimentos de carácter socio-cultural, pues esta solución no tiene ninguna implicación religiosa o política y no interfiere con las tradiciones, principios morales, ni culturales de los ciudadanos. Al contrario, los usuarios del tramo de vía residentes y no residentes, ven la necesidad de contar con sistemas de señalización en buen estado, exigen su adecuación y mantenimiento, ya que estos son sistemas mundialmente aceptados y establecidos para brindar seguridad vial a los individuos.

Viabilidad Institucional: En cuanto al aspecto institucional, y regidos por la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, el artículo 30.4 de la misma, señala que es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales regular y controlar las redes urbanas de tránsito. Por lo tanto, es competencia de la Ilustre Municipalidad de Machala llevar a cabo el plan de señalización integral, cuyo diseño se propone en el Capítulo III del presente trabajo. Sin duda esta institución así como la Agencia Nacional de Tránsito, Policía Nacional y todas aquellas asociadas al control de tránsito vehicular y peatonal, deberán hacer cumplir la ley y por consiguiente, no presentarán impedimento a la ejecución de este proyecto.

Bajo el análisis de estos aspectos, la aplicación de un Plan de Señalización Integral es viable, no presenta obstáculos en su ejecución y por lo tanto, se procede a su diseño en el capítulo que se incluye a continuación.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

3.1 CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO

Como contribución a solventar la problemática existente en la Avenida Las Palmeras entre la Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba, se propone efectuar el diseño de un plan de señalización integral, el cual incluye los sistemas de señalización vertical y horizontal de forma completa y renovada. Es decir, se plantea colocar señalización horizontal y vertical nueva en los puntos donde ésta ya existe, y a su vez se propone colocar la señalización faltante donde esta es necesaria.

Para esto se considerará como base la normativa de tránsito vigente, que regula el diseño e implementación de dispositivos de control de tránsito en el Ecuador, misma que se encuentra en el Reglamento Técnico Ecuatoriano 004 correspondiente a Señalización Vial, elaborado por la Agencia Nacional de Tránsito, el Instituto Ecuatoriano de Normalización y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, publicado en el año 2012. Cabe señalar que, algunos aspectos específicos de señalización que no se encuentren claramente especificados en el reglamento antes señalado, serán diseñados en base a otras fuentes bibliográficas tales como la normativa existente en países similares (Colombia y México). Con la elaboración de esta propuesta se pretende contribuir a la seguridad en la movilidad vehicular y peatonal del tramo de vía mencionado, facilitando el tránsito seguro de conductores de vehículos y peatones.

Es importante destacar además, que como resultado del estudio de semaforización efectuado en el capítulo II, se observó la necesidad de implementar un semáforo en la intersección de la Avenida Las Palmeras y Avenida Circunvalación Sur; sin embargo, su diseño estructural así como la determinación de su ciclo en sincronía con los otros semáforos existentes, no forman parte de esta propuesta; por lo tanto, su ejecución se sugiere dentro de las recomendaciones del presente trabajo.

3.2 MEMORIA TÉCNICA

3.2.1 JUSTIFICACIÓN

La presente propuesta de diseño de un plan de señalización integral en el tramo de la Avenida Las Palmeras, entre Avenida Circunvalación Sur y Calle Padre Manuel Estomba se basa en los estudios de ingeniería efectuados previamente a los elementos del tramo, que son cruciales para una adecuada movilidad vehicular y peatonal. Dichos estudios y su análisis posterior revelaron algunos datos interesantes, y confirmaron muchas de las aseveraciones que se pueden hacer por medio de la observación de la infraestructura vial que posee la sección de avenida analizada. El visible deterioro del pavimento, el importante volumen de tráfico que presenta, el mal estado en que se encuentran los sistemas de señalización, la falta de mantenimiento a los dispositivos de semaforización, así como las falencias y omisiones en su diseño geométrico, ponen en evidencia la necesidad urgente de implementar medidas en el tramo de estudio, orientadas a corregir algunos de estos problemas o mejorar la infraestructura vial existente, con el objetivo de incrementar el nivel de seguridad en la movilidad vehicular y peatonal.

De las posibles medidas analizadas, el diseño de un plan de señalización integral resulta ser la más factible, debido a su rápida y económica implementación respecto a otro tipo de intervenciones, y al gran beneficio que genera en relación a su costo.

Esta propuesta se fundamenta además, en la importancia que tiene la Av. Las Palmeras para la ciudad, al ser una de las arterias viales que conectan el norte de Machala con el sur, y que en un futuro próximo tomará aún más importancia cuando entren en funcionamiento sitios como el Parque Ecológico de la ciudad y el Sub-centro de Salud. La seguridad en la movilidad de vehículos y peatones que hacen uso del tramo de estudio en el presente y que seguro serán muchos más en el futuro, no puede postergarse. Por consiguiente, una medida rápida y eficiente como es una mejora integral en señalización, es la mejor solución en este caso.

La no ejecución de la presente propuesta, equivale a mantener las condiciones de señalización actuales, que agravan la situación de inseguridad vial evidenciada, irrespetando los estándares internacionales de dispositivos de control de tránsito y poniendo en riesgo a los usuarios de la vía de forma negligente e innecesaria.

3.2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA PROPUESTA

El diseño del plan de señalización integral planteado en este trabajo, se fundamenta en el Reglamento RTE INEN 004 (parte 1 y parte 2) elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, mismo que regula la implementación de proyectos de señalización y establece de manera detallada las especificaciones que deben considerarse al momento de llevarlos a la práctica. En este apartado, se presenta brevemente las bases teóricas utilizadas para la señalización horizontal y vertical respectivamente:

Señalización horizontal

Este tipo de señalización es de rápida e inevitable visualización para el usuario; aunque presenta ciertas desventajas. Así, el reglamento claramente señala⁴⁰:

“Dado que se ubican en la calzada, la señalización horizontal presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que este distraiga su atención de la vía en que circula. Sin embargo, presentan como desventaja que su visibilidad se ve afectada por neblina, lluvia, polvo, alto tráfico, y otros”

Los materiales usados para este tipo de señalización son aquellos que se aplican en capas muy finas como pinturas (acrílica con microesferas), plásticos, termoplásticos, etc., cumpliendo la norma de tener 300 micras en seco en zonas urbanas y sus dimensiones dependen de la máxima velocidad de la vía. Por otro lado, en cuanto a los colores utilizados en señalización horizontal estos generalmente son blancos y amarillos, aunque en algunos casos se utiliza rojo y azul. El amarillo demarca zonas o líneas que no pueden traspasarse y el blanco aquellas que sí permiten cruce o rebasamiento⁴⁰.

A manera de resumen, a continuación se muestra un breve detalle sobre las líneas y elementos que se demarcan en señalización horizontal, así como su empleo, clasificación y principales características:

Tabla 3.1 Principales características de señales horizontales

SEÑAL HORIZONTAL	USO	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	CLASIFICACIÓN	PRINCIPALES ESPECIFICACIONES
Líneas longitudinales	Se utilizan en la determinación de carriles y calzadas; sirven para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, sirven para marcar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos	<p><i>Forma:</i> Continuas, zigzag (ambas señalan prohibición de estacionar, rebasar y girar) y segmentadas (permiten maniobras).</p> <p><i>Color:</i> *Líneas amarillas señalan separación de tráfico en direcciones opuestas, borde izquierdo de la vía, y otras restricciones. *Líneas blancas señalan separación de tráfico en la misma dirección, borde derecho de la vía, estacionamiento, proximidad a un cruce cebra. *Líneas azules señalan zonas de estacionamiento tarifadas.</p>	Línea continua	Si es amarilla, prohíbe el cruce o rebasamiento
			Línea segmentada	Permite rebasamiento y puede ser adyacente o una extensión de una continua
			Doble línea continua	Son dos líneas paralelas color amarillo de 100 a 150 mm de ancho, separadas por un espacio de 100 mm prohíbe rebasamiento.
			Líneas de separación de carriles	Son de color blanco, segmentadas y separan flujos de tránsito en la misma dirección.
			Líneas centrales	Se colocan en la mitad de una vía para separar sentidos opuestos
			Líneas de prohibición de estacionamiento	De color amarillo con 100 mm de ancho, señala la prohibición de estacionar permanentemente a lo largo de un tramo de vía.
Líneas transversales	Sirven para demarcar los puntos donde los vehículos deben detenerse en cruces, y también para señalar cruces de peatones y bicicletas. Indican la prioridad de cruce de peatones sobre vehículos motorizados.	<p><i>Forma:</i> Pueden ser continuas y/o segmentadas, y se colocan a través de las calzadas (perpendicular a la línea de bordillo)</p> <p><i>Color:</i> Siempre son de color blanco.</p>	Líneas de pare	Línea continua ante la cual los vehículos están en la obligación de detenerse. Se coloca en carriles que se aproximan a un dispositivo de control de tránsito. Si velocidad máxima permitida es menor o igual a 50km/h debe tener ancho de 400 mm; 600 mm en el caso contrario.
			Líneas de ceda el paso	Señala la posición segura para que un conductor se detenga. Es segmentada, 600 mm pintado y espacios sin pintar de 600 mm. El ancho se establece de forma análoga a las líneas de pare.
			Líneas de cruce peatonal	Indica la senda por donde deben cruzar los peatones la calzada, en zonas con conflicto vehicular-peatonal.
Símbolos y leyendas	Son utilizadas de forma normativa para regular la circulación, y de forma informativa y preventiva para guiar y advertir al usuario de la vía.	<p><i>Forma:</i> Deben ser alargadas en sentido longitudinal pues se pintan sobre la calzada en el centro del respectivo carril.</p> <p><i>Color:</i> En general es blanco. Para símbolos de discapacitados el color es azul y blanco; y, para símbolos de zona escolar y peatonal, se usa fondo amarillo.</p>	Flechas	Indican la dirección que deben seguir los vehículos en la intersección inmediata. Se colocan en función de la necesidad. (Más información en RTE INEN 004-2.)
			Leyendas	Mensajes de guía mediante palabras, números y símbolos alargados longitudinalmente. Ejm: SOLO BUS, PARE, Símbolo de velocidad máxima etc. (Más información en RTE INEN 004-2).
Otras señalizaciones horizontales	Se demarcan en la calzada en casos particulares	La forma y color se establece según su objetivo.	Achurados	Se usan para demarcar áreas neutrales donde se prohíbe la circulación de vehículos en vías de doble sentido o bermas.
			Simulación de parterre	Consiste en dos líneas continuas paralelas al eje de la calzada y líneas diagonales paralelas interiores de color amarillo, con un ancho mínimo de 600 mm y separación entre líneas del doble de dicho ancho.
			Paradas de buses	Delimita el área donde buses urbanos pueden detenerse a recoger y dejar pasajeros. Es de color blanco. Se conforma de líneas segmentadas que enmarcan la leyenda "BUS"
			Anchurados en bermas	Se conforma por una línea continua paralela al eje de la calzada y líneas diagonales paralelas de color blanco, con un ancho mínimo de 600 mm y separación entre líneas del doble de dicho ancho.

Fuente: Reglamento RTE INEN 004-2, Elaboración: El autor-2015

Algunos ejemplos de símbolos son las flechas de giro, que se señalan en el carril por el cual deben ubicarse los conductores que desean girar en determinada dirección. Estas se incluyen en la presente propuesta, y como ya se indicó en la Tabla 3.1, sus medidas

dependen de la velocidad máxima permitida en el tramo de vía donde sean demarcadas. Para una mejor visualización de este tipo de símbolo con sus respectivas dimensiones se recomienda revisar el apartado 5.7.2.4 del Reglamento RTE INEN 004-2⁴⁰.

De manera similar, la flecha de giro en U, debe colocarse solamente en los carriles determinados para tal efecto. Este símbolo es utilizado en el presente trabajo para demarcar aquellos puntos donde se considera debe permitirse realizar esta maniobra. Véase el literal a.vii) ubicado en la página 56 del Reglamento al cual se hace referencia.

La velocidad máxima permitida también puede ser comunicada al usuario de vía mediante señalización horizontal. Lo cual corresponde a un símbolo dibujado en la calzada respetando las dimensiones establecidas en el Reglamento RTE INEN 004-2⁴⁰:

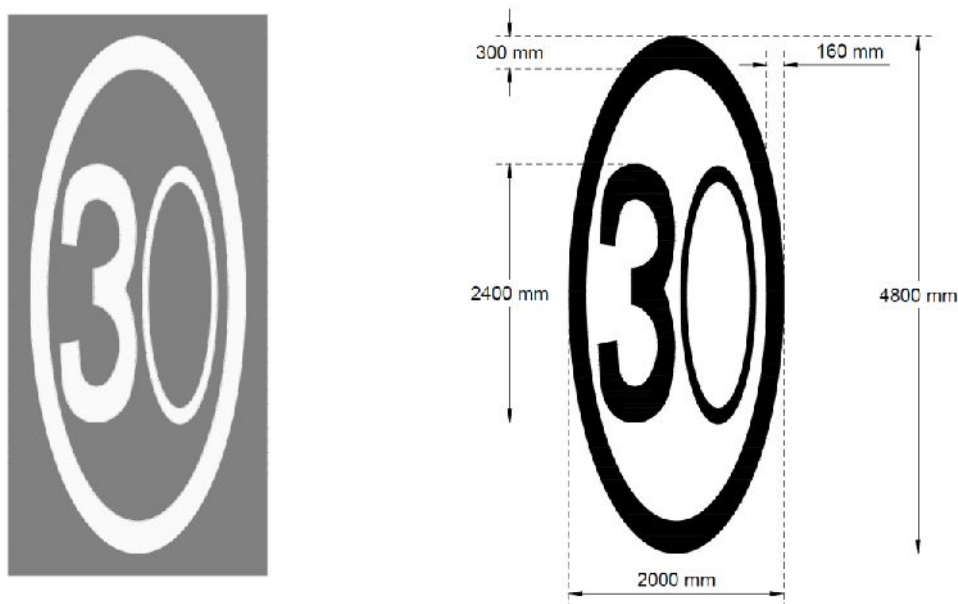


Gráfico 3.1 Dimensiones de símbolo de velocidad máxima. (Fuente: Reglamento RTE INEN 004-2 – 2015)

Cabe mencionar que todas las señales deben ser legibles a la distancia suficiente para permitir al conductor reaccionar con seguridad y oportunidad. Por ello se establecen medidas para la altura de las letras que se demarquen en la calzada (como en el caso de leyendas PARE, SOLO BUS, etc.) dependiendo de la velocidad máxima permitida; debiendo mantener un espacio de por lo menos 300 mm entre palabras, así como entre estas y las líneas de carriles⁴⁰:

Tabla 3.2 Altura de leyendas en señalización horizontal en base a la velocidad máxima permitida

VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA (Km/h)	ALTURA DE LETRAS (m)
Menor o igual a 30	1,60
Mayor a 30 y menor o igual a 50	2,40
Mayor a 50	4,00

Fuente: Anexo A del Reglamento RTE INEN 004-2, Elaboración: El Autor – 2015

Otros elementos importantes de señalización horizontal, así como sus respectivas medidas se encuentran especificados con mayor detalle en el reglamento mencionado con anterioridad.

Señalización vertical

Las señales verticales forman parte de los dispositivos de control de tránsito, cuya función es contribuir al movimiento seguro y ordenado de vehículos y peatones. Como lo señala el Reglamento RTE INEN 004-1⁴¹, los dispositivos de control de tránsito (en este caso señales verticales) emiten instrucciones que deben cumplirse obligatoriamente, previenen de peligros o informan a los usuarios sobre rutas, destinos, distancias y puntos de interés colectivo, para lo cual constan de leyendas o símbolos en colores y formas preestablecidas.

Las señales verticales se clasifican en⁴¹:

Señales regulatorias.-Indican cuando se aplica una norma de carácter legal. Es decir, emiten una instrucción que debe ser respetada y cumplida obligatoriamente, caso contrario se genera una infracción de tránsito.

Señales preventivas.-Emiten una advertencia de condiciones peligrosas o inesperadas en la vía.

Señales informativas.-Como su nombre lo indica, estas señales informan a los usuarios sobre distancias, direcciones, destinos, rutas, así como ubicación de servicios de interés y puntos turísticos.

Además de los tres grandes grupos antes indicados, existen señales especiales que se pueden encontrar en las vías. Estas son:

Señales especiales delineadoras.-Delinean el tránsito que se aproxima a un lugar con obstrucción en la vía, o con un cambio brusco en sus condiciones, como en su altura, ancho o dirección.

Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales.-Advierten a los usuarios y los guían para transitar con seguridad

Entre otros requerimientos, las señales de tránsito deben cumplir con uniformidad en su diseño, en su aplicación y ubicación.

Esto con el objetivo de que los usuarios estén familiarizados y puedan anticipar la acción que se requiere en determinados puntos. El no cumplimiento de la uniformidad mencionada genera confusiones e inseguridad vial⁴¹.





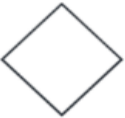




Uniformidad de diseño:

La uniformidad en el diseño de las señales de tránsito verticales, implica que están deben mantener un estándar en su forma, color y mensaje. De forma que cuando se presenten condiciones similares en las vías, la misma señal sea ubicada en esos casos.

Seguidamente se presenta un breve detalle de las características mencionadas⁴¹:

Forma:

Tabla 3.3 Formas utilizadas en señalización vertical

FORMA		USO
Octágono		Se utiliza solo para señal de PARE
Triángulo		Triángulo equilátero con vértice hacia abajo, se usa para señal CEDA EL PASO
Cuadrado		Se usa para señales regulatorias usualmente
Círculo		Se emplea para señales en los cruces de ferrocarriles
Rombo		Se utiliza para señales preventivas y señales de trabajos en la vía con pictogramas
Cruz (X)		Cruz diagonal amarilla se usa solo para indicar cruce de ferrocarril a nivel.
Rectángulo		Con el eje mayor horizontal se usa para señales informativas, señales de obras en la vía, y placas complementarias para señales regulatorias y preventivas.
Escudo		Escudo se emplea en la señalización de rutas.
Pentágono		Se utiliza para señalar zonas escolares.

Fuente: Reglamento RTE INEN 004-1, Elaboración: El autor – 2015

Color:

Tabla 3.4 Colores utilizados en señalización vertical

COLOR	USO
Rojo	Color de fondo en señal PARE. En señales de prohibición y reducción de velocidad, señales de peligro. Color de leyenda en señal de prohibición de estacionamiento y color de borde en señal CEDA EL PASO. Color asociado a ciertas señales de regulación
Negro	Color de símbolos, leyenda y flechas para las señales que tienen fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja, en marcas de peligro, además se utiliza para leyenda y fondo en señales de direccionamiento de vías
Blanco	Color de fondo en señales regulatorias, delineador de rutas, nomenclatura de calles y señales informativas. En las señales que tienen fondo verde, azul, negro, rojo o café, como un color de leyendas, símbolos como flechas.
Amarillo	Color de fondo para señales preventivas, señales complementarias de velocidad, distancias y leyendas, señales de riesgo, además en señales especiales delineadoras.
Naranja	Color de fondo para señales de trabajos temporales en las vías y para banderolas en CRUCES DE NIÑOS
Verde	Color de fondo para las señales informativas de destino, peajes control de pesos y riesgo; también se utiliza como color de leyenda, símbolo y flechas para señales de estacionamientos no tarifados con o sin límite de tiempo.
Azul	Color de fondo para señales informativas de servicio. Color de leyenda y orla en señales direccionales de las mismas, y en señales de estacionamiento en zonas tarifadas, (Es regulatoria en paradas de bus)
Café	Color de fondo para señales informativas turísticas y ambientales
Verde limón	Se suele usar en señales que indican una zona escolar.

Fuente: Reglamento RTE INEN 004-1, Elaboración: El autor, 2015

Uniformidad de ubicación:

Las señales verticales deben instalarse al lado derecho de las vías, en algunas circunstancias se pueden duplicar al lado izquierdo de la misma; debiendo siempre cuidar que no se afecte su visibilidad. Además en el caso de las señales preventivas estas deben ubicarse a la distancia suficiente que permita al conductor reaccionar a tiempo⁴¹.

En cuanto a la colocación lateral de las señales en zonas urbanas, estas deben ubicarse a 300 mm mínimo desde el filo del bordillo, en las aceras, y máximo a un metro. En bordillos montables o semi-montables la separación mínima es de 500 mm. Por su parte, en vías urbanas sin aceras, rigen las distancias establecidas en la sección 5.8.3.2 del Reglamento RTE INEN 004-001⁴¹.

La altura de las señales debe ser tal que no se generen obstrucciones a los peatones en su movilidad. Por ello, en vías con aceras la altura libre de la señal debe ser mínimo de 2 metros desde la superficie de la acera hasta el borde inferior de la señal⁴¹.

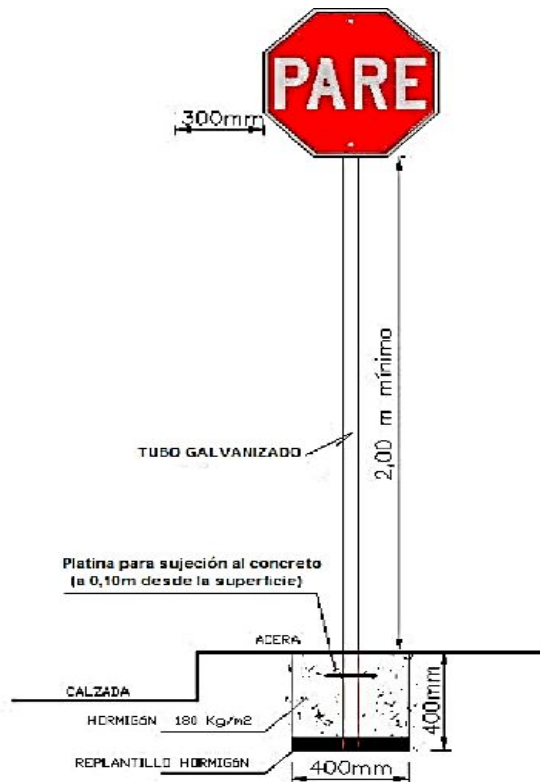


Gráfico 3.2 Altura en señales verticales (Fuente: Reglamento RTE INEN 004-1)

Por otro lado, en señales verticales aéreas, estas deben ubicarse en vías urbanas a una altura mínima de 5.30 m. sobre el nivel más alto de la calzada⁴¹.

Adicionalmente, la orientación es un punto fundamental a considerar en la instalación de señales verticales. Según el reglamento, las señales deben colocarse con una inclinación de 5° en dirección al tránsito al cual se emite el mensaje. En alineamientos curvos, el ángulo se establece en relación al curso de vehículos y no al filo de la calzada⁴¹.

A continuación se presenta información importante sobre las normas que regulan el diseño e instalación de las señales regulatorias, preventivas e informativas, de forma breve según lo empleado en el presente trabajo.









Señales regulatorias:

Es importante conocer que las señales regulatorias se clasifican en: Serie de prioridad de paso (R1), Serie de movimiento y dirección (R2), Serie de restricción de circulación (R3), Serie de límites máximos (R4), Serie de estacionamientos (R5), Serie de placas complementarias (R6) y Serie de miscelánea (R7)⁴¹.

En general, las señales regulatorias son rectangulares (con el eje mayor vertical), tienen orla y leyenda (o símbolos) negros sobre fondo blanco. Generalmente se acompañan de símbolos y flechas para facilitar su identificación. Sus dimensiones se fijan en relación a la velocidad de circulación. Las medidas más pequeñas en sitios donde el 85% de los vehículos no supera los 50km/h y una dimensión mayor en caso contrario⁴¹.

Las más importantes, utilizadas en la presente propuesta son las señales de PARE, CEDA EL PASO, UNA VÍA, DOBLE VÍA, NO VIRAR EN U, señales de velocidad máxima permitida, señal de prohibición de estacionamiento, señal de parada de bus.

Tabla 3.5 Principales señales informativas utilizadas y sus características

SEÑAL REGULATORIA	IMAGEN EJEMPLO	LEYENDA Y COLOR	CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)	DIMENSIONES LETRAS
PARE		Leyenda y borde retroreflectivo blanco sobre fondo retroreflectivo rojo	R1-1A R1-1B R1-1C	600X600 750X750 900X900	200 mm 240 mm 280 mm
CEDA EL PASO		Leyenda negra, borde rojo retroreflectivo sobre fondo retroreflectivo blanco	R1-2A R1-2B R1-2C	750 900 1200	120 mm 140 mm 160 mm
UNA VÍA		Flecha y borde blanco retroreflectivo. Leyenda y fondo negros	R2-1A (I o D) R2-1B (I o D)	900x300 1350x450	100 cm 140 cm
DOBLE VÍA		Flecha y borde blanco retroreflectivo. Leyenda y fondo negros	R2-2A R2-2B	900x300 1350x450	100 cm 140 cm
NO GIRAR EN U		Símbolo y orla negros. Círculo rojo retroreflectivo. Fondo blanco retroreflectivo	R2-8A R2-8B R2-8C	600X600 750X750 900X900	-
VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		Símbolo y orla negros. Círculo rojo retroreflectivo. Fondo blanco retroreflectivo	R4-1A R4-1B R4-1C	600X600 750X750 900X900	-
NO ESTACIONAR		Símbolo y orla negros. Círculo rojo retroreflectivo. Fondo blanco retroreflectivo	R5-1aA R5-1bB R5-1cC	600X600 750X750 900X900	-
PARADA DE BUS		Fondo azul retroreflectivo. Símbolo color azul	R5-6	450X600	-

Fuente: Reglamento RTE INEN 004-1, Elaboración: El autor-2015

Señales preventivas:

Las señales preventivas indican la necesidad de que se reduzca la velocidad de circulación o en alguna otra maniobra y se tomen precauciones por peligros próximos. El reglamento RTE INEN 004-1, destaca *“El uso apropiado de las señales preventivas ayuda a mejorar de gran manera a la seguridad vial. Sin embargo, para que sean muy efectivas, su uso debe ser necesario; caso contrario, el uso frecuente para prevenir condiciones que son fácilmente aparentes, tienden a minimizar la efectividad de las mismas”*⁴¹.




Las señales preventivas se clasifican en: serie de señales de alineamiento, serie de intersecciones y empalmes, serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito, serie de anchos, alturas largos y pesos, serie de asignación de carriles, serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía, serie peatonal, serie complementaria⁴¹.

Todas las señales preventivas utilizan la forma de rombo, a excepción de las de serie complementaria y otras específicas, además incluyen un símbolo y/o leyenda de color negro y orla negra sobre un fondo amarillo. Su dimensión está dada por la velocidad máxima de circulación: Menos de 60km/h, dimensión de 600x600 mm; entre 70 y 80 km/h dimensión de 750x750 mm y velocidad de más de 90km/h usarán una dimensión de 900x900 mm⁴¹.

En áreas urbanas, las señales preventivas deben colocarse a no menos de 50 m ni más de 100m delante del sitio de riesgo⁴¹.

A continuación se detallan las señales preventivas utilizadas en el tramo de estudio las cuales se encuentran especificadas en el Reglamento INEN 004-1.

Tabla 3.6 Principales señales preventivas utilizadas y sus características

SEÑAL PREVENTIVA	IMAGEN EJEMPLO	LEYENDA Y COLOR	CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)
CRUCE DE VÍAS		Símbolo negro y orla negra sobre fondo amarillo retroreflectivo	P2-1A P2-1B P2-1C	600X600 750X750 900X900
APROXIMACIÓN A SEMÁFORO		Símbolo de color respectivo, orla negra sobre fondo amarillo retroreflectivo	P3-4A P3-4B P3-4C	600X600 750X750 900X900
ZONA ESCOLAR		orla negra, símbolo de color respectivo sobre fondo amarillo retroreflectivo	P3-4B P3-4B P3-4C	600X600 750X750 900X900

Fuente: Reglamento RTE INEN 004-1, Elaboración: El autor-2015

Señales informativas:

Estas señales se colocan para informar y guiar a los usuarios sobre los destinos próximos, la distancia a la que se encuentran, sitios de interés turístico y de servicio (Ejm:

gasolinera). Las señales informativas se clasifican en los siguientes grupos: señales de información guía, señales de información de servicios y señales de información misceláneas⁴¹.

En el caso del tramo de estudio, se propone utilizar señalización de información guía, como nombres de avenidas y calles, ya que es lo más apropiado debido a que solo se está trabajando con una sección de la Avenida Las Palmeras.

En cuanto a su forma y color, estas generalmente utilizan rectángulos y los colores consisten en un fondo verde retroreflectivo con leyenda y orla blancas retroreflectivas. En áreas urbanas con velocidad menor o igual a 50 km/h, las letras deben ser mayúsculas de mínimo 100 mm serie D y con velocidad superior a 50 km/h, las letras deben ser mayúsculas de mínimo 130mm serie D⁴¹.

Estas señales pueden ser de dos tipos: Aquellas localizadas en edificaciones cercanas que indican nombre de calle o avenida donde se está circulando, y aquellas que además indican el sentido de circulación y se colocan en postes o parantes⁴¹.

Para su instalación se deben respetar las normas NTE INEN 2 243, 2 246 y 2 314, en cada intersección para orientar a conductores y peatones. La altura de los números utilizados para la numeración de las casas no deben ser menores a 60 mm de la serie C⁴¹. Esta y otra información más detallada, relacionada a las características que deben cumplir las señales verticales, constan en el Reglamento RTE INEN 004-1⁴⁰, al cual se hace referencia en la bibliografía del presente trabajo.

3.2.3 UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

El tramo se encuentra situado en la ciudad de Machala, capital de la Provincia de el Oro y más conocida a nivel mundial como la Capital Bananera de Mundo. Dicho tramo tiene una longitud total de 1.063 Km y divide a las parroquias urbanas Jambelí y Nueve de Mayo, ubicadas al Noroeste y Suroeste de la ciudad respectivamente, para una mejor apreciación de lo mencionado se presenta el siguiente gráfico:



Gráfico 3.3 Ubicación Sectorial y física del tramo de estudio
(Fuente: Ilustre Municipalidad de Machala – 2015)

A continuación se presentan las coordenadas rectangulares del tramo de estudio:

Inicio:

Norte:	9639559.64
Este:	614852.47

Fin:

Norte:	9638731.17
Este:	614138.87

El sector de estudio se localiza a una altitud de 1.50 msnm y se caracteriza por tener un terreno con relieve plano a lo largo de todo el tramo de vía.

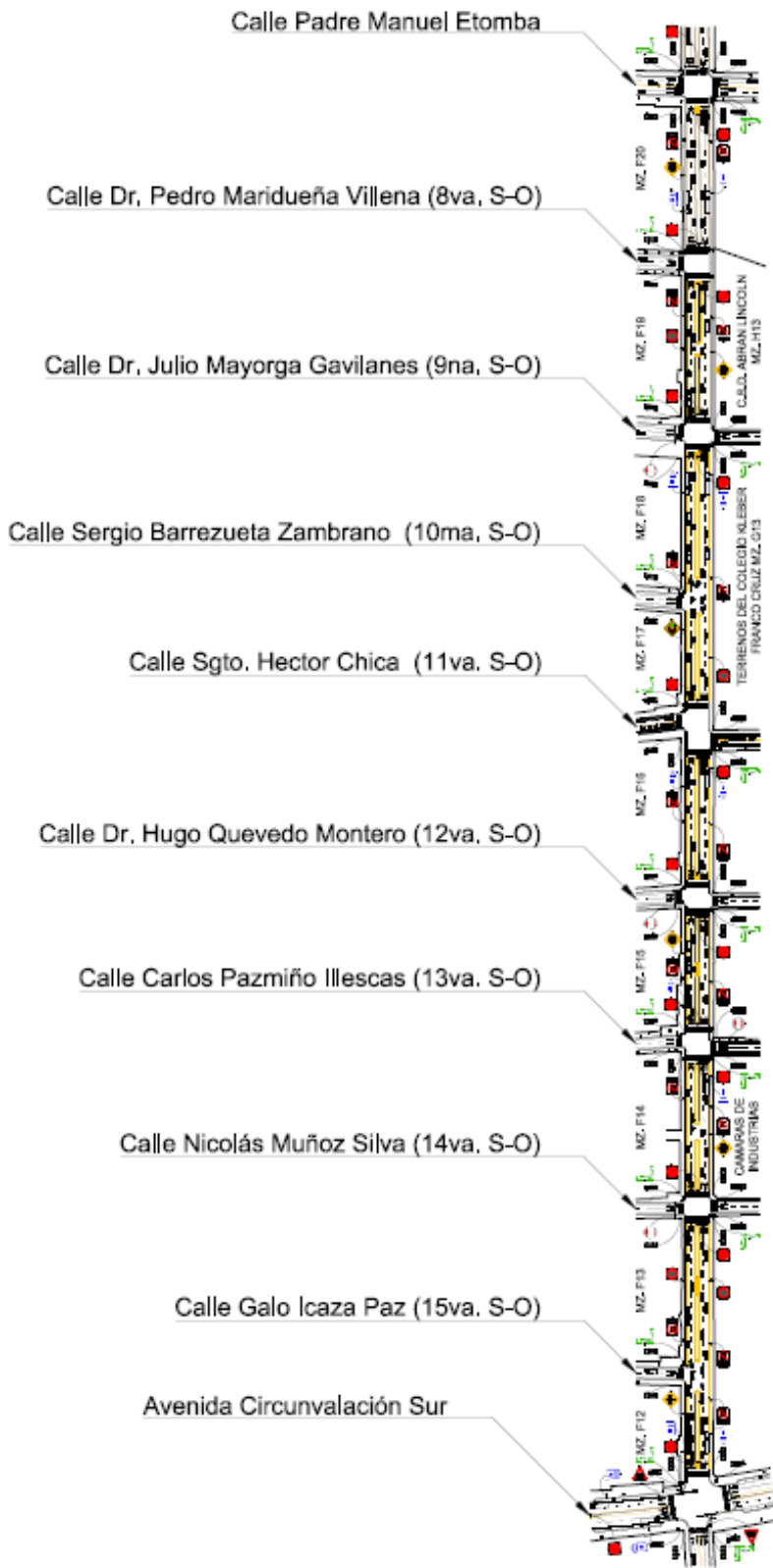
3.2.4 IMPACTO Y BENEFICIARIOS

El estudio de volumen de tránsito, efectuado mediante el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) revelaron que 9858 vehículos hacen uso diariamente del tramo de vía analizado. Por lo tanto, en promedio este será el número de conductores de vehículos beneficiados con la presente propuesta. Sin embargo, una mayor seguridad para conductores de vehículos, implica una importante reducción en el riesgo de que se presenten accidentes de tránsito y se traduce a su vez en una mayor seguridad para peatones y conductores de vehículos no motorizados, así como personas con discapacidad, todos ellos residentes y no residentes.

La apertura de los proyectos de recreación que tiene la ciudad en las cercanías del tramo de estudio, generará una gran afluencia de visitantes que harán uso de la Avenida Las Palmeras en general, y del tramo de estudio en particular. Por lo tanto, todo usuario que haga uso de los servicios de infraestructura vial del tramo analizado, resultará beneficiado con un sistema de señalización integral, completo y adecuado, que al ser respetado y correctamente utilizado, garantizará la mitigación de accidentes de tránsito y generará la seguridad y confort necesarios cuando se trasladen hacia su destino.

3.2.5 PLANOS DE DISEÑO DEFINITIVOS

Con base en la normativa vigente, misma que fue explicada brevemente en la sección 3.2.4, se procedió a realizar los planos finales correspondientes al diseño del plan de señalización integral (horizontal y vertical) del tramo de estudio. Para el efecto se empleó el software AutoCAD. Es importante destacar que cada una de las líneas demarcadas, así como las señales verticales incluidas, fueron diseñadas considerando las dimensiones que se establecen en el Reglamento RTE INEN 004 antes mencionado. A continuación se incluye el resultado del diseño propuesto:



SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL
VISTA EN PLANTA (TRAMO DE ESTUDIO)
 ESCALA 1:500



MACHALA
Ecuador

EL ORO

UBICACIÓN:
 TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE LA AVENIDA
 CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

CLAVE CATASTRAL: URBANIZAMIENTO PLAMINSTRUCO
 BAO DE MACHALA

LÁMINA: P01
 ESCALA: INDICADAS

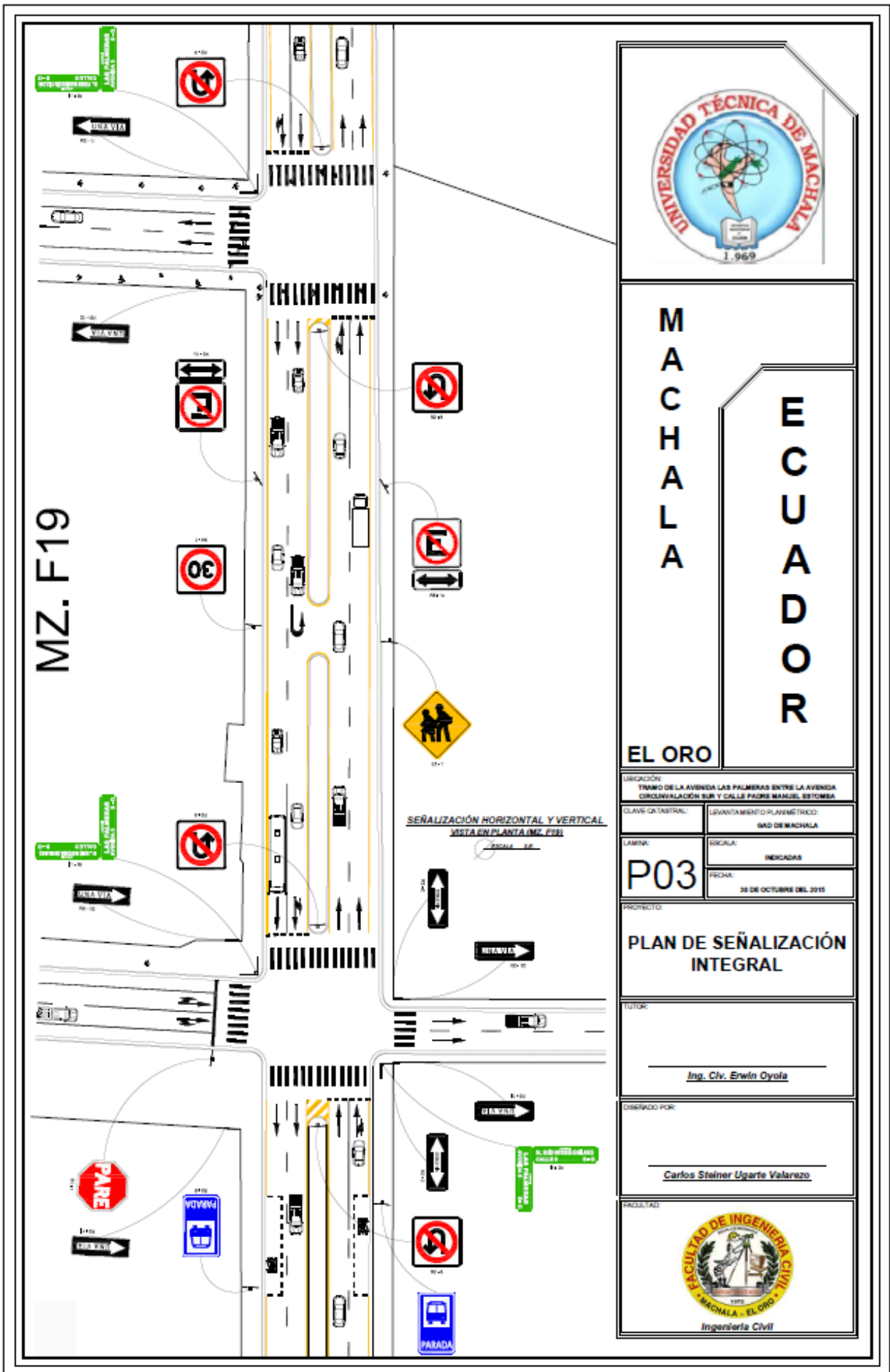
FECHA: 28 DE OCTUBRE DEL 2015

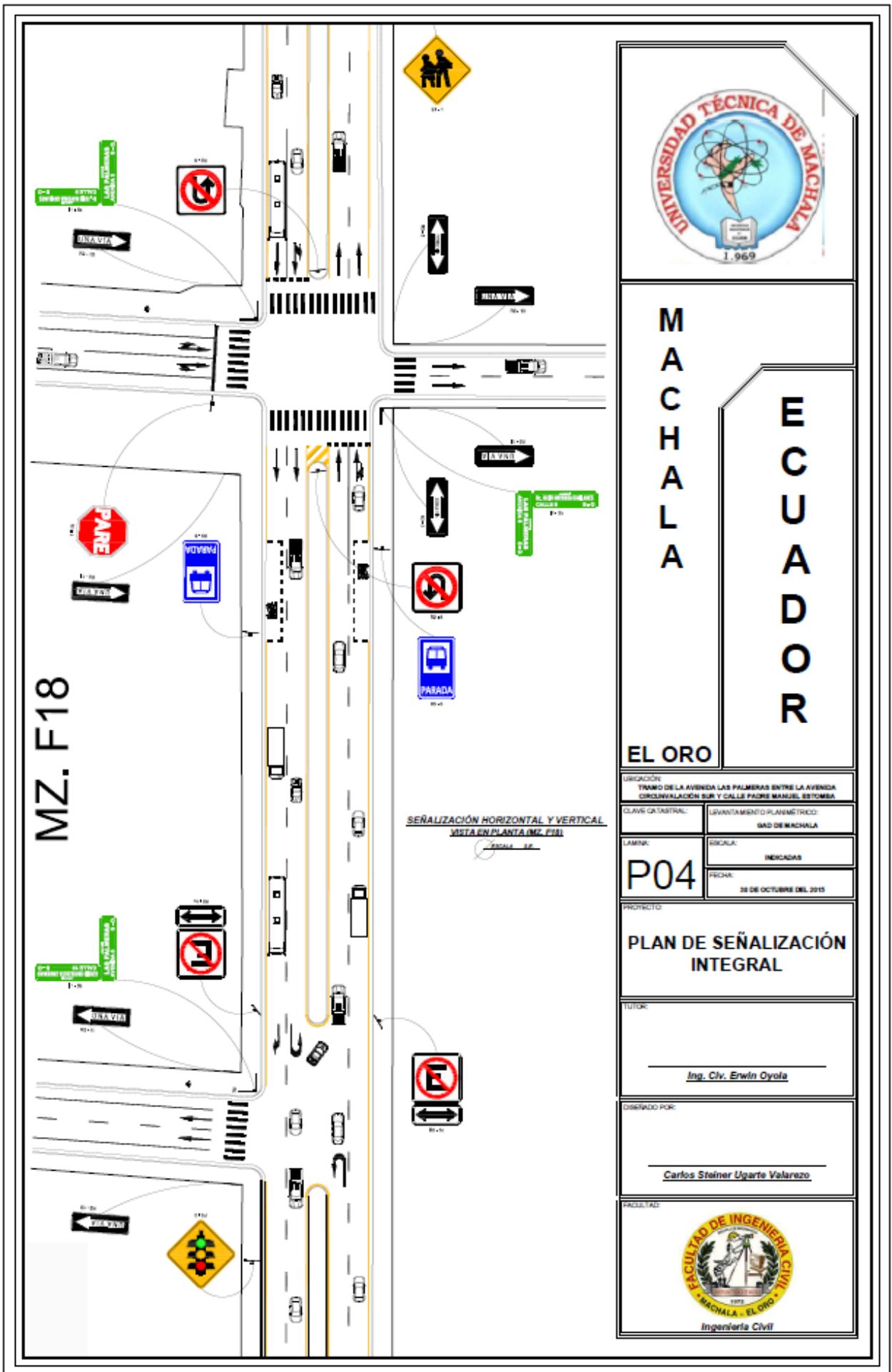
PROYECTO:
PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL

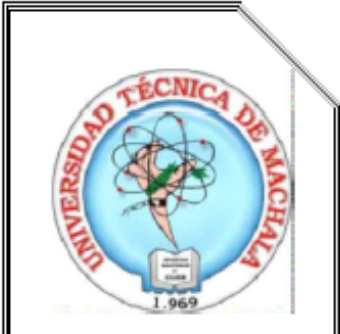
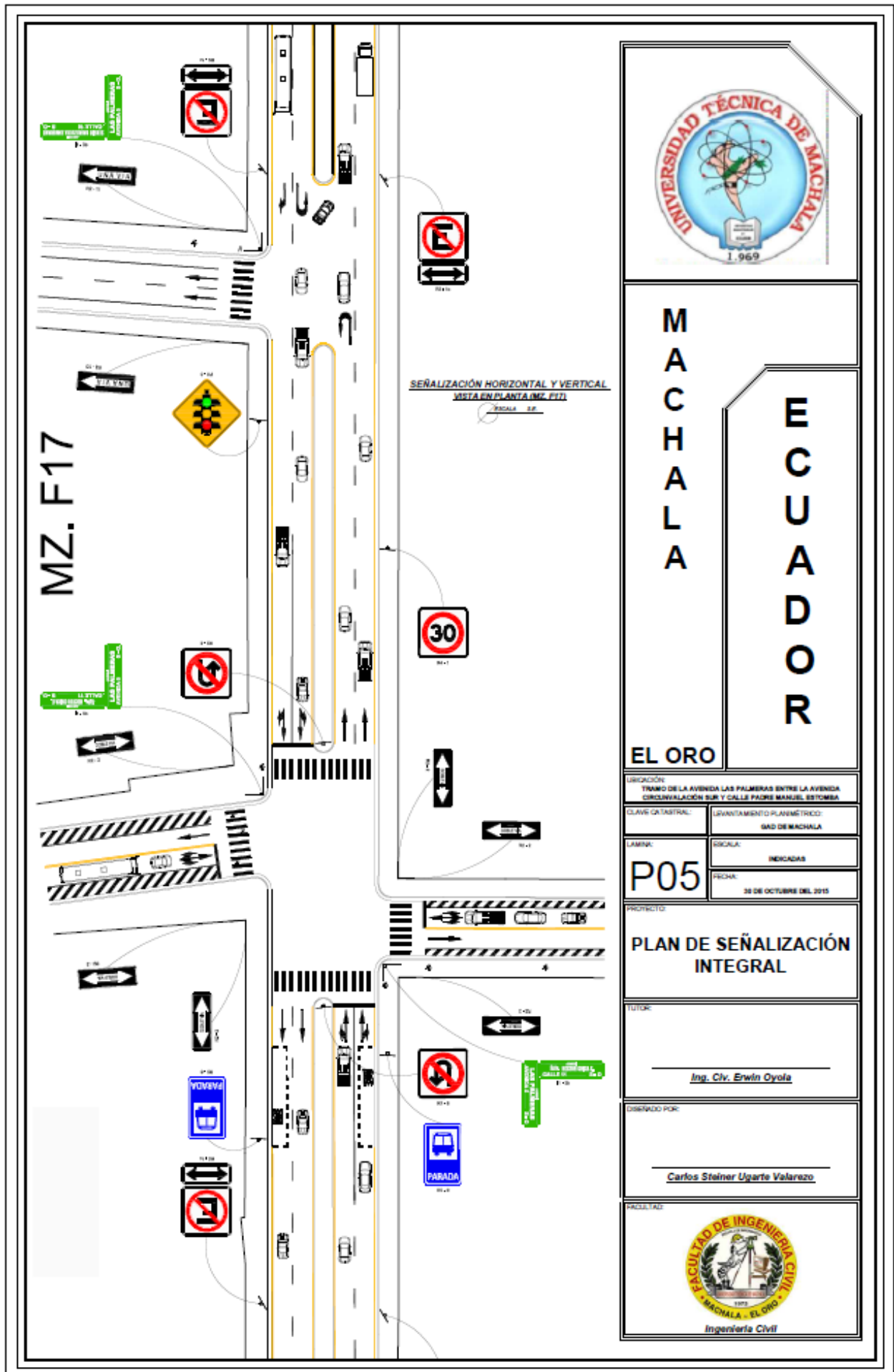
TUTOR:
 Ing. Civ. Erwin Oyola

DISEÑADO POR:
 Carlos Steiner Ugarte Valarezo









M
A
C
H
A
L
A

E
C
U
A
D
O
R

EL ORO

UBICACIÓN:
TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

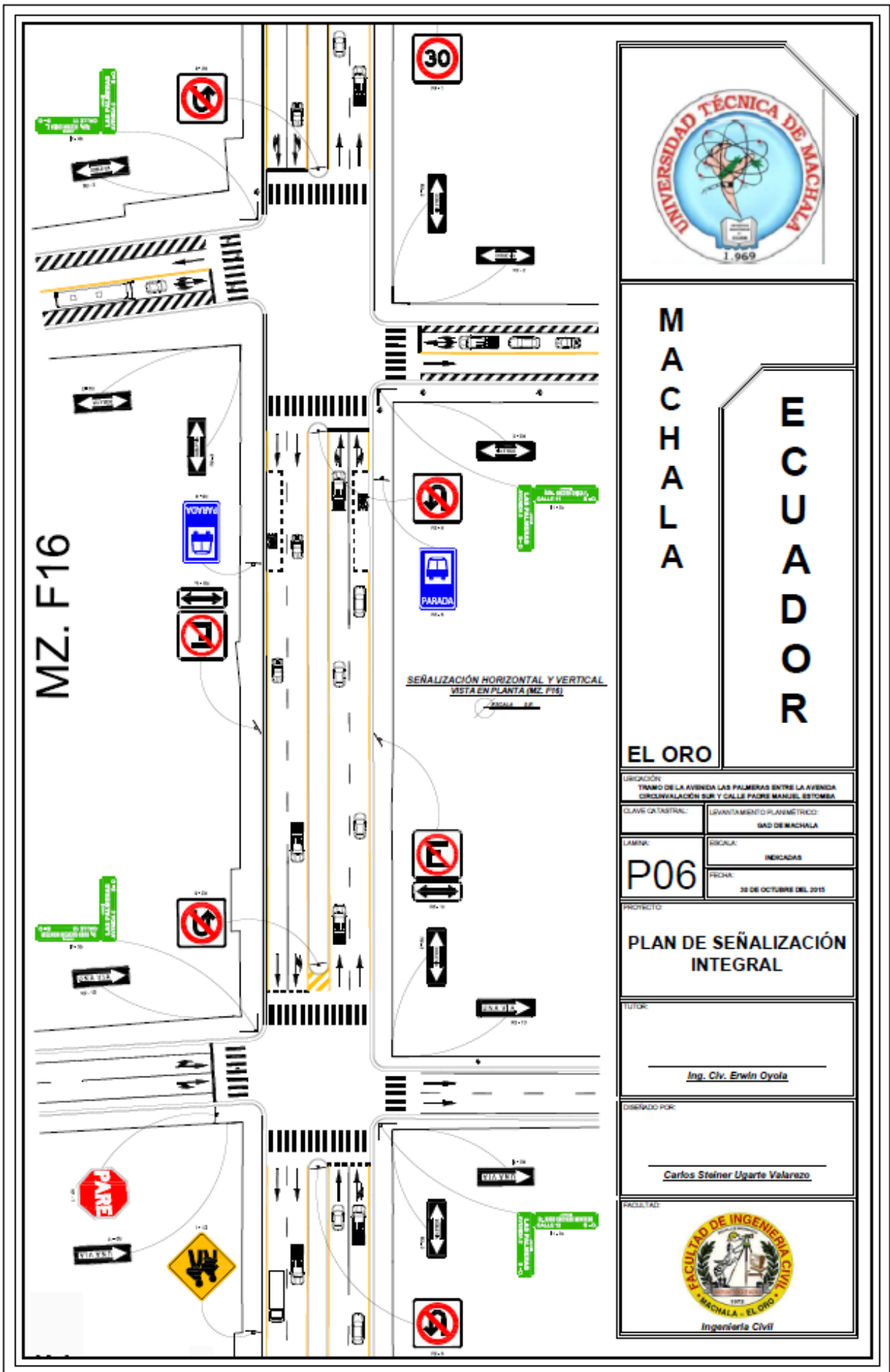
CLAVE CATASTRAL:	LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO:
	CAD DE MACHALA
LÁMINA:	ESCALA:
P05	INDICADAS
	FECHA:
	28 DE OCTUBRE DEL 2015

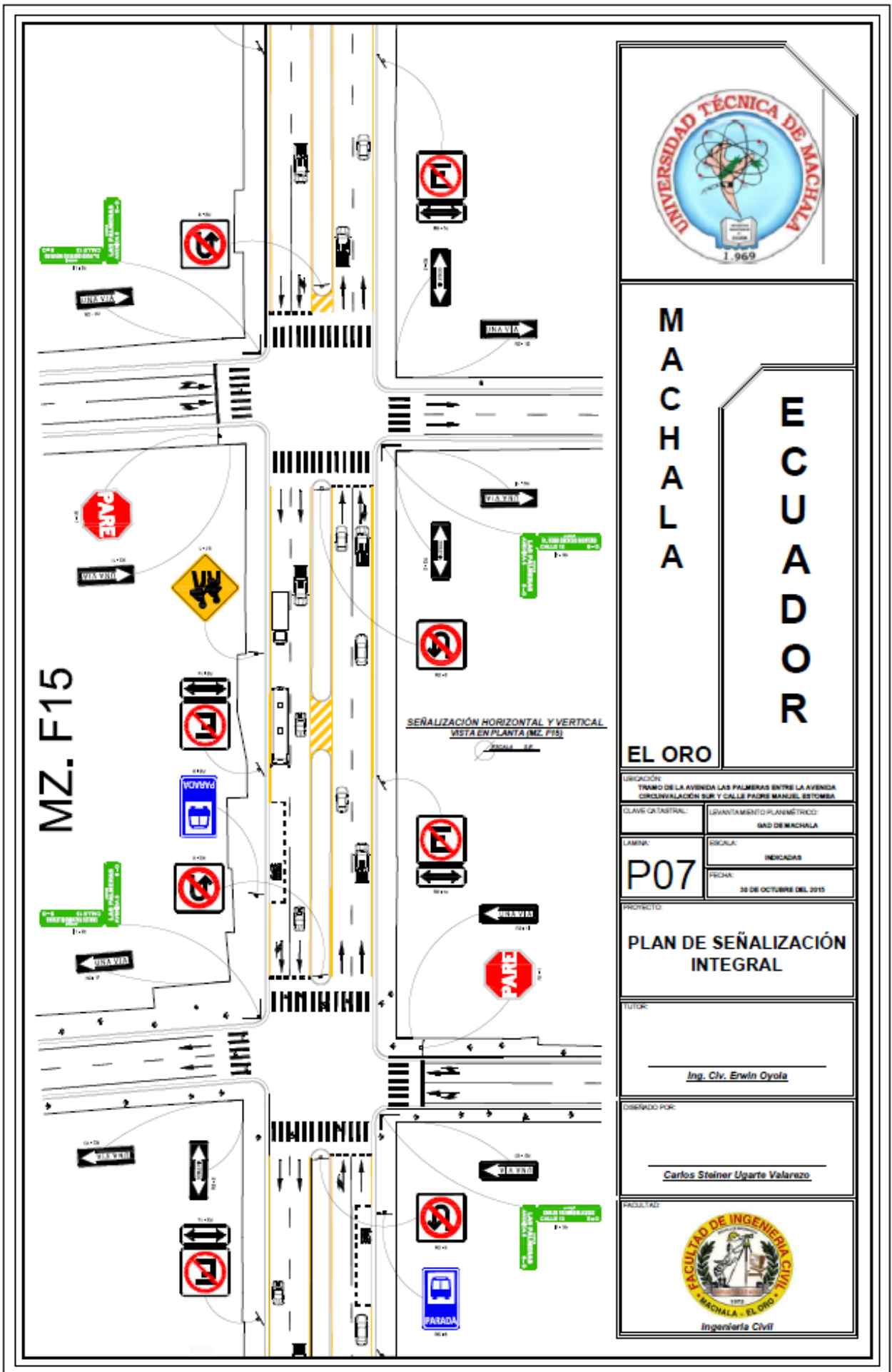
PROYECTO:
PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL

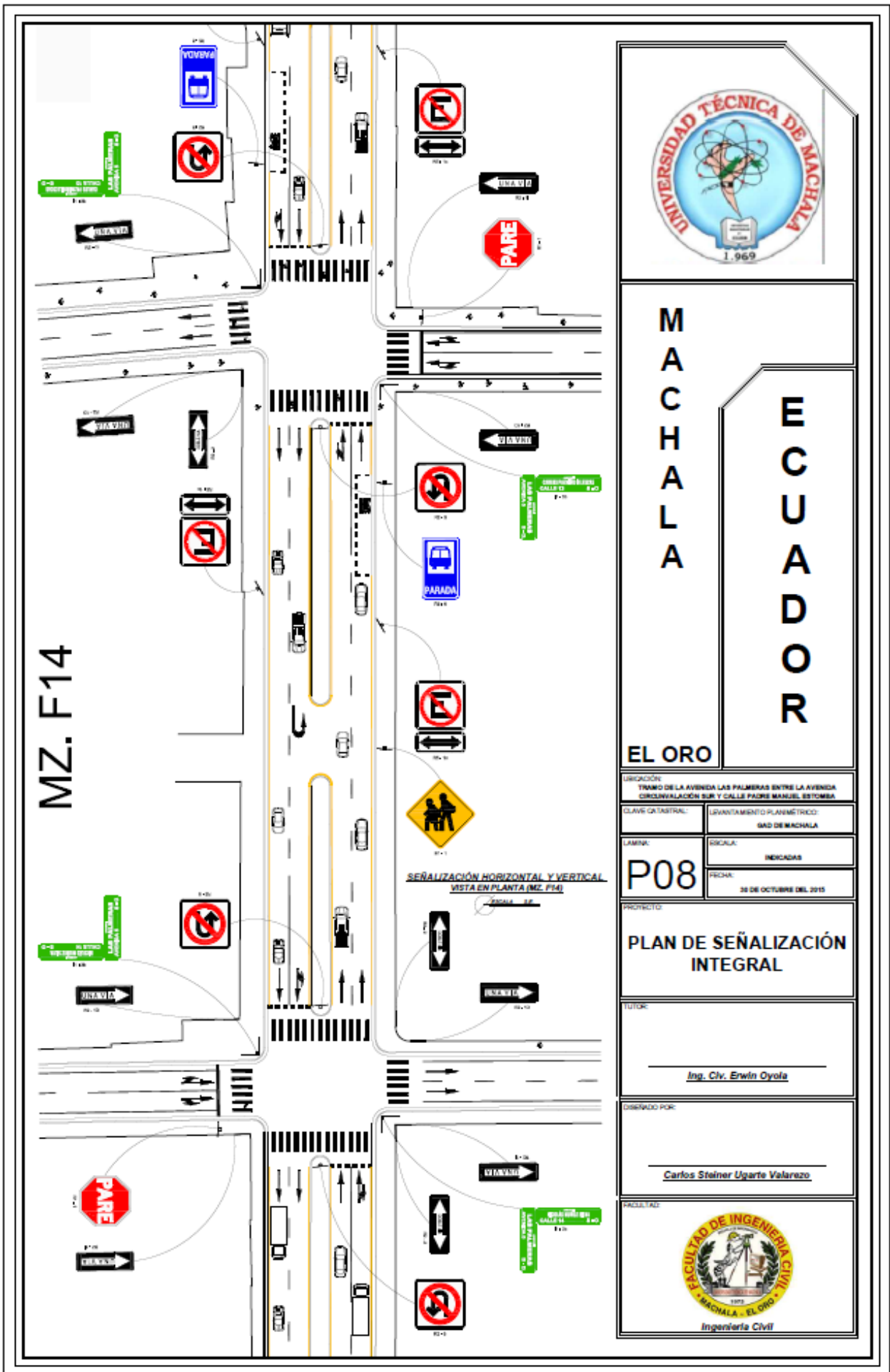
TUTOR:
Ing. Civ. Erwin Oyola

ELABORADO POR:
Carlos Steiner Ugarte Valarezo









MACHALA

Ecuador

EL ORO

UBICACIÓN:
TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

CLAVE CATASTRAL: LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO:
SAD DE MACHALA

LÁMINA: ESCALA:
P08 MEDIDAS

FECHA:
28 DE OCTUBRE DEL 2015

PROYECTO:

PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL

TUTOR:

Ing. Civ. Erwin Oyola

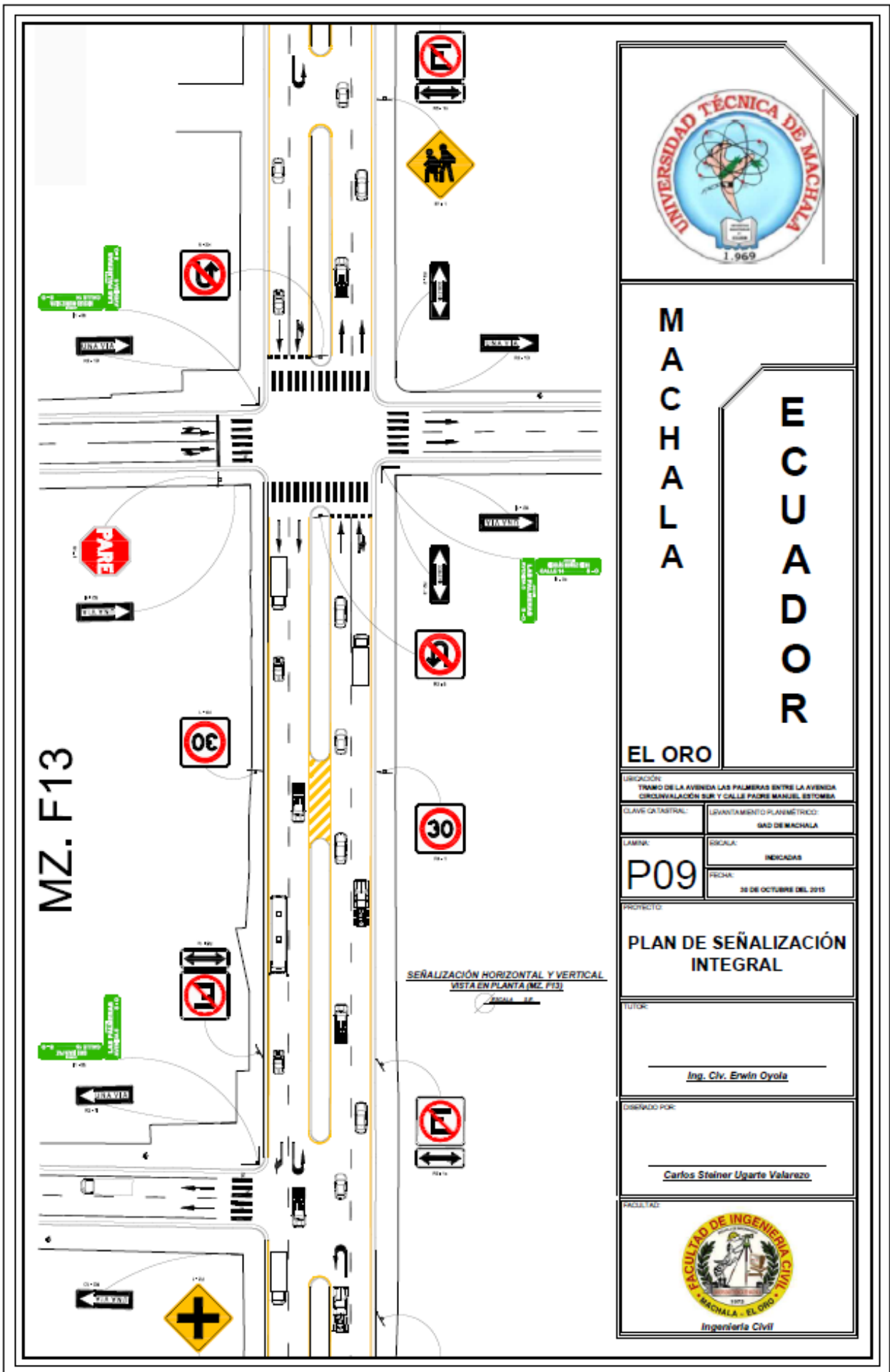
DISEÑADO POR:

Carlos Steiner Ugarte Valarezo

AFILIADO:



Ingeniería Civil



MACHALA

Ecuador

EL ORO

UBICACIÓN:
TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

CLAVE CATASTRAL:	UBICAMIENTO PLANIMETRICO:
	BAD DE MACHALA

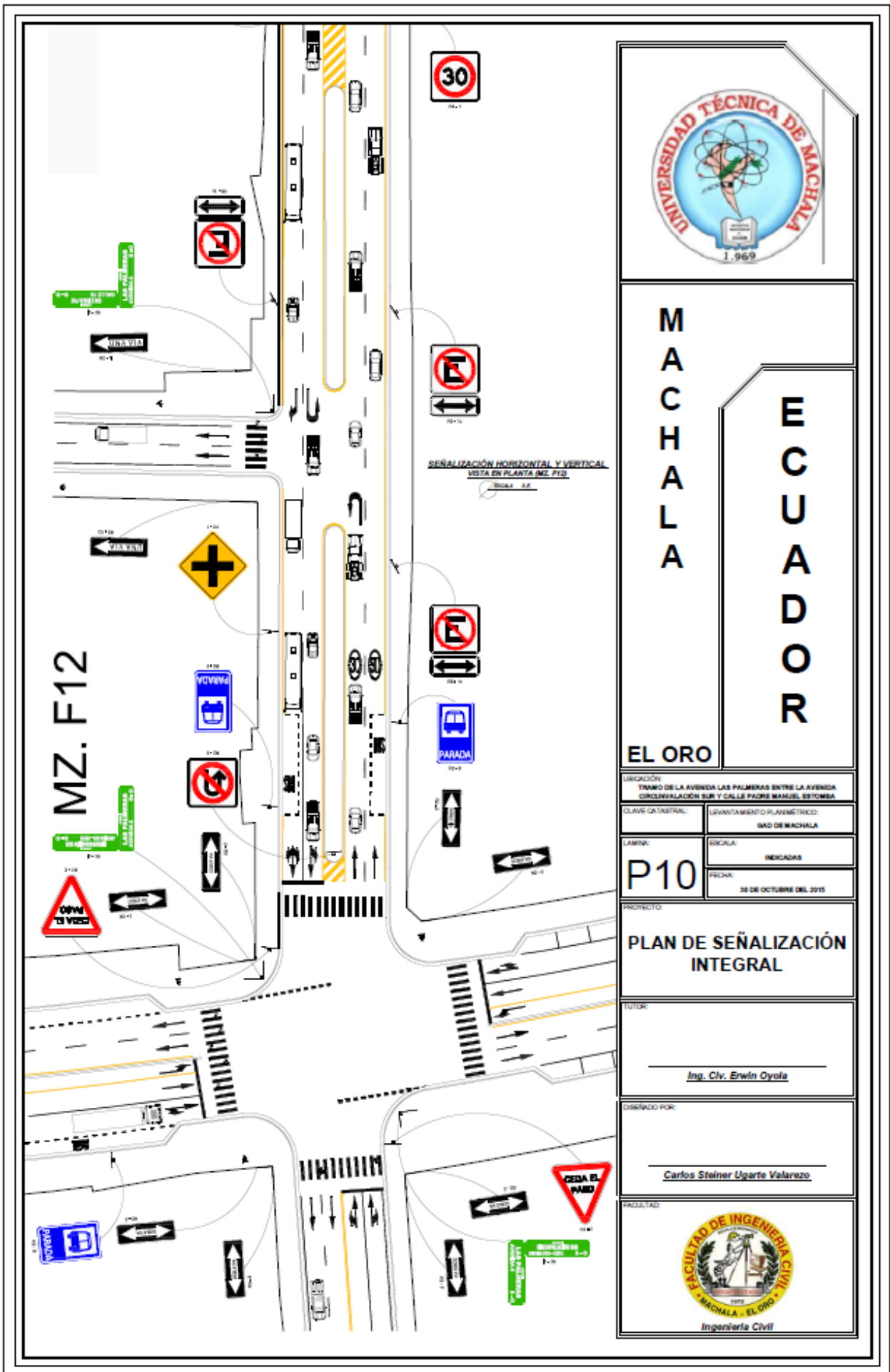
LÁMINA:	ESCALA:
P09	INDICADAS
	FECHA:
	30 DE OCTUBRE DEL 2015

PROYECTO:
PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL

TUTOR:
Ing. Civ. Erwin Oyola

DISEÑADO POR:
Carlos Steiner Ugarte Valarezo





MACHALA

Ecuador

EL ORO

UBICACIÓN:
TRAMO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS ENTRE LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN SUR Y CALLE PADRE MANUEL ESTOMBA

CLAVE CATASTRAL: LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO:
BAG DE MACHALA

LÁMINA: ESCALA:
P10 MEDICADAS

FECHA:
30 DE OCTUBRE DEL 2015

PROYECTO:
PLAN DE SEÑALIZACIÓN INTEGRAL

TUTOR:
Ing. Civ. Erwin Oyola

DISEÑADO POR:
Carlos Steiner Ugarte Valarezo



Ingeniería Civil

3.2.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.2.6.1 Pintura alto tránsito (señalización horizontal)

Descripción: La pintura alto tránsito para señalización de líneas transversales (Pare, ceda el paso, cruce cebra), longitudinales (continuas, segmentadas, de separación de carriles), diagonales (simulación de parterre, achurados en bermas), flechas direccionales, así como los respectivos símbolos y leyendas de la calzada, al encontrarse completamente expuesta a la intemperie y agentes químicos, deberá ser capaz de resistir la acción constante de la luz solar, conservar su elasticidad a fin de evitar agrietamientos con las variaciones de la temperatura en las diferentes estaciones del año, estar elaborada con pigmento de primera calidad y ser fácil de aplicar. Previo a su aplicación la superficie de la calzada deberá libre de aceite, grasa, polvo y cualquier otra sustancia extraña.

Unidad: Metro cuadrado (m²), lineal (m²).

Equipo mínimo: Herramienta manual.

Mano de obra mínima calificada: Categoría II (Estructura Ocupacional E2), Categoría III (Estructura Ocupacional D2), Categoría IV (Estructura Ocupacional C2).

Materiales mínimos: Pintura para alto tránsito.

Medición y pago: La medición y pago de la pintura de alto tránsito se realizara por metro cuadrado para el caso de líneas transversales, diagonales, flechas direccionales, símbolos y leyendas, y por metro lineal para el caso de líneas longitudinales. Para realizar el pago de deberá verificar tanto en los planos como en obra las áreas y distancias realmente ejecutadas.

3.2.6.2 Señalización cruce cebra (pintura alto tránsito)

Descripción: Este tipo de señalización se utiliza para marcar áreas donde el peatón tiene derecho de paso, lo cual debe ser respetado por los conductores sin excepción.

Especificaciones: En cumplimiento con el reglamento RTE INEN 004, las líneas serán de 3 m por 450 mm de ancho y separación de 750 mm, para su ejecución se utilizará pintura para alto tránsito con herramienta manual y máquina franjadora.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por metro cuadrado (m²) según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.3 Señalización línea de pare (pintura alto tránsito)

Descripción: Este tipo de señalización se utiliza para marcar una línea continua en la calzada, la cual debe ser respetada por los vehículos y detenerse ante ella.

Especificaciones: En cumplimiento con el reglamento RTE INEN 004, las líneas serán continuas con un ancho de 400 mm, para su ejecución se utilizará pintura para alto tránsito con herramienta manual y máquina franjadora.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por metro cuadrado (m²) según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.4 Señalización línea de ceda el paso (pintura alto tránsito)

Descripción: Este tipo de señalización se utiliza para marcar una línea segmentada en la calzada, la cual le indica al vehículo la posición ante la cual debe detenerse en caso de ser necesario.

Especificaciones: En cumplimiento con el reglamento RTE INEN 004, las líneas serán de 400 mm por 600 mm de ancho y separación de 600 mm, para su ejecución se utilizará pintura para alto tránsito con herramienta manual y máquina franjadora.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por metro cuadrado (m²) según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.5 Señalización líneas diagonales (pintura alto tránsito)

Descripción: Este tipo de señalización se utiliza para complementar áreas que tienen el fin de indicar un tipo de restricción tanto a vehículos como peatones.

Especificaciones: En cumplimiento con el reglamento RTE INEN 004, las líneas tendrán un ancho de 600 mm con separación de 1.20 m y un ángulo de inclinación de 45°, para su ejecución se utilizará pintura para alto tránsito con herramienta manual y máquina franjadora.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por metro cuadrado (m²) según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.6 Señalización longitudinal (pintura alto tránsito)

Descripción: Nos referimos a líneas continuas o segmentadas cuya finalidad es delimitar carriles y calzadas.

Especificaciones: En cumplimiento con el reglamento RTE INEN 004, ambas líneas tendrán un ancho de 100 mm, en el caso de las segmentadas se pintarán 3 m y se dejarán 5 m, para su ejecución se utilizará pintura para alto tránsito con herramienta

manual y máquina franjadora. El personal que se empleará son los de las categorías 1 y 2. El fiscalizador estará encargado de supervisar los trabajos.

Unidad: Metro lineal (ml).

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por metro lineal (ml) según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.7 Señalización fechas, símbolos y leyendas (pintura alto tránsito)

Descripción: Marcas viales colocadas en el pavimento cuyo fin es el de informar al conductor las regulaciones y acciones permitidas dentro de un sistema vial.

Especificaciones: Sus medidas dependen de la velocidad máxima permitida en el tramo de vía donde sean demarcadas. Dichas dimensiones deben ajustarse a lo estipulado en el reglamento RTE INEN 004.

Unidad: Unidad "U".

Medición y forma de pago: El pago se lo realizará por unidad ejecutada según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.8 Señalización vertical (tubo cuadrado hg 2" - letrero metálico forma de pentágono, triángulo, rectangular, rombo – lámina micro prismática)

Descripción: Elaboración e instalación de letreros metálicos con señalización vertical conforme a los planos del plan de señalización integral. Estos dispositivos de control, no deben ir acompañados de mensajes con publicidad. El diseño de las señales verticales, los mensajes, colores y sus dimensiones, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en el reglamento RTE INEN 004.

Las señales verticales serán instaladas al lado derecho de la vía a 300 mm mínimo desde el filo del bordillo y a una mínima de 2 m desde la superficie de la acera hasta el borde inferior de la señal, para su ubicación los postes de hierro estructural deberán diseñarse con un anclaje en la parte inferior de hierro corrugado de \varnothing 12 mm, soldado en forma de cruz a doble nivel de 30 cm de ancho y estarán empotrados en hormigón de $f'c=180\text{Kg/cm}^2$ dentro de un hueco de 400 mm de largo por 400 mm de ancho y por 400 mm de alto tal y como se muestra en la sección 3.2.2 del presente capítulo. El material reflectivo consistirá de una lámina micro prismática de gran reflectividad.

Unidad: Unidad "U".

Equipo mínimo: Herramienta manual.

Mano de obra mínima calificada: Categ. I (Estructura Ocupacional E2), Categ. III (Estructura Ocupacional D2), Categ. IV (Estructura Ocupacional C2).

Materiales mínimos: Poste cuadrado de 2" de HG, e= 2 mm. Panel de aluminio de 2 mm, de espesor (pentagonal, triangular, rectangular, rombo), lámina micro prismática de gran reflectividad, perno cabeza de coco galvanizado 1/2", pintura elastomérica, Fondo Cromato, mojón de hormigón simple 0.4 x 0.4 x 0.4 m.

Medición y pago: El pago se lo realizará por unidad ejecutada según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.2.6.9 Señalización vertical (forma rectangular – esquinas)

Descripción: Elaboración e instalación de letreros metálicos con señalización vertical que regula e indica los sentidos de vía. Los mismos que estarán colocados en las esquinas de cada cuadra a nivel de la línea de fábrica. El diseño de las señales verticales, los mensajes, colores y sus dimensiones, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en el reglamento RTE INEN 004.

Este rubro comprende el suministro e instalación de letreros de señalización de calles, los mismos que estarán colocados en las esquinas de cada cuadra a nivel de la línea de fábrica.

Unidad: Unidad "U"

Equipo mínimo: Herramienta manual.

Medición y pago: El pago se lo realizará por unidad ejecutada según las cantidades dadas por la fiscalización y según los análisis de precios de la Institución.

3.4 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 3.7 Presupuesto referencial

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Obras preliminares				
1	Remoción de señales de tránsito y postes guías	U	38	43.63	1657.94
	Señalización Horizontal				
2	Líneas longitudinales de color amarillo para alto tráfico (ancho de línea 100 mm)	ml	3511	5.15	18080.21
3	Líneas longitudinales y segmentadas de color blanco para alto tráfico (ancho de líneas 100 mm, segmento 3 m P – 5 m SP)	ml	3541	5.15	18237.33
4	Líneas diagonales paralelas interiores de color amarillo – simulación de parterre (ancho de línea 600 mm, separación 1.20 m, ángulo de 45°)	m2	130	35.87	4678.17
5	Líneas transversales de color blanco - paso cebra (ancho de línea 450 mm, separación 750 mm)	m2	1268	35.87	45475.99
6	Líneas transversales de color blanco – indicación de Pare (ancho de línea 400 mm)	m2	46	35.87	1643.56
7	Líneas transversales de color blanco – indicación de ceda el paso (ancho de línea 600 mm, separación 600 mm)	m2	36	35.87	1308.18
8	Flechas direccionales y leyendas (Dimensiones especificadas en el RTE INEN 004)	U	130	67.43	8765.90
	Señalización vertical				
9	R1 – 1 Pare (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma de pentágono, con lamina micro prismática)	U	4	155.60	622.40
10	R1 – 2 Ceda el paso (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma de triángulo y bordes redondeados, con lamina micro prismática)	U	2	155.60	311.20
11	Una vía (R2 – 1I izquierda, R2 – 1D derecha) y doble vía R2 - 2 (Forma rectangular colocadas en esquinas)	U	51	67.69	3452.19
12	R2 – 8 No virar en U (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma rectangular, con lamina micro prismática)	U	15	155.60	2334.00
13	R4 – 1 límite máximo de velocidad (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma rectangular, con lamina micro prismática)	U	4	155.60	622.40
14	R5 – 1c No estacionar (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma rectangular, con lamina micro prismática)	U	15	155.60	2334.00
15	R5 – 6 Parada de bus (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma rectangular, con lamina micro prismática)	U	10	155.60	1556.00
16	P2 – 1 Cruce de vías (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma de rombo, con lamina micro prismática)	U	1	155.60	155.60
17	P3 – 4 Aproximación a semáforo (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma de rombo, con lamina micro prismática)	U	1	155.60	155.60
18	E1 - 1 Zona escolar (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma de rombo, con lamina micro prismática)	U	4	155.60	622.40
19	I1 – 3b Nombre a avenidas y calles (señalización en carretera con tubo cuadrado HG 2" pintado, letrero con forma rectangular)	U	17	140.33	2385.61
Son: Ciento catorce mil trescientos noventa y ocho dólares americanos con sesenta y ocho centavos				Total	114398.68

3.5 PROGRAMACIÓN DE OBRAS

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pred
1	Plan de señalización Integral	14 días	vie 30/10/15	mié 18/11/15	
2	Inicio	0 días	vie 30/10/15	vie 30/10/15	
3	Remoción de señalización vertical	2 días	vie 30/10/15	mié 04/11/15	2
4	Colocación de señalización vertical	5 días	mié 04/11/15	mar 10/11/15	3
5	Señalización horizontal	14 días	vie 30/10/15	mié 18/11/15	
6	Pintado de líneas transversales	5 días	vie 30/10/15	vie 06/11/15	
7	Pintado de líneas diagonales	1 día	lun 09/11/15	lun 09/11/15	6
8	Pintado de líneas longitudinales	3 días	lun 09/11/15	mié 11/11/15	6
9	Pintado de flechas direccionales y leyendas	6 días	mié 11/11/15	mié 18/11/15	8
10	Fin	0 días	mié 18/11/15	mié 18/11/15	9

<p>Tarea</p> <p>División</p> <p>Hito</p> <p>Resumen</p> <p>Resumen del proyecto</p> <p>Tarea inactiva</p> <p>Hito inactivo</p>	<p>Resumen inactivo</p> <p>Tarea manual</p> <p>solo duración</p> <p>Informe de resumen manual</p> <p>Resumen manual</p> <p>solo el comienzo</p> <p>solo fin</p>	<p>Tareas externas</p> <p>Hito externo</p> <p>Fecha limite</p> <p>Progreso</p> <p>Progreso manual</p>
--	---	---

Proyecto: Plan de señalización
 Fecha: mar 27/10/15

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La investigación bibliográfica realizada en el presente trabajo, permitió determinar nueve estudios de ingeniería que deben efectuarse como mínimo previo a cualquier proyecto de diseño, construcción o mejoramiento de infraestructura vial. Los nueve estudios mencionados son: Estudio de accidentalidad, origen y destino, estudio topográfico, volumen de tránsito así como de su variación, estudio de velocidad, de la capa de rodadura, de señalización horizontal y vertical; y, estudio de semaforización. Estos estudios, se consideran la base para cualquier análisis que pretenda evaluar las condiciones actuales que presenta una vía, y el nivel de seguridad que ofrece a sus usuarios. Para su ejecución existen múltiples opciones y criterios asociados a los recursos disponibles del investigador. Así por ejemplo, para el cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo analizado, se realizó un conteo manual de tránsito debido al costo de efectuar un conteo automático. Adicionalmente, se realizó un estudio superficial de capa de rodadura que no precisa análisis de muestras en laboratorio; se calculó la *velocidad de punto* a la que transitan los vehículos, se efectuó el cálculo del Índice de Estado de Señalización horizontal y vertical respectivamente, entre otros criterios.
- El uso de suelos adyacentes al tramo de vía analizado, determina la existencia de numerosos locales comerciales, así como algunas escuelas y colegios en sus cercanías, lo que hace que dicho tramo tenga una gran afluencia de vehículos y peatones, principalmente en horas pico. Sin embargo, los estudios de ingeniería realizados permiten ratificar que, si bien el tramo aún presta los servicios para los cuales fue concebido en su diseño inicial, no lo está haciendo en condiciones óptimas; ya que presenta serias deficiencias. Es así que, la capa de rodadura presenta numerosos deterioros como baches, grietas, fisuras y abultamientos; el diseño geométrico podría ser mejorado para que la vía se accesible a todo tipo de usuarios; los sistemas de señalización vertical y horizontal están notablemente deteriorados con un índice de estado de 5.43 y 2.2 respectivamente; y los dispositivos de semaforización requieren mantenimiento. A esta situación se suman factores como el alto volumen de tránsito promedio diario (9858 vehículos) y la velocidad promedio de circulación de 51.5 km/h (aunque la máxima registrada fue de 78 km/h, que supera el límite de 30 km/h), que generan riesgo de accidentalidad influyendo directamente en un alto grado de inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal de sus usuarios.
- Entre los elementos de infraestructura vial del tramo de estudio, los sistemas de señalización horizontal y vertical presentan las condiciones más preocupantes. La señalización horizontal es prácticamente nula y la señalización vertical existente está altamente deteriorada, lo cual se refleja en los índices de estado obtenidos de 2.2 y 5.4 respectivamente, por lo que no existen las alertas y las señales guía que regulen el movimiento de los flujos de tránsito y de peatones de forma adecuada. Esta situación constituye una fuente potencial de accidentes de tránsito

que de no ser tratada oportunamente, podría contribuir de forma lamentable al incremento de este tipo de eventos.

- En vista de la situación contemplada, se examinaron algunas alternativas con miras a reducir la inseguridad vial en el tramo de estudio. En base al análisis de prefactibilidad, se concluyó que el diseño de un plan de señalización integral es la solución más eficiente y práctica en relación a su costo. Por consiguiente, se plantea dicha propuesta que incluye el diseño de señalización horizontal y vertical acorde a las necesidades identificadas. Dentro de este plan integral se propone restringir el estacionamiento en ambos sentidos de la vía. Esto considerando el futuro incremento en el flujo de vehículos y peatones, resultante de la apertura del Proyecto Parque Ecológico y el sub-centro de salud. Adicionalmente, se plantea incluir señales preventivas cercanas a intersecciones específicas no semaforizadas, que orienten a los conductores a reducir la velocidad, dando a los peatones la prioridad de paso en la calzada. Cabe destacar que esta propuesta cumple fielmente las normas establecidas en el Reglamento RTE INEN 004 que regula el diseño e instalación de señalización vial en el país.

4.2 RECOMENDACIONES

- Durante las visitas técnicas realizadas al tramo de estudio, se observó la existencia de congestionamiento vehicular en la intersección de la Avenida Las Palmeras y la Avenida Circunvalación Sur. Esta situación genera desorden e inseguridad en la movilidad vial de la intersección; por lo tanto, en base a los requisitos establecidos en el Reglamento RTE INEN 004, se vislumbró la necesidad de diseñar e implementar un semáforo en la mencionada intersección, lo cual está fuera del alcance del presente trabajo. Es por tal motivo, que se recomienda su desarrollo a profundidad en futuros proyectos o investigaciones a fin de complementar la propuesta planteada y fomentar un incremento aún mayor en la seguridad vial del tramo de estudio.
- Se recomienda considerar la propuesta presentada como un aporte a la seguridad vial del tramo de estudio, pero sin dejar de lado la necesidad de complementar la misma con otras alternativas de solución a la problemática existente. Este es el caso de un rediseño geométrico, en el cual se incluya un carril exclusivo para ciclistas (o ciclo vía) así como accesos seguros para personas con discapacidad (aceras en un solo nivel, rampas adecuadas, barandas, etc.), y una campaña de educación vial a los usuarios, para fomentar un mayor respeto a las señales y normas de tránsito. La investigación relacionada al diseño de estas propuestas alternativas, en conjunto con un plan de señalización integral permitiría mitigar la inseguridad en la movilidad vehicular y peatonal del tramo analizado, con mejores resultados.
- Finalmente, se recomienda a las autoridades competentes que en caso de ejecutarse la propuesta planteada, se elabore a la vez un cronograma de mantenimiento tanto de la señalización horizontal como vertical, ya que estos se exponen al deterioro natural generado por las condiciones ambientales. El objetivo de este planteamiento es mantener en óptimas condiciones dichos sistemas de señalización y por consiguiente, promover la permanencia en el tiempo de los múltiples beneficios que estos generan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo a una década de acción. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data [Internet] Luxemburgo. 2013. [citado el 4 de agosto 2015]. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/
2. Márquez – Días L. Metodología para valorar los costos externos de la accidentalidad en proyectos de transporte. Ing. Univ [Internet]. 2010 [citado 7 ago 2015]; 14(1):161-176. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262010000100008&lng=es&nrm%20=
3. Vásquez A, Bendezú L. Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. CIES [Internet]. Lima: Ediciones Nova Print S.A.C.; 2008. [citado 7 ago 2015]. Disponible en: <http://cies.org.pe/es/publicaciones/diagnostico-y-propuesta/ensayos-sobre-el-rol-de-la-infraestructura-vial-en-el>
4. López J. La señalización vertical de carreteras como herramienta para la mejora de la seguridad vial. CITOP. CIMBRA [Internet]. 2008 [citado 15 ago 2015]; (382): 52-55. Disponible en: <http://www.citop.es/publicaciones/pub02.php>
5. Zogo T. Makomra V. Ayina Ohandja L.M. Typology of Road Accidents Related to the Default of Signaling: A Case Study of the Yaoundé-Douala Highway, Southern Cameroon. Journal of Transportation Technologies [Internet]. 2015 [citado 15 ago 2015]; (5):122-133. Disponible en: <http://trid.trb.org/view/2015/C/1353267>
6. Castelluccio F. Catalano M. Fichera D. Migliore M. Amoroso S. Standardization of road danger signs in the European Union. PROMET-Traffic & Transportation [Internet] 2015. [citado 15 ago 2015]; 27(1): 1-11. Disponible en: <http://trid.trb.org/view/2015/C/1352236>
7. De Ceunynck T. et al. Proactive evaluation of traffic signs using a traffic sign simulator. EJTIR [Internet] 2015 [citado 16 ago 2015]; 15(2): 184-204. Disponible en: <http://trid.trb.org/view/2015/C/1350464>
8. Nazif J. Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales, considerando el rol de la infraestructura. Naciones Unidas – CEPAL. Colección documentos de proyectos. [Internet]. 2011 [citado 7 ago 2015]. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/35266>
9. Mateos M. Señalización para indicar los pasos de cebra para peatones. Informes de la construcción [Internet] 1967 [citado 16 ago 2015]; 20(190): 107-110. Disponible en: http://www.erevistas.csic.es/ficha_articulo.php?url=oai:informesdeconstruccion.revistas.csic.es:article/4052&oai_iden=oai_revista298

10. Jiménez A. Análisis de la conducta de los conductores ante la modificación de mensajes de paneles de señalización variable. XI Congreso Español sobre sistemas inteligentes de transportes. 2011. Barcelona, España. Disponible en: <http://www.cpsingenieros.net/es/Ponencias/>
11. Montezuma R. El derecho a la vida en la movilidad urbana y el espacio público en América Latina. En: Erazo JF. Inter/ secciones urbanas: origen y contexto en América Latina. [Internet] 1ª edición. Quito: FLACSO - Crearimagen; 2009. [citado el 5 ago 2015] pp. 293-300. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros?avanzado=0&query=Inter%2Fsecciones+urbanas%3A+origen+y+contexto+en+Am%C3%A9rica+Latina>
12. Lizarraga C. Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas. EURE [Internet] 2012. [citado el 4 de agosto del 2015]; 38(113): 99-125. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/196/19623142005.pdf>
13. Fay M, Morrison M. Infraestructura en América Latina y el Caribe. Banco Mundial. [Internet] Colombia: Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones S.A.; 2007. [citado 7 ago 2015]. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/INTMEXICOINSPANISH/Resources/infraestructura-espanol.pdf>
14. Cabrera G. Velásquez N. Valladares M. Seguridad vial, un desafío de salud pública en la Colombia del siglo xxi. Rev Fac Nac Salud Pública [Internet] 2009 [citado 16 ago 2015]; 27(2): 218-225. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309126696014>
15. Paspuel W. Ecuador entre los países con mejor infraestructura. El Comercio [Internet]. 24 de febrero del 2015. [citado el 7 ago 2015]. Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-paises-mejor-infraestructura.html>
16. Ilustre Municipalidad de Machala. Plan de Movilidad de Machala. A&V Consultores. Abril del 2014.
17. INEC. Población y Demografía. [Internet] Tabulados Censales. [citado el 7 ago 2015]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
18. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Volumen 5 de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP. 2013.
19. Pico Merchán ME, González Pérez RE, Noreña Aristizábal OP. Seguridad vial y peatonal: Una aproximación teórica desde la política pública. Revista Hacia la Promoción de la Salud – Universidad de Caldas. [Internet]. 2011 [citado el 7 ago 2015]; 16(2): 190-204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3091/309126696014.pdf>
20. Ricárdez M, Chías L. La propensión a los accidentes de tránsito en municipios urbanos de México en 1990. Investigaciones Geográficas [Internet] 2000 [citado el 7 sep 2015]; (41): 122-138. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904109>

21. Chavarriaga M.C. Mortalidad por accidentes de tránsito como factor determinante en la estructura poblacional. Revista CES Salud Pública. [Internet] 2012 [citado el 7 sep 2015]; ISSN 2145-9932. 3(2): 232-236. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4163955>
22. Söderlund N., Zwi A.B. Mortalidad por accidentes de tránsito en países industrializados y en desarrollo. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP) [Internet] 1995 [citado 7 sep 2015]; 119(6): 471-480. Disponible en: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=PAHO&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=21743&indexSearch=ID>
23. Fuentes F, César M y Hernandez H. Vladimir. La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004). Revista Frontera norte [Internet]. 2009 [citado 7 sep 2015]; 21(42): 109-138. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73722009000200005&script=sci_arttext
24. García D. R., Delgado M., Díaz E. y García A. R. Caracterización de la accidentalidad vehicular y análisis de las causas en la Provincia de Villa Clara, Cuba. Revista Dyna [Internet] 2012 [citado el 7 sep 2015] 79(175): 191-200. ISSN 0012-7353. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49624958024>
25. Málaga H. Medidas y estrategias para la prevención y control de los accidentes de tránsito: Experiencia peruana por niveles de prevención. Instituto Nacional de Salud-Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública [Internet] 2010 [citado el 7 sep 2015] 27(2): 231-236. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36319368011>
26. Gonzáles C, Sarmiento I. Modelación de la distribución de viajes en el Valle de Alburra utilizando el modelo gravitatorio. Revista Dyna – Universidad Nacional de Colombia [Internet]. 2009 [citado el 12 sep 2015]; 76(158): 199-208. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49612069020>
27. Hernández S et al. Movilidad y desarrollo regional en Oaxaca – Vol 1: Regionalización y encuesta de origen y destino. Instituto Mexicano de Transporte. Publicación técnica Nro. 305. [Internet]. 2006 [citado el 12 sep 2015]. Disponible en: <http://trid.trb.org/view/2008/M/1090775>
28. Flórez C, González R. Análisis comparativo del cálculo del tamaño de muestra para la realización de encuestas domiciliarias en la construcción de una matriz origen-destino de pasajeros, entre un diseño muestral y la aplicación de un porcentaje de la población. Ingeniería e investigación [Internet] 2007 [citado el 10 sep 2015]; 27(1): 106-114. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327115>
29. Wolf P., Ghilani C. Topografía. ISBN: 978-970-15-1334-7. Undécima edición. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V; 2008

30. Santamaría J., Sanz T. Manual de prácticas de topografía y Cartografía. Universidad de la Rioja – Material Didáctico – Ingeniería [Internet] 2005 [citado el 30 sep 2015]; ISBN 84-689-4103-4. (22): 1 – 41. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=258503>
31. Pachas R. El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. Academia [Internet] 2009 [citado el 30 sep 2015]; ISSN 1690-3226; 8(16): 29:45. Disponible en: <http://150.185.138.105/ojs/index.php/academia/article/view/6061>
32. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Volumen 2A de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP. 2013.
33. Cal y Mayor R., Cárdenas J. G. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Séptima edición. México: Ediciones Alfaomega S.A. de C.V.; 1994.
34. Choquehuanca V., Cárdenas F., Collazos J., Mendoza W. Perfil Epidemiológico de los accidentes de tránsito en el Perú, 2005-2009. Rev. perú. med. exp. salud publica. [Internet]. 2010 [citado el 18 sep 2015]; 27(2):162-169. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342010000200002&script=sci_arttext
35. Quistberg D. A., Miranda J. Jaime., Ebel B. Reduciendo el trauma y la mortalidad asociada a los accidentes de tránsito en los peatones en el Perú: intervenciones que pueden funcionar. Rev. perú. med. exp. salud publica. [Internet]. 2010 [citado el 18 sep 2015]; 27(2): 248-254. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000200014
36. Rodríguez E.D. Cálculo del Índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. [Internet]. Perú: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura; 5 de octubre del 2009. [citado el 20 sep 2015]. Disponible en: http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1350/ICI_180.pdf?sequence=1
37. Rondón H., Reyes F. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. [Internet]. 2007 [citado el 20 sep 2015]; ISSN-e 0124-8170, 17(2): 41-65. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2512197>
38. Quintero J. Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Revista Facultad de Ingeniería - UPTC. [Internet] 2011 [citado el 21 sep 2015]; ISSN-e 0121-1129; 20(30): 65-78. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3758451>
39. Ponce J. Mejoramiento de la señalización y seguridad vial en la carretera Portoviejo-Manta de la provincia de Manabí. [Internet] Portoviejo-Manabí-Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 2011. [citado el 25 sep 2015] Disponible

en:

http://repositorio.utm.edu.ec/handle/50000/4375/browse?type=title&sort_by=1&order=ASC&rpp=40&etal=-1&null=&offset=44

40. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2: Señalización Vial. Señalización horizontal. [Internet] 2011[citado el 10 oct 2015]. Registro Oficial No. 151 de 2011-05-26. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/normas-y-reglamentos-inen/transito>
41. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1: Señalización Vial. Señalización vertical. [Internet] 2011[citado el 10 oct 2015]. Registro Oficial No. 207 de 2011-10-28. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/normas-y-reglamentos-inen/transito>

ANEXOS



Anexo 1. Conteo vehicular en el tramo de estudio (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 2. Señal vertical regulatoria "UNA VÍA" deteriorada (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 3. Señal vertical preventiva "Zona escolar" deteriorada (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 4. Estacionamiento inadecuado en parada de bus (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 5. Evaluación de la señalización en el tramo de estudio, Método IES (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 6. Deformación de señal vertical regulatoria “PARADA DE BUS” (Fuente: El Autor – 2015)



Anexo 7. Ausencia de señalización horizontal en intersecciones (Fuente: El Autor 2015)



Anexo 8. Ubicación de punto para toma de velocidades (Fuente: El Autor 2015)



Anexo 9. Velocidad de punto, Toma de datos en el tramo de estudio (Fuente: El Autor 2015)



Anexo 10. Captura de pantalla, Aplicación Speed Gun, velocidad de punto (Fuente: EL Autor – 2015)

Urkund Analysis Result

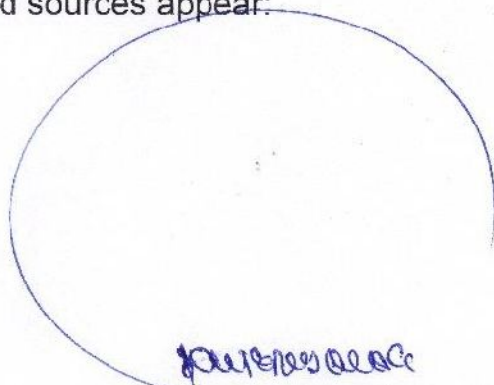
Analysed Document: Proyecto Técnico - Carlos S. Ugarte V..docx (D16352996)
Submitted: 2015-11-24 05:22:00
Submitted By: carsteiner89@gmail.com
Significance: 4 %

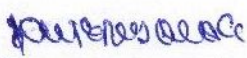
Sources included in the report:

TESIS - 25-10-2015.docx (D15899568)
 TESIS CARACTERIZACION DE VOLUMEN DE TRAFICO.docx (D14201775)
 TESIS MIGUI programa plagio.docx (D13669090)
 TESIS ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR.pdf (D14203575)
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n175/v79n175a23.pdf>
http://revistas.ces.edu.co/index.php/ces_salud_publica/article/download/2496/1554
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262010000100008&lng=es&nrm%20=
<http://cies.org.pe/es/publicaciones/diagnostico-y-propuesta/ensayos-sobre-el-rol-de-la-infraestructura-vial-en-el>
<http://www.citop.es/publicaciones/pub02.php>
<http://trid.trb.org/view/2015/C/1353267>
<http://trid.trb.org/view/2015/C/1350464>
<http://www.cpsingenieros.net/es/Ponencias/>
<http://www.flacsoandes.edu.ec/libros?avanzado=0&query=Inter%252Fsecciones+urbanas:+origen+y+contexto+en+Am%C3%A9rica+Latina>
<http://www.redalyc.org/pdf/3091/309126696014.pdf>
<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IisScript=iah/iah.xis&src=google&base=PAHO&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=21743&indexSearch=ID>
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73722009000200005&script=sci_arttext
<http://trid.trb.org/view/2008/M/1090775>
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327115>
http://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1350/ICI_180.pdf?sequence=1
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3758451>

Instances where selected sources appear:

39




 EYOOLA ESTRADA ERWIN JAVIER
 TUTOR
 C.I. 0702019738
 eoyola@utmachala.edu.ec