

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Análisis de transitabilidad mediante método HCM -2010 para la elaboración
del plan de mejoramiento vial en intersección Vía Norte con Av. Hoyos
Rubio - Cajamarca**

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de Investigación: Transportes

Autores:

Peña Mantilla, Julio Valentino

Suarez Cotrina, Leonardo Marcell

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Secretario : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Vocal : Diaz García, Gonzalo Hugo

Asesor:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

**Trujillo – Perú
2023**

Fecha de sustentación: 2023/12/19

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Análisis de transitabilidad mediante método HCM -2010 para la elaboración
del plan de mejoramiento vial en intersección Vía Norte con Av. Hoyos
Rubio - Cajamarca**

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de Investigación: Transportes

Autores:

Peña Mantilla, Julio Valentino

Suarez Cotrina, Leonardo Marcell

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Secretario : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Vocal : Diaz García, Gonzalo Hugo

Asesor:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

Trujillo – Perú
2023

Fecha de sustentación: 2023/12/19


Análisis de transitabilidad mediante método HCM -2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en intersección Vía Norte con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	15%	1%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%


 DR. MARCELO FERNANDO MARTÍNEZ
 C.P.: 3311

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Marcelo Edmundo Merino Martínez**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación “Análisis de transitabilidad mediante método HCM -2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en intersección Vía Norte con Av. Hoyos Rubio – Cajamarca”, de los autores **Peña Mantilla Julio Valentino** y **Suárez Cotrina Leonardo Marcell**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 15 de diciembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis, “Análisis de transitabilidad mediante método HCM -2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en intersección Vía Norte con Av. Hoyos Rubio – Cajamarca” y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.


Ciudad y fecha: Trujillo, 15 de diciembre del 2023



.....
Br. Peña Mantilla, Julio Valentino
DNI: 72535559



.....
Br. Suárez Cotrina, Leonardo Marcell
DNI: 72020351



.....
Merino Martínez, Marcelo Edmundo
DNI:17983739
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

DEDICATORIA

El día de hoy quiero dedicar unas palabras de cariño a mi padre, madre y hermana que han sido un modelo a seguir desde que tengo memoria y espero poder lograr todos mis objetivos y compartirlos a su lado por muchos años en adelante.

Agradecer a mis padres y hermana por creer en mí y enseñarme día a día a no rendirme con su muestra de vida diaria de arduo trabajo y darme la oportunidad de tener una educación de calidad y culminar esta etapa de desarrollo tanto profesional como personal de manera exitosa y hacerle saber que, sin su amor, apoyo y aliento este proyecto no sería posible.

A mis amigos y compañeros de facultad, por ser una fuente inagotable de motivación y por compartir alegrías y diferentes sentimientos a lo largo de estos años que nos dan lecciones de vida.

Br. Peña Mantilla Julio Valentino

DEDICATORIA

A medida que voy culminando este importante capítulo de mi vida académica, quiero agradecer sinceramente y dedicar mi tesis a las personas que han sido parte fundamental en este trayecto de mi vida universitaria.

A Dios por haberme dado la fuerza y el conocimiento, siendo un apoyo de fe y esperanza en los momentos complicados, siendo mi guía hacia el camino correcto.

A mis padres por su amor incondicional, dedicación y apoyo constante que han llegado a ser el pilar de los logros obtenidos, gracias por confiar en mí y ser mi fuente de inspiración, esta tesis es un testimonio de su confianza en mí y de la importancia que le han dado a mi superación profesional como personal. Me quedan cortas las palabras para decirles lo valiosos que son en mi vida.

A mi familia, por siempre confiar en mí, por sus consejos y sus mejores deseos a lo largo de este camino. Sus palabras de aliento, su compañía y su alegría han sido un soporte en momentos de estrés y desafío. Esta tesis es una muestra del impacto positivo que han tenido en mi vida académica.

Br. Suarez Cotrina Leonardo Marcell

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor: El Ing. Marcelo Merino por recibirnos de buena manera desde el principio y motivarnos constantemente con el proyecto brindándonos su tiempo, conocimiento y experiencia y siempre buscar excelencia para lograr el objetivo.

A nuestros docentes de la facultad por brindarnos educación de calidad y despertar el gusto por seguir aprendiendo cada vez más y mejor con sus diferentes metodologías que siempre buscaban lo mejor para nosotros que es superarse día a día.

A mis amigos y compañeros, agradezco su apoyo emocional y motivación constante, los años compartidos, las alegrías y tristezas que han sido parte del día a día en toda nuestra etapa universitaria, gracias por compartir sus conocimientos y apoyarme en los momentos complicados, gracias por confiar en mí.

Br. Peña Mantilla Julio Valentino

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera agradecer a nuestro asesor: el Ing. Marcelo Merino Martínez, Por su tiempo, dedicación y valiosas aportaciones a lo largo de este proceso, su experiencia y conocimientos en el campo de estudio han sido fundamentales para enriquecer nuestros conocimientos.

A nuestros docentes a lo largo de la carrera que han sido parte fundamental del desarrollo académico siendo nuestros guías y mentores, llenándonos de sabiduría y conocimientos, siempre aconsejándonos para ser mejores día a día. Gracias por su dedicación, paciencia y comprensión en toda esta etapa académica.

A mis amigos y compañeros, agradezco su apoyo emocional y motivación constante, los años compartidos, las alegrías y tristezas que han sido parte del día a día en toda nuestra etapa universitaria, gracias por compartir sus conocimientos y apoyarme en los momentos complicados, gracias por confiar en mí.

Br. Suarez Cotrina Leonardo Marcell

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la intersección semaforizada entre las avenidas Vía Norte y Av. Hoyos Rubio, ubicada en la ciudad de Cajamarca – Cajamarca. Tiene como objetivos determinar el estado de los accesos a la intersección, así como también los niveles de servicio de cada acceso con la finalidad de brindar propuestas de mejora al problema de congestión vehicular de la intersección.

El estudio se desarrolló mediante la metodología del índice de condición de pavimentos (PCI). Por el cual logramos obtener las condiciones en las cuales se encuentra el pavimento de cada intersección, además se desarrolló la metodología que nos brinda el manual de capacidad de carreteras HCM – 2010, mediante el cual se logró determinar datos como los días de máxima demanda, las horas pico de tráfico, tipos de vehículos, fases semaforicas, nivel de servicio y capacidad de los accesos.

Los resultados demuestran que tres de los accesos se encuentran en un buen estado ya que no presentan fallas visibles, mientras que uno de los accesos cuenta con fallas visibles que afectan la circulación vehicular, además se obtuvo el nivel de servicio para cada segmento de vía de los accesos obteniendo un nivel de servicio E para el segmento de vía y un nivel de servicio F para la intersección de la misma, esto debido al tiempo que toma circular por la intersección siendo este un promedio de 3 minutos según el acceso. Generando problemas de congestión vehicular, contaminación ambiental y sonora, por lo que determinamos que la intersección de las vías brinda una mala calidad de servicio a la población.

Finalmente se plantean propuestas de mejoras basándose en el análisis realizado, esto con la finalidad de reducir y mitigar los problemas ocasionados por el congestionamiento vehicular.

Palabras clave: Hora punta, congestión, demanda, servicio, fallas, semáforo, mejoras.

ABSTRACT

The present investigation was developed at the intersection between Vía Norte avenues and Hoyos Rubio Avenue, located in the city of Cajamarca. Its objectives are to determine the state of the accesses to the intersection, as well as the service levels of each access with the purpose of providing proposals for improvement to the problem of traffic congestion at the intersection.

The study was developed using the pavement condition index (PCI) methodology. By which we are able to obtain the conditions in which the pavement of each intersection is found, In addition, the methodology provided by the HCM-2010 road capacity manual was developed, through which it was possible to determine data such as the days of maximum demand, peak traffic hours, types of vehicles, traffic light phases, service level and access capacity.

The results show that three of the accesses are in good condition since they do not have visible defects. while one of the accesses has visible faults that affect vehicular circulation, in addition, the service level was obtained for each road segment of the accesses, obtaining a service level E for the road segment and a service level F for its intersection. This is due to the time it takes to travel through the intersection, which is an average of 3 minutes depending on access. Generating problems of vehicle congestion, environmental and noise pollution, which is why we determined that the intersection of the roads provides a poor quality of service to the population.

Finally, proposals for improvements are made based on the analysis performed, this with the purpose of reducing and mitigating the problems caused by vehicular congestion

Keywords: Peak hour, congestion, demand service, failures, traffic light, improvements.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando fiel cumplimiento a los requerimientos y normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos proporcionados por la Facultad de Ingeniería de nuestra casa de estudios “Universidad Privada Antenor Orrego”, en mira a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil, ponemos a disposición la presente tesis titulada:

ANÁLISIS DE TRANSITABILIDAD MEDIANTE MÉTODO HCM-2010 PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MEJORAMIENTO VIAL EN INTERSECCIÓN VÍA NORTE CON AV. HOYOS RUBIO – CAJAMARCA

El contenido de la presente tesis fue desarrollado en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica, apoyándonos en fuentes científicas y el continuo asesoramiento del Ing. Merino Martínez, Marcelo Edmundo.

Atentamente,

Br. Peña Mantilla Julio Valentino

Br. Suarez Cotrina Leonardo Marcell

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
PRESENTACIÓN.....	xii
ÍNDICE.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Problema de Investigación.....	22
1.2. Objetivos.....	24
1.3. Justificación del estudio.....	25
II. MARCO DE REFERENCIA.....	27
2.1. Antecedentes del Estudio.....	27
2.2. Marco teórico.....	32
2.3. Marco Conceptual.....	78
2.4. Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores.....	80
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	83
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	83
3.2. Población y muestra de estudio.....	83
3.3. Diseño de Investigación.....	84
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	84
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	84
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	86
4.1. Propuesta de investigación.....	86
4.2. Análisis e interpretación de resultados.....	86

4.3. Propuestas de mejora	119
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	133
VI. CONCLUSIONES	136
VII. RECOMENDACIONES.....	138
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
IIX. ANEXOS... ..	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Rangos de calificación PCI.....</i>	33
Tabla 2	<i>Resumen de fallas en pavimentos flexibles.....</i>	34
Tabla 3	<i>Niveles de severidad para huecos.</i>	38
Tabla 4	<i>Niveles de servicio para segmentos urbanos.....</i>	49
Tabla 5	<i>Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas.</i>	51
Tabla 6	<i>Elementos de entrada</i>	56
Tabla 7	<i>Factor de ajuste para sección transversal.....</i>	59
Tabla 8	<i>Factor de ajuste para puntos de acceso.</i>	59
Tabla 9	<i>Demora debido al giro de vehículos.....</i>	62
Tabla 10	<i>Factor por ancho de carril del grupo.....</i>	66
Tabla 11	<i>Factor por giro a la izquierda en un grupo (f_{LT}).....</i>	69
Tabla 12	<i>Factor por giro a la izquierda en un grupo (f_{LT}).....</i>	70
Tabla 13	<i>Factor por giro a la derecha en un grupo (f_{RT}).....</i>	70
Tabla 14	<i>Factor por peatones para grupos con giro a la izquierda (f_{Lpb}).....</i>	73
Tabla 15	<i>Factor por peatones para grupos con giro a la derecha (f_{Lpb}).....</i>	73
Tabla 16	<i>Flujo de pelotón para caracterización de progreso.....</i>	74
Tabla 17	<i>Operacionalización de variables.....</i>	82
Tabla 18	<i>Cálculo de la densidad de las fallas</i>	88
Tabla 19	<i>Cálculo de numero admisible de deducidos.....</i>	88
Tabla 20	<i>Resumen del cálculo del máximo valor deducido corregido.....</i>	88
Tabla 21	<i>Composición mixta vehicular total en la intersección estudiada....</i>	89
Tabla 22	<i>Aforo vehicular del acceso Norte durante la semana de estudio....</i>	92
Tabla 23	<i>Aforo vehicular del acceso sur durante la semana de estudio.</i>	95
Tabla 24	<i>Aforo vehicular del acceso este durante la semana de estudio.....</i>	98

Tabla 25	<i>Aforo vehicular del acceso oeste durante la semana de estudio..</i>	101
Tabla 26	<i>Característica de los segmentos por acceso.....</i>	104
Tabla 27	<i>Determinación de elementos de entrada.....</i>	105
Tabla 28	<i>Elementos de entrada para el Acceso Norte.....</i>	105
Tabla 29	<i>Elementos de entrada para el acceso Sur.</i>	106
Tabla 30	<i>Elementos de entrada para el acceso Este.....</i>	106
Tabla 31	<i>Elementos de entrada para el acceso Oeste.....</i>	107
Tabla 32	<i>Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Norte.</i>	
107		
Tabla 33	<i>Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Sur..</i>	108
Tabla 34	<i>Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Este.</i>	108
Tabla 35	<i>Parámetros del tráfico para el segmento del Acceso Oeste.....</i>	108
Tabla 36	<i>Valores de velocidad de flujo libre base, Velocidad constante... </i>	109
Tabla 37	<i>Valores del tiempo en movimiento obtenidos para el segmento. </i>	110
Tabla 38	<i>Tiempo de propagación vehicular para el segmento de vía.....</i>	110
Tabla 39	<i>Velocidad de desplazamiento en el segmento de vía.</i>	111
Tabla 40	<i>Relación porcentual</i>	111
Tabla 41	<i>Resumen de datos y parámetros respecto a todos los accesos ..</i>	113
Tabla 42	<i>Condiciones iniciales en la intersección de estudio.....</i>	113
Tabla 43	<i>114 Datos para el factor de giro a la izquierda en la intersección.</i>	114
Tabla 44	<i>Datos para el factor de giro a la derecha.</i>	114
Tabla 45	<i>Fase semafórica de los accesos en la intersección</i>	115
Tabla 46	<i>Resumen de datos y parámetros para los accesos.....</i>	115
Tabla 47	<i>Resumen de datos y parámetros para los accesos.....</i>	116
Tabla 48	<i>Flujo de Saturación para cada acceso en la intersección.</i>	117

Tabla 49	<i>Datos de capacidad, demanda y grado de saturación</i>	118
Tabla 50	<i>Resumen de las demoras promedio y niveles de servicio.....</i>	118
Tabla 51	<i>Propuesta de solución para fallas en el acceso Oeste.....</i>	131
Tabla 52	<i>Ancho de los accesos y número de carriles.</i>	133
Tabla 53	<i>Tabla de grupos de carril por Fase semafórica.</i>	156

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1	<i>Falla de piel de cocodrilo.....</i>	37
Figura 2	<i>Fallas por huecos.....</i>	39
Figura 3	<i>Falla por desprendimiento de agregado.....</i>	41
Figura 4	<i>Cantidad de vehículos por día durante la semana de estudio.....</i>	90
Figura 5	<i>Composición porcentual de la variación vehicular de la semana. ...</i>	90
Figura 6	<i>Hora pico en el acceso Norte.....</i>	93
Figura 7	<i>Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico....</i>	94
Figura 8	<i>Hora pico en el acceso Sur.....</i>	96
Figura 9	<i>Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico....</i>	97
Figura 10	<i>Hora pico acceso Este.....</i>	99
Figura 11	<i>Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico..</i>	100
Figura 12	<i>Hora pico en el acceso Oeste.....</i>	102
Figura 13	<i>Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico..</i>	103
Figura 14	<i>Flujo vehicular por acceso.....</i>	112
Figura 15	<i>Fase de giro permitido a la derecha para el acceso norte.....</i>	120
Figura 16	<i>Fase de giro permitido a la derecha en el acceso Sur.....</i>	121
Figura 17	<i>Fase de giro permitido a la derecha para el Acceso Este.....</i>	122
Figura 18	<i>Fase de giro permitido a la derecha para el Acceso Oeste.....</i>	123
Figura 19	<i>Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Norte</i>	125
Figura 20	<i>Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Sur.</i>	126
Figura 21	<i>Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Este</i>	126
Figura 22	<i>Porcentaje tipo de vehículos que circulan por el Acceso Oeste. ...</i>	127
Figura 23	<i>Falla N° 1 (falla piel de cocodrilo).....</i>	141

Figura 24	<i>Falla N° 13 (falla huecos).....</i>	141
Figura 25	<i>Falla N° 19 (desprendimiento de agregados).....</i>	142
Figura 26	<i>Abaco para determinar el valor deducido de la piel de cocodrilo .</i>	142
Figura 27	<i>Abaco para determinar el valor deducido de la falla huecos.</i>	143
Figura 28	<i>Abaco para determinar valor deducido del desprendimiento.....</i>	143
Figura 29	<i>Abaco de valor deducido corregido para Q</i>	144
Figura 30	<i>Tomando datos de vehículos de la Av. Hoyos Rubio.</i>	174
Figura 31	<i>Tomando datos en campo en Vía Norte.....</i>	175
Figura 32	<i>Posicionando estación.</i>	175
Figura 33	<i>Obtención de datos con el teodolito y mira.</i>	176
Figura 34	<i>Medición por GPS y teodolito.....</i>	176
Figura 35	<i>Toma respectiva de datos del conteo de vehículos.....</i>	177
Figura 36	<i>Medición de canaleta de la Av. Hoyos Rubio.</i>	177
Figura 37	<i>Corte transversal Acceso Norte.....</i>	178
Figura 38	<i>Corte Transversal de Acceso Sur.....</i>	179
Figura 39	<i>Corte transversal de Acceso Este.</i>	180
Figura 40	<i>Corte transversal de Acceso Oeste.....</i>	181
Figura 41	<i>Plano de localización de la intersección.....</i>	182
Figura 42	<i>Propuesta de ampliación de carriles Acceso Norte.</i>	183
Figura 43	<i>Propuesta de ampliación de carriles Acceso Sur.</i>	184
Figura 44	<i>Propuesta de ampliación de carriles Acceso Este.....</i>	185
Figura 45	<i>Propuesta de ampliación de carriles Acceso Oeste.</i>	186
Figura 46	<i>Propuesta de ruta alterna para desviar mototaxis.</i>	187
Figura 47	<i>Propuesta de ruta alterna.....</i>	189
Figura 48	<i>Propuesta de ruta alterna.....</i>	190

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Cálculo de densidad.....	33
Ecuación 2	Valor máximo admisible de valores deducidos.....	34
Ecuación 3	Índice de condición de pavimento.	34
Ecuación 4	Factor de hora punta	46
Ecuación 5	Factor de hora punta para el periodo de 15 min.....	46
Ecuación 6	Grado de saturación	55
Ecuación 7	Velocidad de flujo libre base.....	57
Ecuación 8	Velocidad Constante	57
Ecuación 9	Factor de ajuste para la sección transversal (mi/h).	58
Ecuación 10	Factor de ajuste para puntos de acceso (mi/h)	58
Ecuación 11	Ajuste de espaciamiento de señales.	59
Ecuación 12	Velocidad de flujo libre.	60
Ecuación 13	Factor de ajuste por proximidad entre vehículos.....	60
Ecuación 14	Tiempo en movimiento en el segmento.....	63
Ecuación 15	Tiempo de propagación vehicular.	64
Ecuación 16	Velocidad de desplazamiento.....	65
Ecuación 17	Factor por vehículos pesados en el acceso	66
Ecuación 18	Factor por pendiente en el acceso	67
Ecuación 19	Factor por estacionamiento.	67
Ecuación 20	Factor por bloqueo de buses.....	68
Ecuación 21	Factor de ajuste por utilización de carril.	69
Ecuación 22	Factor de giros a la izquierda.	69
Ecuación 23	Factor por giro a la derecha en el acceso.	70

Ecuación 24	Cantidad de peatones y bicicletas en la vía.	70
Ecuación 25	Zona de conflicto importante.	71
Ecuación 26	Tiempo de verde acceso Opuesto.....	71
Ecuación 27	Zona de conflicto importante.	72
Ecuación 28	Tiempo zona desocupada para carriles menores.....	73
Ecuación 29	Tiempo zona desocupada para carriles mayores.....	73
Ecuación 30	Proporción de vehículos que llegan durante el verde.....	74
Ecuación 31	Tasa de flujo de saturación ajustada.....	74
Ecuación 32	Oferta ajustada.....	75
Ecuación 33	Grado de saturación.....	75
Ecuación 34	Demora total por control o acceso.....	76
Ecuación 35	Demora uniforme.....	77
Ecuación 36	Demora Incremental.....	77
Ecuación 37	Promedio ponderado de demora.....	78

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Realidad Problemática.

Es de conocimiento mundial que el transporte es uno de los elementos más utilizados a nivel mundial, ello ha generado que diversos países comiencen a fabricar y vender vehículos de diferente gama, tanto como vehículos pesados como livianos. Al transcurrir los años la demanda de vehículos fue en aumento mientras que las vías se quedaron con sus dimensiones iniciales, si bien es cierto se ha comenzado a mejorar y ampliar dichas vías, esto aún no es una realidad para todos los sectores, y ha generado congestionamiento vehicular que limita el transporte tanto público como privado.

Según el informe Internacional INRIX, el cual es un artículo periodístico que lleva como nombre los países y ciudades con el tráfico más congestionado, en dicho informe se ha evaluado más de 1064 ciudades en todo el mundo de la cual se ha llegado a la conclusión que la ciudad de Los Ángeles en Estados Unidos. Es la ciudad más congestionada teniendo como consecuencia grandes pérdidas de tiempo y productividad tanto en los empleadores como los empleados, teniendo aproximadamente 104 horas de pérdida al año lo cual representa un 12.7% del promedio.

Perú no es ajeno a las dificultades de transporte dado que al incrementarse aproximadamente más de 4.7% del flujo vehicular ha generado un déficit del recorrido desde el punto de salida y punto de

llegada de un producto, dicho aumento de flujo vehicular es causado en gran medida por el incremento en la demanda de la materia prima peruana tanto como los elementos agropecuarios, mineros y la comercialización de ellos, otro carácter que influye es la actividad turística. Debido a estas causas y al defectuoso diseño geométrico de las principales avenidas y vías de acceso han generado un gran congestionamiento vehicular.

Cajamarca es una de las ciudades que alberga la mayor cantidad de turistas, por ello el comercio y la economía de la zona ha tenido un gran crecimiento gracias al ingreso monetario que genera el turismo, sin embargo, ello también ha traído un crecimiento del parque automotriz para el cual las vías no fueron diseñadas y si a eso le sumamos la falta de planes de mantenimiento y la mala organización en gestión de la red vial para cubrir las demandas mínimas de los usuarios y peatones.

Las carreteras y autopistas urbanas son los principales medios de interconexión entre diferentes ciudades. Por esta razón, su uso es permanente y ello se denota más en el congestionamiento vehicular que se genera, así también por las fallas en diseño, problemas de la adecuada infraestructura vial y la falta de mantenimiento de estas. Teniendo como uno de los puntos críticos en cuanto a congestión vial se trata, la intersección de la Vía Norte con la Av. Hoyos Rubio, ubicado en Cajamarca, a las problemáticas antes mencionadas se suma el desinterés de las autoridades por promover alternativas de solución que mejoren la calidad de uso de vías para los pobladores.

1.1.2. Enunciado del Problema.

Debido a lo antes mencionado nos planteamos la identificación del nivel de transitabilidad mediante método HCM - 2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en intersección de la Vía Norte con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca.

¿La identificación del nivel de transitabilidad mediante método HCM - 2010 contribuirá a una correcta elaboración de un plan de mejoramiento vial en la intersección de la Vía Norte con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General:

Analizar la transitabilidad mediante método HCM - 2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en la intersección de la Vía Norte con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar las fallas existentes en la intersección semaforizada entre la Av. Hoyos Rubio – Vía Norte. Mediante la normativa y clasificación del índice de condición de los pavimentos (PCI).
- Determinar los niveles de servicio de todos los accesos de la intersección semaforizada: Av. Hoyos Rubio – Vía Norte según la metodología del manual de capacidad de carreteras HCM 2010.
- Determinar la demora promedio aplicando las fases de semaforización de la intersección semaforizada Av. Hoyos Rubio – Vía Norte, según la metodología del manual de capacidad de carreteras HCM 2010.

- Proponer una alternativa de mejoramiento vial para la intersección semaforizada Av. Hoyos Rubio – Vía Norte.

1.3. Justificación del estudio

Justificación académica. El motivo del presente proyecto de tesis es conocer las condiciones en las que se encuentra el tráfico, el diseño geométrico de la intersección y la capacidad vial de la misma, así mismo evaluar su servicialidad. Esta investigación servirá como premisa para futuras investigaciones tanto académicas como de otra índole relacionadas al tema en cuestión, así como guía para la elaboración y/o desarrollo de planes de mejoramiento vial en base al nivel de transitabilidad de las vías.

Justificación Social. Esto dará como resultado determinar el nivel de congestamiento vehicular en el que se encuentran las Vía Norte con Av. Hoyos Rubio, Cajamarca. Con el cual se determinará la elaboración de un plan de mejoramiento vial para dicha intersección ayudando a mejorar la transitabilidad de las vías y por consiguiente haciendo más fluido el tránsito vehicular y peatonal.

Justificación técnica. Con el desarrollo de la presente tesis se tendrá conocimiento de primera mano sobre la realidad que vive el usuario y el peatón que hacen uso de la intersección de estudio con la finalidad de brindarle una alternativa de solución a la problemática que deriva en la generación de pérdida de tiempo lo cual ha mejorado la productividad de los trabajadores y empleadores usuarios de la intersección.

Justificación ambiental. La investigación tiene un aporte a la conservación ambiental vial debido que al mejorar la transitabilidad de la intersección en estudio se podrá disminuir las emisiones de gases contaminantes producto del constante frenado y aceleración que tienen los vehículos al tener cortos espacios de desplazamiento, esto se ve reflejado en los niveles de contaminación tanto ambiental como auditiva a la que está sometida la población de Cajamarca por tanto, al elaborar un plan que ayude a mejorar la transitabilidad se verá reflejado en la disminución de estos contaminantes.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Internacionales

(Mojica L., 2018) en su tesis titulada “Evaluación comparativa de capacidad y nivel de servicio con la metodología HCM - versión 2000 y HCM - versión 2010, y análisis geométrico, del anillo vial 1 del plan de ordenamiento zonal del norte – POZ norte, en la ciudad de Bogotá D.C.” tienen como objetivo calificar el nivel de servicio mediante la metodología actualizada del HCM 2010 en el desarrollo de la investigación, como base para su estudio, es por ello que se evaluó la infraestructura propuesta destacando el diseño de la altitud de servicio iniciando de los datos de entrada tanto de volúmenes vehiculares y como de geometría que son utilizados en el método de la evaluación precedente. El autor concluyó que el desorden del tránsito se genera en los lugares de convergencia y divergencia de una vía afecta de forma elocuente ante la conducta del tráfico y el diverso nivel de servicio. El aporte para nuestra tesis es que será referencia para el logro de nuestro tercer objetivo que es obtener los niveles de servicio en la intercepción semaforizada Av. Hoyo Rubio-Vía norte según la metodología HCM 2010.

(Ashhad V. y Cabrera M. y Roa M, 2020) en su artículo de investigación titulado “Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil – Ecuador” tiene como objetivo principal el plantear diversas soluciones a la problemática de congestionamiento vial en la Av. Pedro Méndez Gilbert, que afecta

constantemente a los ciudadanos, por lo tanto, la investigación efectuada mantuvo como finalidad evaluar opciones que aceptaran aumentar el nivel de servicio. La investigación se realizó con una tarea de campo en el cruzamiento, punto de ingreso al igual que salida de un solo tramo total que llegó a ser de 900 metros de longitud y con un método de recojo de datos el cual residió en la observación. Las intersecciones se caracterizaron por los parámetros dependientes del flujo de tráfico y sistema de semáforos, por encima la base obtenida se planificó también un aumento a 5 años de 135170 a 190424 vehículos, en vista de lo considerado se comprobó que la causa principal del congestionamiento vial es debido a la partición de los periodos de tiempos de repartición del ciclo semafórico, y el acumulamiento el cual se ejerce por los colectores de metro vía y por los buses alimentadores. El aporte para nuestra tesis será comprender y determinar la demora promedio aplicando las fases de semaforización de la intercepción Av. Hoyo Rubio-Vía Norte; esto nos permitirá cumplir con el tercer objetivo específico.

2.1.2. Nacionales

(Ángeles O. 2020) en su tesis titulada “Análisis de la aplicabilidad de la metodología HCM 2010 en una Rotonda en la Ciudad de Lima” presenta como objetivo principal buscar medidas de mitigación ante la saturación de las vías, es por ello que se analizó la afluencia vehicular en los distintos tipos de uniones en vista que en estas es donde la afluencia se muestra constantemente interrumpido. Un claro ejemplo de estas se encuentra en las rotondas, que son

equivalentes a dispositivos viales lo suficientemente corrientes en toda la ciudadanía. Las uniones se evalúan gracias a distintos modelos vehiculares pero su clasificación se basa con exclusividad en determinísticos y en micro simulación. Por el motivo antes mencionado, la actual tesis tuvo como finalidad principal, evaluar la idoneidad de la metodología con la cual se trabajó que es HCM 2010 para demostrar la cabida de entrada a la rotonda “Los Delfines” que tiene como ubicación la ciudad de Lima. Frente a esto, se aplicó la metodología en una variabilidad de periodos de tiempo. y con los resultados obtenidos se pudo concluir que no resultó aplicable para el cálculo de capacidad del carril tanto derecho como de izquierdo para el desarrollo de análisis de la rotonda”. El aporte para nuestra tesis es analizar la importancia de un buen estudio de tráfico y la saturación en las vías por la incidencia que tiene en el planteo de nuestra tesis.

(Arguedas y Mosqueira, 2022) en la tesis titulada “Propuesta de Solución Integral en la Av. Del Aire entre las Avenidas Aviación, San Luis y Rosa Toro, mediante un Análisis de la Congestión Vehicular Aplicando la Metodología HCM 2010” tiene por finalidad proponer una solución integral al congestionamiento vial, solución semejante a la existencia del área de investigación que consiga aumentar los niveles de servicio en las uniones puesto que actualmente la condición del congestionamiento vehicular aumenta cada día en las uniones de la Av. Del aire entre las Av. Aviación, San Luis y Rosa Toro, por consiguiente, mediante las bases y análisis de las áreas de estudio adecuado, mejorará los niveles de servicio. Todo ello parte del estudio

de la metodología de investigación Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010), teniendo en cuenta esto se presentaron los datos de variabilidad del tiempo del semáforo, el dato obtenido se concluyó que los aforos y características geométricas de las vías e intersecciones, a fin de, posteriormente ejecutar el análisis de cálculo imprescindible y así se logró decidir la altitud de servicio de cada una de las uniones.

El aporte para nuestra tesis es la importancia de la variabilidad del tiempo de semaforización ya que con ello vamos a satisfacer el cumplimiento del segundo objetivo específico

2.1.3. Locales

(Rojas H, 2019) en su tesis titulada “Análisis de la capacidad y niveles de servicio de la Avenida Mario Urteaga, tramo: Jr. Dos de mayo hasta el Óvalo El Inca; según la metodología HCM 2010, Cajamarca 2018”. Tiene por motivo de investigación distinguir la suficiencia y niveles de servicio de la Av. Mario Urteaga, tramo: Jr. Dos de Mayo hasta el Óvalo El Inca, haciendo uso de la metodología HCM 2010, el análisis de la investigación se basó en el sección de vía con una capacidad total de 532 veh/h respecto al nivel de servicio “E”; del mismo modo para la intersección semaforizada se desarrolló bajo el análisis de las capacidades de 372 veh/h con un acceso de Sur Este, 278 veh/h con un acceso de Norte Oeste, 299 veh/h con un acceso de Sur Oeste y para la capacidad de 257 veh/h con un acceso de Norte Este, respecto con niveles de servicio “F” en forma conjunta y también por separado. Como resultados de la presente investigación se corroboró la suposición suscrita que los niveles y la capacidad de

servicio de la Av. Mario Urteaga, tramo de Jr. Dos de mayo hasta el Óvalo El Inca, se concluye que. “Corresponden básicamente a las condiciones de circulación inferiores, conforme lo descrito y analizado mediante la clasificación de la metodología HCM 2010”. El aporte para nuestra tesis es la importancia de los niveles de servicio de las vías en estudio ya que con ello vamos a satisfacer el segundo objetivo de nuestra investigación

(Gamarra y Vargas, 2021) en su tesis titulada “Análisis de congestiónamiento vial mediante la metodología HCM 2010, en las intersecciones semaforizadas número 062 y 070 del SIT de la ciudad de Trujillo, 2021” se tuvo como finalidad principal, disminuir el congestiónamiento vehicular evidenciando las principales causas como lo es pocas fases semafóricas, poca existencia de señalización vertical, incorrecto funcionamiento de la señales de manera horizontal para la dirección del flujo vehicular, el precario diseño geométrico en dos intersecciones entre otros causas. La presente investigación se realizará con la metodología de HCM 2010 basándose en los cálculos obtenidos de entrada en campo para analizar por medio de un procesador de hojas de estudio para luego realizar un modelamiento de la disposición presente por el cual el software Synchro Traffic 11 visualiza el contratiempo de aglomeración y ofrece resoluciones para la mejora, la conclusión del desarrollo del análisis fue la mejora notoria del ciclo siendo la más óptima solución a un futuro inmediato, mostrando un aumento significativo cerca del 72.45% hacia la unión 01 además de eso, mejoró el nivel de servicio sobre la unión 02

desplazándose del tipo “F” hacia el tipo “E”. Al finalizar se incrementó en gran parte una idea final de mejora, que fue comprender fases peatonales utilizables en las uniones semaforizadas de 062 y 070 del “SITT” de la ciudad de Trujillo. El aporte para nuestra tesis es la importancia de los niveles de servicio de las vías en estudio ya que con ello vamos a satisfacer el segundo objetivo de nuestra investigación.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Pavimentos.

Los pavimentos se describen como una estructura compuesta por varias capas superpuestas de manera horizontal, que deben ser planificadas y construidas teniendo en cuenta factores como la selección de materiales adecuados y una compactación adecuada, entre otras consideraciones que se toman en cuenta para que este pueda tener la resistencia necesaria para soportar las cargas constantes de tránsito en su vida útil para el cual fueron diseñadas.

2.2.2. Tipos de pavimentos

- **Pavimentos flexibles.** Estos pavimentos están conformados por una carpeta de rodamiento en la parte superior, la cual se apoya sobre dos capas denominadas base y sub base, todo este conjunto estructural se encuentra apoyado sobre la sub rasante.

2.2.3. Método Pavement condition Index (PCI)

También conocido como Índice de condición del pavimento el cual nos permite evaluar a los pavimentos flexibles y rígidos, esto con el objeto

de determinar el índice de integridad del pavimento y su condición operacional en la superficie, la cual permite determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función a la condición del pavimento de estudio.

El PCI consta de un indicador numérico que va desde cero, considerado este para un pavimento fallado, hasta cien, siendo este para un pavimento en perfectas condiciones y se clasifica de la siguiente manera.

Tabla 1

Rangos de calificación PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Nota: Clasificación brindada por el índice de condición del pavimento.

Además, para calcular la densidad de las fallas se usa la siguiente ecuación.

Ecuación 1 Cálculo de densidad.

$$d = \frac{A_t}{A_m} * 100\%$$

Donde.

- A_t = Área total de la falla respectiva
- A_m = Área total de la muestra de estudio.

Para determinar el número máximo admisible de valores deducidos se hace mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 2 Valor máximo admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV)$$

Donde.

- *HDV* = Número mayor de los valores deducidos

Ecuación 3 Índice de condición de pavimento.

$$PCI = 100 - (Máx.VDC O total VD)$$

Donde.

- *Max.VDC* =Valor deducido corregido Máximo.

2.2.4. Tipos de fallas

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés, Pavement Condition Index) examina 19 tipos de problemas más frecuentes que contribuyen al declive gradual de los pavimentos flexibles. Estas dificultades se clasifican en 4 categorías.:

Tabla 2

Resumen de fallas en pavimentos flexibles.

Tipo de pavimento	Categoría de fallas	Falla
Pavimento Flexible	Fisuras y grietas	Piel de cocodrilo
		Fisuras en bloque
		Fisuras de borde
		Fisuras de reflexión de junta
		Fisuras longitudinales y transversales

	Fisuras parabólicas o por desplazamiento
	Abultamientos y hundimientos
	Corrugación
Deformaciones superficiales	Depresión
	Ahuellamiento
	Desplazamiento
	Hinchamiento
	Baches
Desprendimientos	Peladuras por intemperismo y desprendimiento de agregados
	Exudación
Otras fallas	Agregado Pulido
	Desnivel carril - Berma
	Parches

Nota: Fallas en pavimento flexible

A continuación, se ofrecerá una breve explicación de las deficiencias detectadas en el sitio de nuestra investigación, abordando las causas de su aparición y la manera de reconocerlas, de acuerdo con Vásquez (2002)

2.2.4.1. Piel de Cocodrilo

Se trata de un conjunto de fisuras interconectadas que se originan debido a la fatiga de la capa superficial del pavimento asfáltico, ocasionada por la repetida acción de las cargas del tráfico. Este fenómeno comienza en la parte inferior de la capa asfáltica (o base estabilizada), donde las tensiones y deformaciones unitarias alcanzan niveles más altos bajo la carga de una rueda. Inicialmente, estas grietas se propagan hacia la superficie adoptando una

disposición longitudinal y paralela. Tras sucesivas cargas de tránsito, las grietas se unen, creando configuraciones poligonales con esquinas agudas que configuran un diseño similar a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo.

Este tipo de deterioro se manifiesta exclusivamente en zonas sometidas a cargas repetidas de tráfico, como las marcas dejadas por las llantas. La apariencia de piel de cocodrilo se considera un daño estructural significativo y suele ir acompañada de hundimientos en la superficie.

- **Niveles de severidad**

L (Low: Bajo): Se refiere a grietas finas, capilares que se forman de manera longitudinal y paralela, casi con ninguna interconexión. Estas grietas no muestran desprendimiento del material a lo largo de sus bordes.

M (Medium: Medio): Implica la evolución de grietas tipo "piel de cocodrilo" desde el nivel L, adoptando un patrón o red de grietas que puede presentar un ligero descascarado en algunos casos.

H (High: Alto): Se caracteriza como una red o patrón de grietas que ha progresado de manera que los fragmentos están claramente definidos y los bordes presentan descascarado. En esta categoría, algunos fragmentos pueden desplazarse bajo la constante acción del tránsito.

- **Medida**

Se evalúa la extensión afectada, (ft^2 o m^2). La complejidad para medir este tipo de daño radica en que, con frecuencia, en una zona

deteriorada comparten dos o tres niveles de gravedad. En caso de que estas secciones puedan distinguirse claramente, se deben medir y registrar por separado. De lo contrario, se asignará a toda el área el nivel de gravedad más alto presente.

- **Opciones de reparación**

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Reparación parcial o completa en términos de profundidad (Full Depth).

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobre carpeta. Reconstrucción

Figura 1

Falla de piel de cocodrilo



Nota: De izquierda a derecha, deterioro de tipo piel de cocodrilo con niveles de severidad bajo; mediano y alto; según Vásquez (2002)

2.2.4.2. Huecos

Los huecos son concavidades de dimensiones diminutas en la superficie del pavimento, típicamente con diámetros inferiores a 0.90 m y con similitudes a un cuenco. Normalmente, muestran márgenes afilados y caras verticales en las proximidades de la parte superior. La expansión de los huecos se agudiza debido a la acumulación de agua en su interior. Estos se forman cuando el tráfico desprende fragmentos pequeños de la superficie del pavimento. El deterioro del

pavimento se intensifica por mezclas deficientes en la capa superior, debilidades en la base o subrasante, o cuando se alcanza una condición de piel de cocodrilo de alta severidad. En muchas ocasiones, los huecos son indicadores de problemas en la estructura y no deben ser interpretados erróneamente como desprendimiento o erosión causada por las condiciones climáticas. Si los huecos son generados por una piel de cocodrilo de severidad elevada, deben ser clasificados como tal y no como efectos de meteorización.

- **Niveles de severidad**

Las clasificaciones de gravedad para los huecos con un diámetro inferior a 762 mm se especifican según su profundidad y tamaño, conforme a la Tabla N°03. En el caso de que el diámetro del hueco es superior a los 762 mm, se procede a medir el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirlo entre 5 pies² (0.47 m²) para determinar el número de huecos equivalentes. En el caso que la profundidad sea menor o igual a 25.0 mm, se clasificarán los huecos de severidad media. En otro caso, si la profundidad es superior a 25.0 mm, se considerará que la severidad es alta.

Tabla 3

Niveles de severidad para huecos.

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.70 a 25.40 mm	L	L	M
> 25.40 a 50.80 mm	L	M	H

>50.80mm M M H

Nota: Severidad para la falla de Huecos.

- **Medida**

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

- **Opciones de reparación**

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo. M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

Figura 2

Fallas por huecos.



Nota: De izquierda a derecha, falla por huecos de baja, media y alta severidad.

2.2.4.3. Desprendimiento de Agregados

La meteorización el desprendimiento representan la deterioración de la capa superficial del pavimento, resultante de la pérdida de ligante asfáltico y la presencia de partículas sueltas de agregado. Esta forma de daño sugiere la posibilidad de que el ligante asfáltico haya experimentado un endurecimiento considerable o que la calidad de la mezcla utilizada sea deficiente.

Adicionalmente, la separación de la superficie puede ser

ocasionada por determinados patrones de tránsito, como en el caso de vehículos de orugas. La disminución de la firmeza de la capa superior y la pérdida de agregados resultantes de la filtración de aceites también se contemplan como situaciones de desprendimiento.

- **Niveles de severidad**

L: Se ha iniciado la pérdida de agregados o ligante. En ciertas zonas, la superficie ha empezado a mostrar hundimientos. En situaciones de derrame de aceite, se observa la mancha del líquido, aunque la superficie se mantiene dura y no puede ser penetrada con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Los agregados o el ligante han experimentado una pérdida significativa. La textura superficial muestra una rugosidad intensa y una marcada porosidad. Las áreas ahuecadas, con diámetros inferiores a 10.0 mm y profundidades menores a 13.0 mm, se clasifican como tales; mientras que aquellas con dimensiones mayores se consideran como huecos. En situaciones de derrame de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su capacidad de unión y los agregados se encuentran sueltos.

- **Medida**

La meteorización y el desprendimiento se cuantifican en pies cuadrados (ó metroscuadrados) de área dañada.

- **Opciones de reparación**

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobre carpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Reciclaje.

Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se realiza un parcheo parcial.

Figura 3

Falla por desprendimiento de agregado



Nota: De izquierda a derecha, falla por desprendimiento de agregados de baja, mediana y alta severidad

2.2.5. Ingeniería de Tránsito.

Se refiere a la etapa de la investigación del transporte que se ocupa de la planificación, diseño de ingeniería y operación del tráfico en calles, carreteras, redes, estaciones y territorios adyacentes y su relación con otros medios de transporte.

2.2.6. Clasificación Vehicular.

Se encuentra regulada por el Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, el cual mediante Decreto Supremo decreta los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos para que puedan transitar, operar.

- **Categoría L.** Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

L1: Vehículos de 2 ruedas, velocidad máxima de 50 km/h.

L2: Vehículos de 3 ruedas, velocidad máxima de 50km/h.

L3: Vehículos de 2 ruedas, velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, velocidad mayor a 50 km/h.

L5: Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal, velocidad mayor a 50 km/h y peso no mayor a una tonelada.

- **Categoría M.** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de 8 pasajeros o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos más de 8 pasajeros, sin contar al conductor, con un peso menor a 5 toneladas.

M3: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar al conductor, con un peso mayor a 5 toneladas.

Según la disposición de pasajeros, las categorías M2 y M3 se categorizan de la siguiente manera:

Clase I: Vehículos con área para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.

Clase II: Vehículos contruidos mayormente para el transporte de pasajeros sentados y, también para pasajeros de pie en el pasadizo.

Clase III: Vehículos contruidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Categoría N. Vehículos automotores de cuatro o más ruedas diseños para el transporte de mercancía.

2.2.7. Vía Urbana.

- **Acera.** Parte de una calle urbana, diseñada exclusivamente para peatones o transeúntes y a una altura diseñada para facilitar el acceso peatonal con accesos adecuados para peatones con alguna discapacidad.
- **Calzada.** Superficie especialmente construida para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados.
- **Carril.** Parte de la calzada de un ancho adecuado para la circulación de una sola fila de vehículos.
- **Cunetas.** Ubicadas paralelamente a la calzada destinadas a facilitar el drenaje.

2.2.8. Velocidad.

La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, comúnmente como kilómetros por

hora (km/h). El HCM usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad,

- **Velocidad promedio de viaje.** Se calcula dividiendo la longitud del tramo entre el tiempo promedio que toma a los vehículos atravesar dicho tramo, teniendo en cuenta los períodos de demora debido a las paradas. (HCM, 2010)
- **Velocidad de Flujo Libre.** Se describe como la velocidad media de los vehículos en una sección específica, examinada en índole de bajo tráfico, en el cual los conductores poseen la libertad para circular a la velocidad que ellos quieran sin restricciones por la presencia de otros vehículos. (HCM, 2010)

2.2.9. Demora

Se constituye una medida importante de desempeño en elementos de un sistema de flujo interrumpido.

Se presentan varios casos de demora.

- **Demora por control.** Es la demora central evaluada según el HCM para analizar el nivel de servicio en intersecciones con semáforo. Esta demora surge debido a figura de un dispositivo de control de tráfico en la intersección y toma la demora originada por la desaceleración de los vehículos al aproximarse a la intersección, con el tiempo utilizado en la detención, el periodo dedicado a avanzar en la cola y el tiempo necesario para acelerar hasta alcanzar la velocidad deseada. (HCM, 2010)
- **Demora Geométrica.** Causada por la geometría de la vía.

- **Demora por Incidente.** Causado como resultado de un incidente vehicular u otro que genere tiempo adicional de viaje.
- **Demora por tránsito.** Causada por la interacción con otros vehículos, lo cual genera una reducción de velocidad por debajo de una velocidad de flujo libre.

2.2.10. Conteo del Tráfico

Guarda relación a la cantidad de vehículos los cuales circulan por una precisa vía o cruce, ello por un intervalo de tiempo que puede ser medido en días u horas, dicho conteo puede realizarse de manera manual o automática.

- **Conteo de manera manual.** Se realizará mediante formatos que son usados por los investigadores los cuales se colocan en puntos estratégicos de la zona a intervenir y anotan la cantidad y tipo de vehículos, el intervalo para anotar puede ser establecido en un rango de 5 a 15 min.
- **Conteo de manera automática.** Se realizará mediante dispositivos que son colocados en el tramo de vía a estudiar, el dispositivo envía la data de manera automática a una hoja de cálculo predeterminada en la configuración del dispositivo.
- **Conteo a través de software.** Se realizará mediante la utilización de cámaras las cuales cuentan con un software especializado que determinan la cantidad de vehículos que transitan en su radio de alcance.

2.2.11. Factor de Hora Pico (FHP).

La característica de la hora pico es una vinculo calculado para la evaluación de los niveles de servicio con el propósito de ajustar valores específicos, teniendo en cuenta el momento horario en la que se registra el mayor volumen de tráfico.

En términos numéricos, el factor de hora pico (FHP), también reconocido como el factor horario de máxima demanda (FHMD), se define como una cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico, tomando en cuenta el máximo volumen registrado en un período de quince minutos dentro de esa hora pico.

Al establecer el volumen de diseño por hora de acuerdo con este factor, se supone que la solución propuesta para reconstruir, mejorar o ampliar una carretera en particular cumplirá con condiciones de demanda más estrictas.

En el Manual de Capacidad de Carreteras del año 2010, se presenta la siguiente fórmula para la definición del FHP:

Ecuación 4 Factor de hora punta

$$FHP = \frac{\textit{Intensidad en el conjunto de la hora}}{\textit{Intensidad en el período más cargado}}$$

Para intervalos de 15 minutos, el cálculo del FHP se realizara a través de la siguiente formula:

Ecuación 5 Factor de hora punta para el periodo de 15 min.

$$FHP = \frac{I_h}{4I_{15}}$$

Donde:

- FHP: Factor de hora punta
- I_h : Intensidad en el conjunto de la hora (veh/h)
- I_{15} : Conteo de vehículos durante el periodo de 15 min más cargado de la hora (veh).

2.2.12. Nivel de servicio

En general, el nivel de servicio es una medida cualitativa basada en el retraso promedio de cada vehículo por sus diferentes movimientos, y en definitiva, esta medida es la calidad que la vía ofrece a sus usuarios, en comparación con las condiciones de operación.

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de servicio, que será el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que circularán manteniendo dicho nivel. HCM 2010 define seis niveles de servicio, que se describen utilizando las letras de la A hasta la F. El nivel A representa las mejores condiciones de funcionamiento y el nivel F representa las peores condiciones de funcionamiento. Cada nivel de servicio representa un conjunto de condiciones operativas y la percepción que tiene el conductor de esas condiciones.

2.2.12.1. Nivel de servicio para segmento de vía urbana.

- **Nivel de Servicio A.** Los usuarios no se ven afectados por la influencia de otros vehículos en el tráfico y tienen la capacidad de elegir la velocidad y el control de maniobra dentro del tránsito.

- **Nivel de Servicio B.** Los usuarios tienen un flujo vehicular estable, aunque se ven otros vehículos en circulación. La capacidad de elegir la velocidad deseada sigue estando relativamente inafectada, pero disminuye la libertad de maniobra en relación con el Nivel A.
- **Nivel de servicio C.** Los usuarios tienen un flujo vehicular estable, pero se ve alterado de una forma significativa debido a otros usuarios en la vía, esto hace que la velocidad y las maniobras se vean restringidas. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
- **Nivel de servicio D.** Los usuarios tienen un flujo vehicular elevado, aunque estable. Se restringen significativamente la velocidad y la libertad de maniobra, tanto conductor como peatón experimentan nivel de comodidad y conveniencia bajo, asimismo las condiciones son tolerables por periodos cortos.
- **Nivel de servicio E.** Las condiciones de funcionamiento alcanzan aproximadamente el límite de capacidad. La velocidad de los usuarios se ve reducida de manera significativa y constante. El nivel de comodidad y conveniencia es muy bajo mientras que el nivel de frustración en conductores y peatones aumenta, El flujo es inestable ya que ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.
- **Nivel de servicio F.** Los usuarios tienen un flujo vehicular forzado. Esto se produce cuando la calidad de tránsito que se acerca a un punto excede la capacidad que puede pasar por él; lo que genera

colas, donde se generan ondas de parada y arranque extremadamente inestables. En casos extremos los valores de la Velocidad y volumen pueden tener un valor “0”.

Tabla 4

Niveles de servicio para segmentos urbanos.

Velocidad de recorrido como porcentaje de la velocidad de flujo libre base (%)	NS por relación Volumen - Capacidad	
	≤ 1.0	>1.0
> 85	A	
> 67 - 85	B	F
> 50 - 67	C	F
> 40 - 50	D	F
> 30 - 40	E	F
≤ 30	F	F

Nota: Nivel de servicio para segmentos de vía

2.2.12.2. Nivel de servicio para intersecciones semaforizadas.

Los niveles de servicio pueden describir tanto la intersección en su totalidad como cada acceso individualmente, considerando grupos de carriles o grupos de movimientos. Para ello, se calculan previamente el retraso bajo control y la relación entre el volumen de tráfico y la capacidad para definir los respectivos niveles de servicio.

- **Nivel de servicio A.** se caracterizan como operaciones eficientes aquellas con un retraso por control 10 seg/v o menos y una relación entre el volumen y la capacidad que no exceda a 1. Se asigna cuando la relación Volumen – Capacidad es baja, y los desplazamientos favorables o cuando la duración de ciclo del semáforo es muy corta, la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y atraviesa la intersección sin detenerse.

- **Nivel de servicio B.** Se refiere a desplazamientos con una demora por control que oscila entre 10 y 20 s/veh y una relación volumen – capacidad que no exceda a 1. Se asigna cuando la relación volumen – capacidad es baja, la sucesión es favorable y el ciclo es breve, se observa que se detienen más vehículos que el nivel de servicio A.
- **Nivel de servicio C.** Se refiere a desplazamientos con una demora por control entre 20 y 35 s/veh y una relación volumen – capacidad que no exceda a 1. Se asigna cuando la sucesión es favorable y el ciclo moderado. En este nivel aparecen fallas en el ciclo, y el número de vehículos que se detienen es significativo.
- **Nivel de servicio D.** Se refiere a desplazamientos con una demora por control entre 35 y 55 s/veh y una relación volumen – capacidad no mayor a 1. Se asigna cuando la relación volumen – capacidad es alta y la duración de ciclo es larga. Varios vehículos se detienen y se notan fallas en los ciclos.
- **Nivel de servicio E.** Se refiere a desplazamientos con una demora por control entre 55 y 80 s/veh y una relación volumen – capacidad es alta, la sucesión es desfavorable y el ciclo es largo.
- **Nivel de servicio F.** Se refiere a desplazamientos con una demora por control mayor a 80s/veh o una relación que excede a 1. Se asigna cuando la relación volumen – capacidad es muy alta.

Tabla 5*Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas.*

Demora por control (s/veh)	NS por relación Volumen - Capacidad	
	≤ 1.0	>1.0
≤ 10	A	
$> 10 - 20$	B	F
$> 20 - 35$	C	F
$> 35 - 55$	D	F
$> 55 - 80$	E	F
> 80	F	F

Nota: Nivel de servicio para intersecciones semaforizadas

2.2.13. Intersección semaforizada.

Una intersección semaforizada se caracteriza por ser un cruce en el que se encuentra instalado un dispositivo de control de tráfico especial, como un semáforo. Este sistema de señalización vial se emplea para regular la circulación de vehículos y peatones utilizando tres colores distintos: Rojo, ámbar y verde.

2.2.13.1. Semáforos.

Los semáforos son mecanismos de señalización que regulan la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en las vías. Estos dispositivos asignan el derecho de paso o la prioridad de manera secuencial mediante luces de color rojo, ámbar y verde, las cuales son controladas por una unidad electrónica.

Los semáforos desempeñan un papel esencial en la gestión y la seguridad del tráfico tanto para vehículos como para peatones. Debido a la asignación previamente establecida o determinada por las

autoridades de tránsito en las intersecciones y otros puntos de las carreteras, los semáforos tienen un impacto significativo en el flujo del tráfico.

2.2.13.2. Diseño de semáforo.

La terminología fundamental en el contexto de la programación de semáforos en el tráfico se explica de la siguiente manera:

- **Ciclo:** Se refiere a la secuencia completa de indicaciones de un semáforo.
- **Duración del ciclo:** Es el tiempo total que tomará completar un ciclo de señalización del semáforo, medido en segundos y representado por el símbolo “C”
- **Intervalo:** Este término se utiliza para describir el periodo durante el cual las indicaciones del semáforo se mantienen constantes.
- **Fase:** Es una parte específica del ciclo asignada a una combinación particular de movimientos de tráfico.
- **Intervalo de cambio y limpieza:** Indica el periodo que abarca la señal amarilla junto con el tiempo en que el semáforo muestra la luz roja entre las fases, diseñado para permitir la limpieza en la intersección antes de que los movimientos conflictivos tengan lugar. Se mide en segundos y se representa con el símbolo “Y”.
- **Tiempo de verde:** Es la duración del tiempo en una fase en la que la luz del semáforo muestra el color verde, expresado en segundos y simbolizado como “g”

- **Intervalo de despeje:** Se refiere al tiempo durante el cual se muestra la indicación amarilla del semáforo.
- **Intervalo todo rojo:** Indica el tiempo en el que se muestra una luz roja para todo el tráfico que se prepara para avanzar

Estos términos son esenciales para comprender y diseñar eficazmente la operación de los semáforos de tráfico.

2.2.13.3. Fases de un semáforo.

La fase de un semáforo se define como una parte integral del ciclo de señalización del semáforo y comprende un intervalo de tiempo en el que se muestra la luz verde, seguido de los intervalos de ámbar y rojo. Esta combinación de tiempos conforma una serie de intervalos que permiten un movimiento específico para vehículos o peatones en una intersección. Además, la fase tiene la función de prevenir o resolver los conflictos que puedan surgir en una intersección, asegurando un cruce seguro para todos los usuarios.

2.2.13.4. Tipos de semaforización.

Con el avance tecnológico continuo, los semáforos modernos pueden ofrecer ventajas competitivas en la gestión del tiempo en comparación con los dispositivos antiguos. Estas mejoras se logran a través de controladores internos que pueden adoptar diferentes enfoques:

- **Semáforos con control de tiempo fijo (Prefijados).** En estos sistemas, la secuencia de fases se muestra en un orden

predefinido y repetitivo, sin adaptarse a las condiciones del tráfico en tiempo real.

- **Semáforos con control totalmente accionado.** Estos semáforos permiten una distribución de tiempos en todos los accesos de la intersección que se ajusta según la demanda vehicular. Utilizan detectores de vehículos y flujo para determinar cuánto tiempo se debe asignar a cada fase, asegurando un tiempo de verde mínimo. Esto optimiza la eficiencia del tráfico.
- **Semáforo con control semi- actuado.** En estos sistemas, algunos accesorios, generalmente los de la vía secundaria, están equipados con detectores, mientras que otros no lo están. Esto permite una adaptación parcial a las condiciones del tráfico, ya que algunos movimientos de tráfico pueden ser controlados de manera más eficiente, mientras que otros siguen un patrón predefinido.

2.2.14. Volumen y Tasa de Flujo

Se determina mediante la fórmula $q=N/t$, que se basa en el número de vehículos, el intervalo de tiempo específico y la tasa de flujo; la cual tiene como unidades veh/min o veh/h. A través de la dicha fórmula se obtiene un intervalo que estará en función a la cantidad de vehículos que circulan y el tiempo que demora dicho vehículo en desplazarse por un carril, dicho tiempo no será mayor a una hora.

2.2.15. Parámetros básicos del flujo vehicular

Los parámetros básicos para la determinación del flujo vehicular y/o del nivel de servicio en concordancia con el HCM – 2010, Son:

- 2.2.15.1. Volumen.** Cantidad completa de vehículos que cruzan una sección específica de la carretera en un lapso de tiempo determinado. Este periodo puede variar, pero generalmente se expresa en periodos como años, días, horas o fracciones de una hora.
- 2.2.15.2. Flujo Vehicular.** Hace mención a la tasa equivalente por hora en la que los vehículos atraviesan una sección específica de la carretera durante un periodo inferior a una hora, normalmente en intervalos de 15 minutos.
- 2.2.15.3. El grado de saturación.** Establece una relación entre el flujo vehicular y la capacidad de la carretera a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 6 Grado de saturación

$$x = \frac{v}{c}$$

Donde:

- x : *Grado de saturación.*
- v : *Flujo vehicular correspondiente a los 15 min. punta $\left(\frac{veh}{h}\right)$.*
- c : *Capacidad vehicular $\left(\frac{veh}{h}\right)$.*

Correspondiente a $x \geq 1$ a un flujo saturado, y $x < 1$, a un flujo no saturado.

2.2.16. Metodología para el análisis de segmentos de calles urbanas.

2.2.16.1. Datos de entrada. Estos datos son especificados de forma individual para cada dirección del segmento estudiado y para cada intersección límite.

Tabla 6

Elementos de entrada

Categoría de datos	Elementos de entrada
Características del tránsito	Flujo en el segmento Número de pistas. Longitud de segmentos.
Diseño Geométrico	Longitud de mediana restrictiva. Proporción de segmentos con solera Puntos de acceso
Otros	Duración del periodo de análisis Velocidad límite

Nota: Los datos se toman en pies (ft) y millas (mi)

2.2.17. Parámetros a utilizar en la evaluación según HCM – 2010.

2.2.17.1. Tiempo en movimiento. Se describe un procedimiento para calcular el tiempo de desplazamiento en el segmento en este paso. Este procedimiento implica la determinación de la velocidad de flujo libre, la aplicación de un factor de ajuste para la proximidad entre vehículos y la consideración del tiempo de desplazamiento adicional causado por diversas fuentes de demora. Cada cálculo se detalla posteriormente, llegando a la conclusión con el tiempo de desplazamiento de los segmentos.

2.2.17.2. Velocidad de flujo libre. Expone la velocidad media de los vehículos que transitan por un sector en situaciones de

escaso volumen y libre de demoras provocadas por figuras de control de tráfico u otro vehículo. El cálculo de la velocidad de flujo libre se basa en la determinación de la velocidad de flujo libre y un factor de ajuste para la separación de señales.

2.2.17.3. Velocidad de flujo libre base. Detalla la velocidad de flujo libre en segmentos largos. Incluye influencia de la velocidad límite, densidad de puntos de acceso, tipo de median, presencia de solera y la calculamos usando la siguiente ecuación:

Ecuación 7 Velocidad de flujo libre base.

$$S_{f0} = S_o + f_{cs} + f_A$$

Donde:

- S_{f0} : Velocidad de flujo libre base (mi/h).
- S_o : Velocidad constante (mi/h).
- f_{cs} : Factor de ajuste para sección transversal (mi/h).

Ecuación 8 Velocidad Constante

$$S_o = 25.6 + 0.47 \cdot S_{pl}$$

Donde:

- S_{pl} : Límite de velocidad (mi/h).

Ecuación 9 Factor de ajuste para la sección transversal (mi/h).

$$f_{cs} = 1.5 * p_m - 0.47 * p_{curb} * p_{rm}$$

Donde:

- p_{rm} : Proporción del segmento con mediana restrictiva (decimal).
- p_{curb} : Proporción del segmento con solera del lado derecho (decimal).

Ecuación 10 Factor de ajuste para puntos de acceso (mi/h)

$$f_A = -0.078 * D_a / N_{th}$$

Con:

$$D_a = 5280 * \left(\frac{(N_{ap,s} + N_{ap,o})}{(L - W_i)} \right)$$

Donde:

- D_a : Densidad de puntos de acceso en el segmento (Puntos/mi).
- N_{th} : Numero de pistas del segmento en la dirección de viaje.
- $N_{ap,s}$: Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección de viaje.
- $N_{ap,o}$: Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección opuesta de viaje.
- W_i : Ancho de intersección semaforizada aguas arriba (ft).

Tabla 7*Factor de ajuste para sección transversal*

Velocidad límite (mi/h)	Velocidad constante S_0 (mi/h)	Tipo de mediana	Porcentaje con mediana restrictiva (%)	Ajuste para sección transversal f_{cs} (mi/h)	
				Sin solera	Con solera
25	37.4		20	0.3	-0.9
30	39.7		40	0.6	-1.4
35	42.1	Restrictiva	60	0.9	-1.8
40	44.4		80	1.2	-2.2
45	46.8		100	1.5	-2.7
50	49.1	No restrictiva	No aplica	0	-0.5
55	51.5	Sin mediana	No aplica	0	-0.5

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010**Tabla 8***Factor de ajuste para puntos de acceso.*

Densidad de puntos de acceso D_a (pts/mi)	Ajuste para puntos de acceso por pista, f_A (mi/h)			
	1 pista	2 pistas	3 pistas	4 pistas
0	0	0	0	0
2	-0.2	-0.1	-0.1	0
4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
10	-0.8	-0.4	-0.3	-0.2
20	-1.6	-0.8	-0.5	-0.4
40	-3.1	-1.6	-1	-0.8
60	-4.7	-2.3	-1.6	-1.2

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

2.2.17.4. Ajuste para espaciamiento de señales. La evidencia empírica nos señala que, en segmentos de longitud reducida, la longitud misma tiende a impactar la elección del conductor respecto a la velocidad de flujo libre disminuye cuando se mantienen constante todos los demás factores. La ecuación siguiente se emplea para calcular el valor de un factor de ajuste que tiene en cuenta esta influencia Ajuste de espaciamiento de señales.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{f0} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0$$

Donde:

- f_L : Factor de ajuste por espaciamiento de señales (adimensional).
- S_{f0} : Velocidad de flujo libre base (mi/h).
- L_s : Distancia entre intersecciones semaforizadas adyacentes (ft)

2.2.17.5. Velocidad de flujo libre. Esta se calcula en base a las estimaciones de la velocidad de flujo libre base y el factor de ajuste por espaciamiento de señales.

Ecuación 11 Velocidad de flujo libre.

$$S_f = S_{f0} * f_L$$

Donde:

- S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h).

2.2.17.6. Factor de ajuste por proximidad entre vehículos. Este aspecto ajusta el tiempo en movimiento en flujo libre para determinar el efecto de la densidad de tránsito. El siguiente calculo se usa para determinar el factor de ajuste por proximidad.

Ecuación 12 Factor de ajuste por proximidad entre vehículos.

$$f_V = \frac{2}{1 + \left(\frac{v_m}{52.8 * N_{th} * S_f} \right)^{0.21}}$$

Donde:

- f_V : Factor de ajuste de proximidad.
- v_m : Razón de flujo de demanda en el segmento (veh/h).
- N_{th} : Numero de pistas del segmento en la dirección de viaje.
- S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h).

2.2.17.7. Demora debido al giro de vehículos. Esta demora se experimenta cuando los vehículos siguen a aquellos que están realizando giros, aunque ellos mismos no efectúan el giro en el punto de acceso. En la planificación y análisis del servicio, se considera el retraso provocado por los vehículos que giran en los puntos de acceso, utilizando el volumen medio del segmento. Los valores indican el retraso asociado con los giros a la izquierda y derecha, y el resultado se multiplica por el número de accesos en el segmento para estimar el retraso total debido a giros en ambas direcciones.

Tabla 9*Demora debido al giro de vehículos*

Volumen medio del segmento (veh/h/ln)	Demora de vehículos por el número de carriles (s/veh/pt)		
	1 carril	2 carriles	3 carriles
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

Los datos de la Tabla N° 6 reflejan giros a la izquierda y la derecha, cada uno representando el 10% del tráfico que se desplaza desde el segmento hacia el acceso. En caso de que los porcentajes reales de giros sean inferiores al 10%, los retrasos pueden reducirse de manera proporcional. Por ejemplo, si el punto de acceso en cuestión tiene un 5% de giros a la izquierda y un 5% de giros a la derecha, los valores se multiplicarían por 0,5 (es decir, 5/10) para ajustarlos adecuadamente.

2.2.17.8. Demora ocasionada por otros factores. Existen otros factores que pueden provocar que un conductor disminuya la velocidad o experimente retrasos al transitar a lo largo de un segmento. Por ejemplo, un vehículo que está llevando a cabo una maniobra de estacionamiento en paralelo puede ocasionar ciertos retrasos. No obstante, es importante destacar que la metodología actual solo contempla

procedimientos para estimar el retraso atribuido a los vehículos que realizan giros.

2.2.17.9. Tiempo en movimiento en el segmento. Se calcula aplicando la siguiente ecuación.

Ecuación 13 Tiempo en movimiento en el segmento.

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025 * L} * f_x + \frac{3600 * L}{5280 * S_f} * f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other}$$

Con:

$$f_x = \begin{cases} 1.00 & (\text{Movimiento controlado por semáforos o señales}) \\ 0.00 & (\text{movimiento no controlado}) \\ \min[v_{th}/c_{th}, 1.00] & (\text{movimiento controlado por ceda el paso}) \end{cases}$$

Donde:

- t_R : Tiempo en movimiento en el segmento
- l_1 : Pérdida de tiempo en la partida = 2.0 si es semaforizado, y 2.5 si es pare o ceda el paso, (s).
- L : Longitud de segmento (ft).
- f_x : Factor de ajuste por tipo de control.
- v_{th} : Razón de flujo de demanda a través del segmento (veh/h)
- c_{th} : Capacidad del movimiento a través del segmento (veh/h)
- $d_{ap,i}$: Demora debido a giros a la izquierda y derecha desde la calle hacia el punto de acceso, (s/veh).
- N_{ap} : Número de puntos de acceso influyentes que se aproximan a lo largo del segmento = $N_{ap,s} + P_{ap,lt} N_{ap,o}$ (Puntos).

- $N_{ap,s}$: Número de puntos de acceso próximos en el lado derecho de la dirección de viaje, (puntos).
- $N_{ap,o}$: Número de puntos de acceso en el lado derecho opuesto a la dirección de viaje, (puntos).
- $P_{ap,lt}$: Proporción de N_{ap} que se puede acceder por un giro a la izquierda desde la dirección de viaje.
- D_{other} : Demora debido a otras fuentes a lo largo del segmento, (s/veh).

2.2.17.10. Tiempo de propagación vehicular. La demora que experimentan los vehículos al abandonar el segmento constituye la base para la estimación del tiempo de viaje. Esta demora resulta de la combinación de dos fuentes: el control de retardo (derivado del manejo del tráfico en la intersección) y el retraso geométrico (proveniente de la configuración geométrica de la intersección). Se calcula mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

Ecuación 14 Tiempo de propagación vehicular.

$$d_t = \frac{d_{th} * v_t * N_t + d_{sl} * v_{sl} * (1 - P_L) + d_{sr} * v_{sr} * (1 - P_R)}{v_{th}}$$

Donde:

- d_t : Tiempo de propagación vehicular (s/veh)
- v_{th} : Demanda vehicular (veh/h).
- d_{th} : Retraso en el carril (s/veh)

- v_t : Flujo en el carril (veh/h/ln)
- N_t : Número de carriles (ln)
- d_{sl} : Retraso de vehículos que giran a la izquierda (s/veh)
- v_{sl} : Índice de flujo de los vehículos que giran a la izquierda (veh/h).
- d_{sr} : Retraso de vehículos que giran a la derecha (s/veh)
- v_{sr} : índice de flujo de los vehículos que giran a la derecha (veh/h)
- P_L : Proporción de vehículos que giran a la izquierda (Decimal).
- P_R : Proporción de vehículos que giran a la derecha (Decimal).

2.2.17.11. Velocidad de desplazamiento. Es calculada aplicando la siguiente formula.

Ecuación 15 Velocidad de desplazamiento.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 * L}{5280 * (t_R + d_t)}$$

Donde:

- $S_{T,seg}$: Velocidad de desplazamiento vehicular a través del segmento (mi/h).
- L : Longitud del segmento (ft).
- t_R : Tiempo de recorrido (s).
- d_t : Tiempo de propagación vehicular (s/veh).

2.2.17.12. Nivel de servicio. Se realiza el cálculo para ambas direcciones a lo largo del segmento, el cual se define mediante dos criterios. El primer criterio establece la relación entre la velocidad de desplazamiento y un porcentaje de la velocidad de flujo libre base. El segundo criterio considera la relación entre el volumen de tráfico y la capacidad del segmento, como se indica en la Tabla N° 1.

En cuanto a la evaluación de la capacidad y el nivel de servicio proporcionado a los usuarios en una intersección señalizada, el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) 2010 para el modo vehicular propone la utilización de los siguientes parámetros:

2.2.17.13. Tasa de flujo de saturación ajustada.

- Tasa de flujo de saturación S_0 : 1900.
- Factor por ancho de carril del grupo:

Tabla 10

Factor por ancho de carril del grupo.

Ancho promedio de carril (w)	Fw
$2.40 \leq W < 3.00$	0.96
$3.00 \leq W \leq 3.87$	1.00
$3.87 < W < 4.80$	1.04

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

- Presencia de vehículos pesados.

Ecuación 16 Factor por vehículos pesados en el acceso

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

Donde:

- f_{HV} : Factor por vehículos pesados en el acceso.
 - P_{HV} : Porcentaje de vehículos pesados en el grupo (%).
 - E_T : Número equivalente de autos por vehículos pesados = 2.0.
- Factor por pendiente en el acceso:

Ecuación 17 Factor por pendiente en el acceso

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

Donde:

- f_g : Factor por pendiente en el acceso.
- P_g : Pendiente en el acceso para el grupo de carril (%).

Positivo si es cuesta arriba y negativo si es cuesta abajo.

$$-6.00 \leq P_g \leq +10.00$$

- Factor por estacionamiento adyacente al grupo:

Ecuación 18 Factor por estacionamiento.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

- N_m : Maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo.
- N : Número de carriles por grupo.

Para estacionamiento adyacente al grupo dentro de los 75 m antes de llegar a la intersección.

Si no existe estacionamiento este valor tiene un valor de 1.00.

Valor máximo para $N_m = 180 \text{ veh}/h$

Valor mínimo para $f_p = 0.050$

- Factor por bloqueo de buses que se mantienen en la zona.

Ecuación 19 Factor por bloqueo de buses.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

- N_b : Frecuencia de paradas de buses en el acceso (Buses/h).
- N : Número de carriles por grupo.

Para buses que se detienen a recoger o dejar pasajeros dentro de los 75 m llegando a la intersección

Valor máximo para $N_b = 250 \text{ Buses}/h$

Valor mínimo para $f_{bb} = 0.050$

- Factor por tipo de área (f_a):

Si el área de estudio se ubica en el centro de la ciudad u un área donde el diseño geométrico, tráfico o flujo peatonal sea tal que los tiempos de espera se incrementan significativamente $f_a = 0.90$

Si está ubicado en cualquier otra área: $f_a = 1.00$.

- Factor de ajuste por utilización de carril (f_{LU}).

Ecuación 20 Factor de ajuste por utilización de carril.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}}$$

Donde:

- v_g : Demanda para el grupo de movimiento (veh/h).
- v_{g1} : Demanda del carril exclusivo con el volumen más alto del grupo de movimiento (veh/h).
- N_e : Número de carriles exclusivos en el grupo de movimiento.

Se utiliza cuando el grupo de movimiento tiene más de un carril exclusivo.

- Factor por giros a la izquierda (f_{LT}).

Ecuación 21 Factor de giros a la izquierda.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Tabla 11

Factor por giro a la izquierda en un grupo (f_{LT}).

Tipo de carril	E_L	
	Equivalente ADE para vehículos de giro a la izquierda	f_{LT}
Giros a la izquierda con fase protegida o sin oposición		
Un carril exclusivo o compartido	1.05	0.95
Dos o más carriles exc. o compartidos	1.09	0.92
Calles de un solo sentido o intersecciones en T		
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exc. o compartidos	1.33	0.75

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

Tabla 12

Factor por giro a la izquierda en un grupo (f_{LT}). Con carril compartido y presencia de flujo opuesto.

Giros a la izquierda carril compartido con presencia de flujo opuesto							
Flujo opuesto	1	200	400	600	800	100	1200
E_L	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda carril exclusivo con presencia de flujo opuesto							
Flujo opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
E_L	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

- Factor por giro a la derecha en un grupo (f_{RT}).

Ecuación 22 Factor por giro a la derecha en el acceso.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Tabla 13

Factor por giro a la derecha en un grupo (f_{RT}).

Tipo de carril	E_R	
	Equivalente ADE para vehículos de giro a la derecha	f_{RT}
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exc. o compartidos	1.33	0.75

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

- Peatones y bicicletas vías de un solo sentido.

Ecuación 23 Cantidad de peatones y bicicletas en la vía.

$$v_{pedg} = v_{ped} \frac{C}{g_{ged}} \leq 500$$

$$\text{Si } v_{pedg} \leq 1000 \text{ p/h} \quad OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000}$$

$$\text{Si } v_{pedg} > 1000 \text{ p/h} \quad OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{v_{pedg}}{2000} \leq 0.90$$

Donde:

- v_{pedg} : Demanda de peatones durante el tiempo de verde (p/h).
- v_{ped} : Demanda de peatones en la hora pico (p/h).
- C : Longitud del ciclo del semáforo (s).
- g_{ped} : Tiempo de verde para el paso de peatones.
- OCC_{pedg} : Ocupación de peatones en verde.

Si no hay semáforo para peatones se considera g_{ped} como el verde efectivo de la fase.

Solo peatones.

Ecuación 24 Zona de conflicto importante.

$$OCC_y = \frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg}$$

Donde:

- g_{pedg} : Tiempo de verde para el paso de peatones.
 - g : Tiempo de verde para la fase de grupo.
 - OCC_{pedg} : Ocupación de peatones en verde.
 - OCC_y : Zona de conflicto importante.
- Presencia de peatones y bicicletas en vías de dos sentidos.

Ecuación 25 Tiempo de verde acceso Opuesto.

$$g_q = g_p - g_u$$

$$\text{Si } g_q < g_{ped}, \quad OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 * \frac{g_q}{g_{ped}}\right)$$

$$\text{Si } g_q \geq g_{ped}, \quad OCC_{pedu} = 0.0$$

Donde:

- g_q : Tiempo de verde acceso opuesto (s).
- g_p : Tiempo de verde permitido del acceso (s).
- g_u : Tiempo de verde giro a la izquierda (s).
- C : Periodo del ciclo del semáforo (s).
- g_{ped} : Tiempo de verde para el paso de peatones (s).
- OCC_{pedg} : Ocupación de peatones en verde.
- OCC_{pedg} : Ocupación de peatones después de que la fina opuesta se borra.

Solo peatones (para vías de dos sentidos):

Ecuación 26 Zona de conflicto importante.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} OCC_{pedu} e^{-5 v_o / 3600}$$

Donde:

- g_q : Tiempo de verde acceso opuesto (s).
- g_p : Tiempo de verde permitido del acceso (s).
- g_{ped} : Tiempo de verde para el paso de peatones (s).
- v_o : Flujo opuesto (Veh/h).
- OCC_{pedu} : Ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra
- OCC_y : Zona de conflicto importante.

Para carriles de recepción iguales o menores que carriles de vuelta:

Ecuación 27 Tiempo zona desocupada para carriles menores.

$$A_{pbt} = 1 - OCC_y$$

Para carriles de recepción mayores que carriles de vuelta.

Ecuación 28 Tiempo zona desocupada para carriles mayores

$$A_{pbt} = 1 - 0.6 * OCC_y$$

$$A_{pbT} = \text{Tiempo zona desocupada (s)}$$

- Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda.

Tabla 14

Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda (f_{Lpb}).

Tipo de carril	f_{Lpb}
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1.00
Calle de un solo sentido	A_{pbT}
Calle en dos sentidos con giro permitido a la izquierda.	A_{pbT}
Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda	A_{pbT}
Calle en dos sentidos con giro protegido a la izquierda sin flujo opuesto	1.00

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

- Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la derecha

(f_{Rpb}) .

Tabla 15

Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la derecha (f_{Lpb}).

Tipo de carril	f_{Lpb}
No hay peatones o ciclistas en conflicto.	1.00
Giro permitido a la derecha.	A_{pbT}
Giro permitido y protegido a la derecha.	A_{pbT}
Giro protegido a la derecha.	1.00

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

- Proporción de vehículos que llegan en verde.

Ecuación 29 Proporción de vehículos que llegan durante el verde.

$$P = R_p \frac{g}{C}$$

Donde:

- R_p : Flujo de pelotón.
- P : Proporción de vehículos que llegan durante el verde (en decimal).
- g : Tiempo de verde efectivo del acceso (s).
- C : Longitud del ciclo del semáforo (s).

Tabla 16

Flujo de pelotón para caracterización de progreso.

Flujo de pelotón	Tipo de llegada	Progreso
0.33	1	Muy Pobre
0.67	2	Desfavorable
1.00	3	Llegada al azar
1.33	4	Favorable
1.67	5	Muy favorable
2.00	6	Excepcionalmente favorable

Nota. Datos obtenidos del HCM - 2010

2.2.17.14. Capacidad y Grado de saturación.

- Flujo de saturación ajustado para cada carril de cada grupo de carril.

Ecuación 30 Tasa de flujo de saturación ajustada.

$$s = s_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Donde:

- s : Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h/ln)
- s_0 : Tasa de flujo de saturación base (pc/h/ln).
- f_w : Factor de ajuste por ancho de carril.

- f_{HV} : Factor de ajuste para vehículos pesados en flujo de tráfico.
 - f_g : Factor de ajuste por grado de aproximación.
 - f_p : Factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento adyacente al grupo de carril.
 - f_{bb} : Factor de ajuste para el efecto de bloqueo de los autobuses locales que paran dentro del área de intersección
 - f_a : Factor de ajuste por tipo de área.
 - f_{Lu} : Factor de ajuste por utilización de carril.
 - f_{LT} : Factor de ajuste para la presencia de un vehículo a la izquierda en un grupo de carriles.
 - f_{RT} : Factor de ajuste para la presencia del vehículo a la derecha en un grupo de carril.
 - f_{Lpb} : Factor de ajuste peatonal para grupos de giro a la izquierda
 - f_{Rpb} : Factor de ajuste peatonal-bicicleta para grupos de giro a la derecha.
- Capacidad y relación volumen – capacidad (grado de saturación).

Ecuación 31 Oferta ajustada.

$$Q = C = N_s \frac{g}{C}$$

Ecuación 32 Grado de saturación.

$$X = \frac{v}{c} = \frac{q}{Q}$$

Donde:

- Q : Oferta ajustada (ADE/h).
- N : Número de carriles.
- S : Tasa de flujo de saturación ajustada (ADE/h).
- g : Tiempo de verde efectivo del grupo (s).
- C : Longitud del ciclo del semáforo (s).
- q : v : Demanda ajustada (ADE/h)
- X : Grado de saturación.

2.2.17.15. Demora en intersecciones semaforizadas. La demora calculada en este paso representa la demora de control promedio experimentada por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Esto abarca cualquier demora en la que incurran los vehículos que aún se encuentran en cola después de que concluye el período de análisis. La demora por control para un grupo de carril específico se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 33 Demora total por control o acceso.

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

- d : Demora por control (s/veh).

- d_1 : Demora uniforme (s/veh).
 - d_2 : Demora incremental (s/veh).
 - d_3 : Demora inicial en la cola (s/veh).
- Demora uniforme (d_1).

Llamada así porque se considera que la demanda llega a la intersección a una tasa uniforme o constante q .

Ecuación 34 Demora uniforme.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$$

Donde:

- d_1 : Demora uniforme (s/veh).
 - C : Ciclo del semáforo (s).
 - g : Tiempo de verde.
 - X : Grado de saturación.
- Demora incremental (d_2).

Ecuación 35 Demora Incremental.

$$d_2 = 900 * T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * K * I * X}{c * T}} \right]$$

Donde:

- T : Duración del período de análisis (0.25 horas).
- K : Factor de demora incremental. $K = 0.5$ para intersecciones prefijadas.

- I : Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. $I = 1$ para intersecciones aisladas.
 - C : Capacidad del grupo de carriles.
- Demora representativa y nivel de servicio

Se deberá realizar el siguiente promedio ponderado en toda la intersección.

Ecuación 36 Promedio ponderado de demora.

$$D_i = \frac{\sum(d_a * V_i)}{\sum V_i}$$

Donde:

- D_i : Demora en la intersección semaforizada (s/veh).
- V_i : Volumen vehicular horario en un acceso de la intersección (veh/h).
- d_a : Demora promedio en el acceso (s/veh).

2.3. Marco Conceptual.

- **Acera.**

Orilla de una calle o avenida, normalmente pavimentada, particularmente destinada para el tránsito peatonal.

- **Acceso.**

Punto por el cual se ingresa o se llega a un lugar.

- **Aforo vehicular.**

Implica el conteo de vehículos o peatones en un lugar específico de la carretera, camino o cruce mediante el uso de dispositivos diseñados para medir el flujo de tráfico.

- **Análisis de demanda.**

Investigación que se lleva a cabo para comprender la manera en que los usuarios describen sus necesidades o preferencias respecto a un servicio.

- **Avenida.**

Arteria urbana por la cual circulan los vehículos, ubicada mayormente en sitios urbanos.

- **Berma.**

“Porción de la vía peatonal, para detener vehículos”. (Méndez & Wang, 2019, Pág. 56).

- **Calzada.**

“Parte de una vía por donde transitan los vehículos. Comprende al área que ocupa el pavimento cuando éste existe”. (Méndez & Wang, 2019, Pág. 56)

- **Carril.**

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos”. (Norma técnica CE.010,2019; Pág. 28).

- **Demora.**

Tiempo que los usuarios de una avenida pierden a causa de problemas en la circulación adecuada del tránsito.

- **Hora Pico.**

Lapso de tiempo en el cual se evidencia el mayor volumen vehicular en una o más vías.

- **Intersección.**

Lugar donde se da el cruce de dos o más vías en el mismo nivel o a desnivel.

- **Niveles de Servicio**

“Parámetro de calidad que brindan las vías para peatones y vehículos”. (Méndez & Wang,2019, Pág. 56).

- **Tránsito vehicular.**

“Circulación de vehículos de un destino a otro”. (Méndez & Wang,2019, Pág. 55)

2.4. Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores.

2.4.1. Hipótesis.

El análisis de la transitabilidad mediante método HCM - 2010 permitirá plantear propuestas de mejoramiento de transitabilidad para mejorar la capacidad y nivel de servicio que ayudaran a reducir el congestionamiento vehicular.

2.4.2. Variables dependientes e independientes:

Variable dependiente:

Propuesta de mejoramiento vial.

Variable independiente:

Análisis de niveles de servicio mediante la metodología HCM –
2010

Tabla 17

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
Análisis de las fallas en la intersección de estudio	Procedimiento mediante el cual se determina el estado en el cual se encuentra el pavimento mediante el método PCI	Método del índice de condición de pavimentos PCI	Identificar las fallas del pavimento In-situ	Clase Severidad Tamaño	Ficha de registro Observación Directa
			Determinar el índice de condición del pavimento	Valor Deducido	Información visual (Tablas y Ábacos)
			Determinar la condición actual del pavimento	Rango de clasificación PCI	Tabla de rango de clasificación PCI
Análisis de niveles de servicio de los accesos de la intersección Vía Norte con Av. Hoyos Rubio	Procedimiento por el cual se determina el nivel de servicio de una intersección o un segmento de vía	Estudio de tráfico	Aforo vehicular	Intervalo (veh/hrs)	Ficha de registro Observación Directa
		Determinación de volúmenes máximos	Día/ hora / cuarto de hora de máxima demanda vehicular	Intervalos (veh/día) (veh/hora) (veh/15min)	Normativa y metodología HCM – 2010
		Nivel de servicio	Capacidad y volumen vehicular	Rango de clasificación HCM -2010	Tabla de clasificación de niveles de servicio HCM -2010
Propuesta de plan de mejoramiento Vial	Procedimiento mediante el cual se dan alternativas de solución a corto, mediano y largo plazo	Mantenimiento y rehabilitación del pavimento	Clasificar tipo de mantenimiento y proponer acciones de mantenimiento o rehabilitación.	Nominal	Información Visual
		Mejoramiento del nivel de servicio de los Accesos de la intersección.	Alternativas para reducir los tiempos de demora	Nominal	Información Visual

Nota: Tabla de la clasificación de operacionalización. Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a la orientación o finalidad. Investigación Aplicada.

De acuerdo a la técnica de contrastación. Investigación Descriptiva.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

En el presente trabajo de investigación la población que se considerará fueron los vehículos y peatones que circulan en la Vía Norte con Av. Hoyo Rubio.

3.2.2. Muestra

La muestra de la investigación está constituida por el resultado del conteo vehicular que será realizado en la intersección de la Vía Norte con Av. Hoyos Rubio, durante un periodo de 7 días en el cual se utilizará la metodología de conteo manual para lo que se usarán tablas las cuales estarán divididas por periodos de tiempo con un intervalo de 15 min, además se clasificará los vehículos según su tipo (Autos, Camionetas, Motos lineales, Mototaxis, Camiones, Buses y Combis) Finalmente se tomarán los datos obtenidos en el conteo para determinar el nivel de servicio de cada avenida según el método del Manual de Carreteras HCM-2010.

3.3. Diseño de Investigación

Para el análisis de esta investigación se hará la toma de datos en el área de estudio, mediante el cual analizaremos la capacidad vehicular de los accesos de la intersección entre la Av. Hoyos Rubio y Vía Norte, evaluando sus niveles de servicio y planteando propuestas de solución.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.

- **Técnicas de investigación:**

- **Observación.** Mediante la observación se hará la recolección de datos para obtener las características de las vías y proceder a realizar la toma de medidas correspondientes
- **Análisis de aforo vehicular.** Con esta técnica haremos la recolección de datos para calcular el aforo vehicular, el cual se obtendrá mediante el conteo de vehículos motorizados clasificados por categorías.

- **Instrumentos de investigación:**

- **Hojas de registro.** Para la toma e identificación de las características geométricas de las avenidas se utilizó wincha y ficha de registro. Así como para el conteo vehicular se utilizó fichas divididas por horas para determinar el aforo vehicular.
- Se utilizaron instrumentos para realizar el cálculo de tiempos semafóricos como libretas de apuestas para cada fase, así como también un cronometro para determinar los tiempos.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

Para la determinación del nivel de las fallas de las vías se realizó un análisis visual de cada acceso a la intersección para luego

determinar la severidad, cantidad y tipo de falla procediendo a determinar su clasificación mediante el índice de condición del pavimento (PCI).

Para la obtención de las características geométricas de las vías de la intersección se realizó un análisis mediante medición manual, así como también con equipos topográficos para determinar las pendientes, esto para luego proceder a procesar los datos en tablas mediante el programa Excel, todo esto para aplicarlo en la metodología a emplear.

Para determinar la capacidad vehicular, se realizó el conteo respectivo por cada acceso, mediante el cual se determinó el día y hora de máxima demanda en cada una de las intersecciones esto con la finalidad de determinar el nivel de servicio por cada una de estas, tanto en un segmento de vía para cada una, como en la misma intersección semaforizada.

Para el cálculo y evaluación de los niveles de servicio de cada acceso se tomó en consideración la metodología HCM – 2010 la cual se realizó en gabinete realizando los cálculos de manera manual y también apoyados en el programa de cálculo Excel, utilizando las fórmulas brindadas por el HCM – 2010.

Para las propuestas de mejora se analizan mediante metodologías apropiadas basándonos en normas, reglamentos y manuales.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación.

La intersección entre la Vía norte y la Av. Hoyos Rubio presenta una gran problemática en el tema del flujo vehicular ya que estas dos vías conectan la ciudad con sus alrededores, la Av. Hoyos Rubio conecta el Aeropuerto con el centro de la ciudad, mientras que la Vía Norte conecta en Sur de la ciudad con diversos centros comerciales, con la salida a la costa y centros turísticos. Es por ello que la presente investigación tiene como finalidad realizar el análisis de las fallas existentes en la intersección para poder determinar el nivel en el cual se encuentra esta, además, el análisis de nivel de servicio tanto para un segmento de 500 metros de cada acceso a la intercepción como también un análisis de nivel de servicio teniendo en cuenta las fases semafóricas para determinar el nivel de servicio de la intersección. Esto con el fin de poder generar propuestas de mejoramiento vial para que los usuarios tengan una mayor movilidad en esta intercepción además de reducir la cantidad de contaminantes que se generan mientras los vehículos están detenidos y otros factores que beneficiaran a la ciudad de Cajamarca.

4.2. Análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Estudio de flujo vehicular.

4.2.1.1. Descripción del lugar de estudio.

Para la toma de datos se realizó el conteo vehicular en la intersección de estudio, esto con la finalidad de determinar el aforo vehicular por acceso al cual se ve sometida esta intersección, la toma de datos se realizó durante un periodo de 24 horas durante 7 días de la

semana, se realizó de manera manual mediante presencia de los tesistas, así como también con apoyo de cámaras. Además, se tomaron las medidas de las Avenidas, además de un análisis topográfico para ver los desniveles de las vías.

Se obtuvo para el Acceso norte cuenta con dos carriles con un ancho promedio por carril de 3.87 m, además de una berma central de 1.80 m, además de una cuneta de 0.65 m y una pendiente de 1.04%. Para el Acceso Sur cuenta con dos carriles con un ancho promedio por carril de 4.12 m, una berma central de 1.80.m, además de un jardín lateral ocupando espacio de la vía de 1.95 m y una pendiente negativa de -1.22%. Para el Acceso Este cuenta con dos carriles con un ancho promedio de 4.30 m, una berma central de 1.00 m y una pendiente de 1.80 %. Para el Acceso Oeste se cuenta con 2 carriles con un ancho promedio de 3.95 m. una Berma central de 0.69 m, además de un paradero e 1.50 m, y una pendiente negativa de -1.70%.

4.2.1.2. Análisis de resultados.

Determinación de fallas existentes en la intersección.

Para determinar las fallas estas las clasificamos por su tipo, severidad y cantidad obteniendo como resultado un índice estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie.

El análisis se realizó en los cuatro accesos de la intersección, encontrando fallas en el acceso Oeste, mientras los otros tres no muestran fallas.

Tabla 18*Cálculo de la densidad de las fallas*

Falla	Severidad	Cantidad		Total	Densidad (%)	Valor deducido
1	M	7.13		7.13	1.52%	25
13	H	4.76	1.07	5.83	1.24%	58
13	L	0.82		0.82	0.17%	6
19	M	32.5	15.45	47.9	10.19%	20

Nota: El cálculo de la densidad y el valor deducido se encuentran en los anexos.

Tabla 19*Cálculo de número admisible de deducidos.*

Valor deducido más alto	Numero de máx. valor deducido	Número admisible de deducidos
58	4	4.86

Nota: El número admisible de deducidos se obtiene a través de la ecuación.

Tabla 20*Resumen del cálculo del máximo valor deducido corregido.*

N°	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	58	25	20	5.16	108.16	4	62
2	58	25	20	2	105	3	66
3	58	25	2	2	87	2	63
4	58	2	2	2	64	1	64
Max Cdv							66

Nota: Para determinar el máximo valor deducido corregido se hizo uso del ábaco de curva de corrección.

Obtenido el Valor deducido corregido máximo, siendo este 66, se procede a calcular el índice de condición de pavimento PCI aplicando la Ecuación 01, dando como resultado 36, la cual según la Tabla 01 nos da que se encuentra en el rango de 40 – 25, siendo una calificación de Malo.

Determinación de niveles de servicio por acceso

Los resultados son obtenidos del conteo vehicular realizado mediante el cual se obtuvo la cantidad de vehículos que circulan por los accesos, realizando la suma de todos obteniendo el promedio por día de la semana y el porcentaje con el cual determinamos los días de mayor flujo vehicular.

Con esto determinamos que los días con mayor flujo vehicular son los principales días de la semana, entre lunes y viernes, esto debido a que circulan vehículos de transporte de personal, movilidades escolares, y mayor cantidad de mototaxis.

Tabla 21

Composición mixta vehicular total por día en la intersección estudiada.

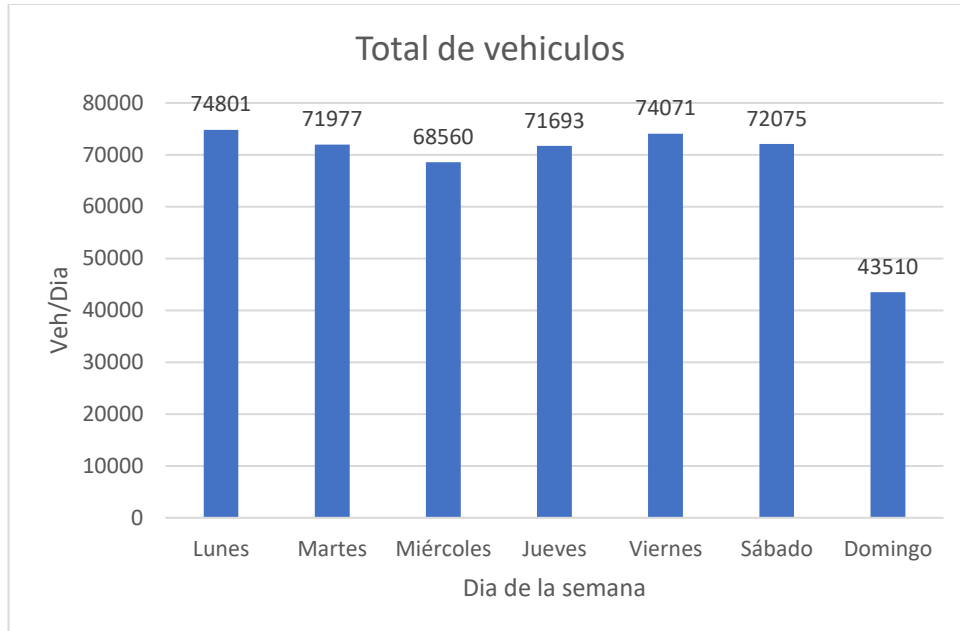
Día de semana	Total de vehículos	%
Lunes	74,801	15.69
Martes	71,977	15.10
Miércoles	68,560	14.38
Jueves	71,693	15.04
Viernes	74,071	15.54
Sábado	72,075	15.12
Domingo	43,510	9.13
TOTAL:	476,687	100

Nota. Datos obtenidos del conteo vehicular realizado.

Se observa que el día lunes y viernes son los días con mayor circulación vehicular con un porcentaje de 15.69% para el día lunes y 15.54% para el día viernes, mientras que el día de menor flujo vehicular es el Domingo con un porcentaje del 9.13%.

Figura 4

Cantidad de vehículos por día durante la semana de estudio.



Nota: La figura muestra las cifras de vehículos que circulan por la intersección de estudio

Figura 5

Composición porcentual de la variación vehicular de la semana.

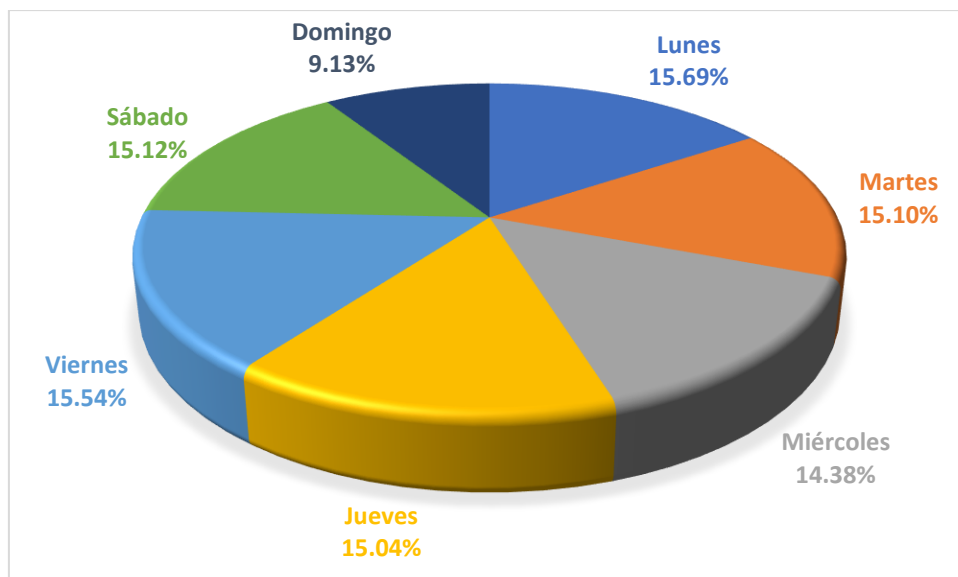


Figura. *Composición porcentual de la variación vehicular por día.*

- **Aforo vehicular del Acceso Norte.**

Se determino mediante el conteo vehicular, teniendo en cuenta solo los vehículos que se dirigían por el acceso Norte hacia el acceso sur además de los que circulaban con giros a la Derecha y a la izquierda.

En el cual se obtendrá el día de máxima demanda, así como también la hora punta, esto para poder determinar los niveles de servicio y las horas de estudio.

Tabla 22*Aforo vehicular del acceso Norte durante la semana de estudio.*

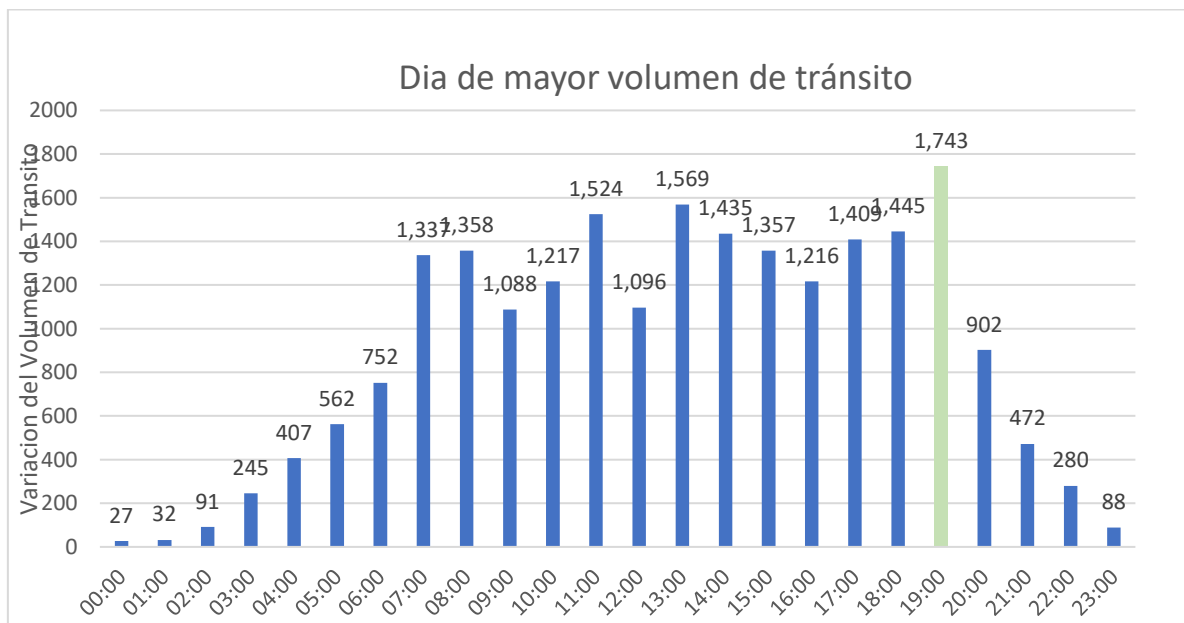
VARIACION HORARIO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO MIXTO ACCESO NORTE							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00 - 01:00	27	13	29	22	18	29	27
01:00 - 02:00	32	75	31	47	21	15	39
02:00 - 03:00	91	108	86	59	45	17	51
03:00 - 04:00	245	224	179	203	127	35	121
04:00 - 05:00	407	403	344	341	188	109	260
05:00 - 06:00	562	550	503	547	484	123	352
06:00 - 07:00	752	627	752	754	835	313	556
07:00 - 08:00	1,337	1321	1132	1,134	1,132	529	721
08:00 - 09:00	1,358	1,093	1091	1,365	1,632	975	714
09:00 - 10:00	1,088	1,246	1064	1,366	1,689	1,627	793
10:00 - 11:00	1,217	1,299	1,250	1,510	1,500	1,053	770
11:00 - 12:00	1,524	1,398	1,007	1,379	1,150	1,520	981
12:00 - 13:00	1,096	1,501	1,108	1,279	1,282	1,375	977
13:00 - 14:00	1,569	1,408	1,301	1,252	1,245	1,104	820
14:00 - 15:00	1,435	1,210	1,341	1,438	1,402	1,105	1,062
15:00 - 16:00	1,357	1,204	1,235	1,404	1,456	1,127	931
16:00 - 17:00	1,216	1,372	1,295	1,344	1,309	1,248	913
17:00 - 18:00	1,409	1,554	1,316	1,431	1,250	1,439	871
18:00 - 19:00	1,445	1,304	1,512	1,227	1,459	1,442	830
19:00 - 20:00	1,743	1,220	1,631	1,413	1,666	1,594	740
20:00 - 21:00	902	640	496	675	750	1,295	541
21:00 - 22:00	472	439	319	394	416	720	342
22:00 - 23:00	280	245	265	211	208	590	214
23:00 - 00:00	88	65	45	54	46	105	56
Total	21,652	20,519	19,332	20,849	21,310	19,489	13,682

Nota. Datos obtenidos del conteo realizado durante la semana de estudio.

De la Tabla 18 podemos determinar que el día de máxima demanda para el Acceso Norte es el Día Lunes con un aforo total de 21 652 veh/día.

Figura 6

Hora pico del día de máxima demanda de la semana en el acceso Norte.

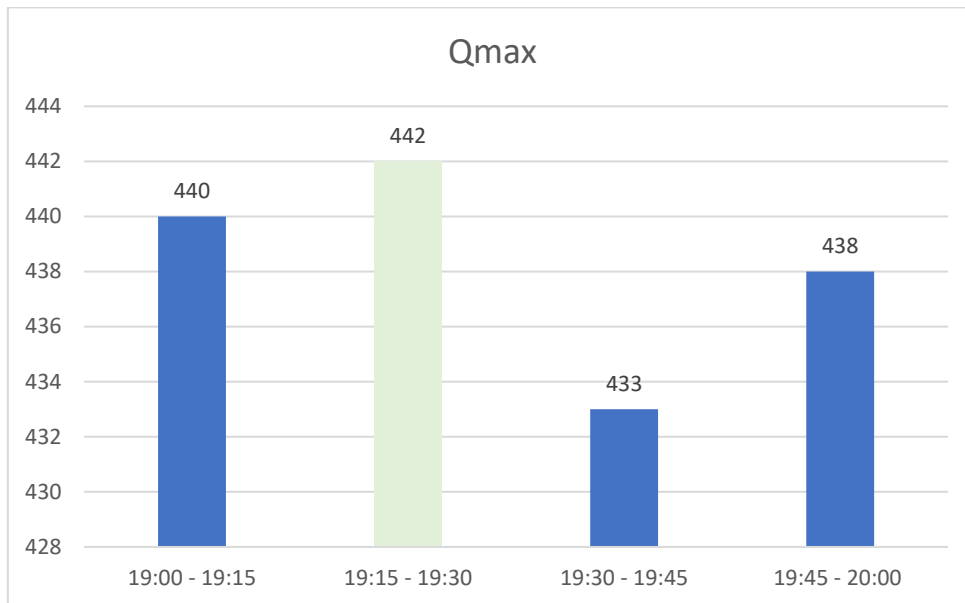


Nota. Cantidad de vehículos por hora durante el día de máxima demanda.

La figura 6 nos muestra la hora pico para el acceso norte en el día de máxima demanda, con un valor de 1743 veh/hr. En el periodo de 19:00 hasta las 20:00 esto para poder determinar el valor de máxima demanda en un periodo de 15 min.

Figura 7

Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico del acceso Norte.



Nota. Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. De máx. demanda del acceso norte.

La figura 7 nos muestra la hora pico del día de máxima demanda dividido en un periodo de 15 minutos para determinar el Q_{\max} , teniendo que desde las 19:00 hasta las 19:15 circulan 440 vehículos, de 19:15 hasta las 19:30 circulan 442 vehículos, de 19:30 a 19:45 circulan 433 vehículos y desde las 19:45 a 20:00 circulan 438 vehículos por lo que podemos determinar que el valor de Q_{\max} del horario de máxima demanda para el acceso Norte es de 442 vehículos.

Tabla 23*Aforo vehicular del acceso sur durante la semana de estudio.*

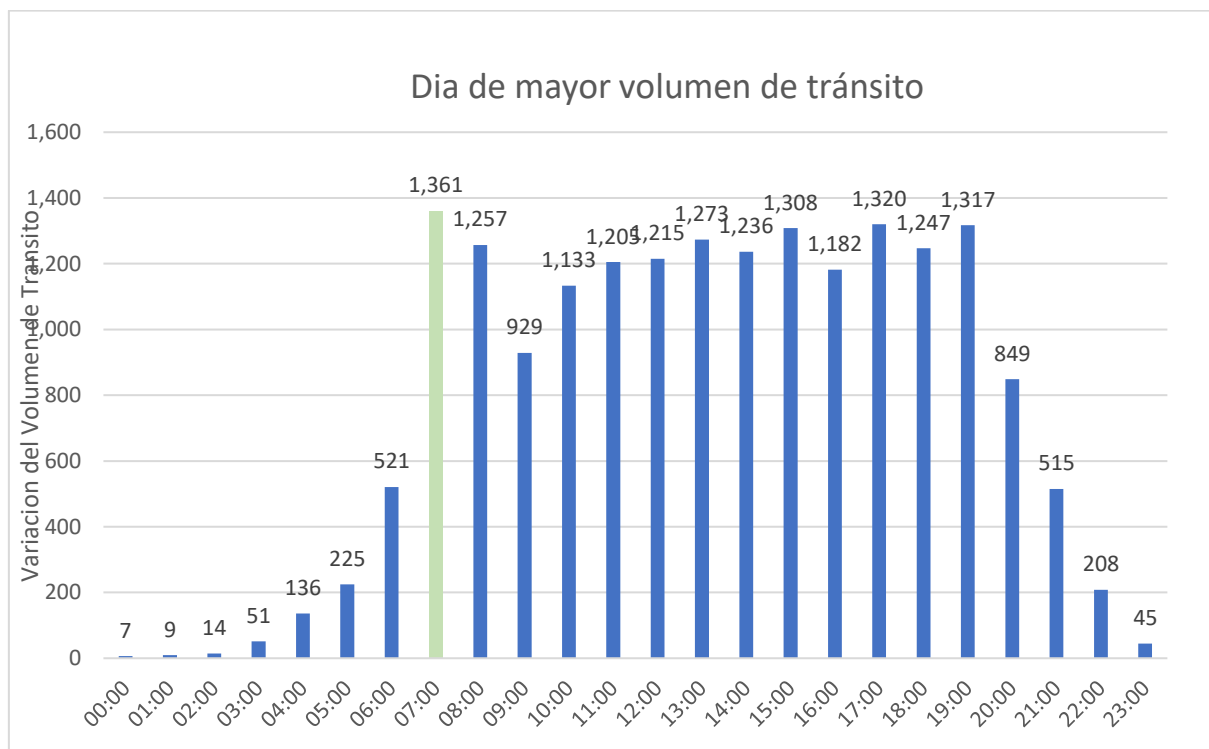
VARIACION HORARIO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO MIXTO ACCESO SUR							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00 - 01:00	7	7	12	20	29	23	35
01:00 - 02:00	9	9	15	14	18	19	24
02:00 - 03:00	12	14	17	11	17	22	12
03:00 - 04:00	53	51	29	41	34	46	20
04:00 - 05:00	129	136	78	87	95	110	37
05:00 - 06:00	223	225	166	178	178	218	110
06:00 - 07:00	542	521	330	384	446	465	205
07:00 - 08:00	1,237	1,361	1,071	626	790	844	273
08:00 - 09:00	1,264	1,257	1,081	868	1,134	1,223	341
09:00 - 10:00	926	929	1,072	846	1,022	1,087	913
10:00 - 11:00	1,094	1,133	989	1,011	1,172	1,213	900
11:00 - 12:00	1,239	1,205	1,109	1,124	1,322	1,371	539
12:00 - 13:00	1,080	1,215	1,149	1,204	1,223	1,270	523
13:00 - 14:00	1,253	1,273	1,147	1,192	1,254	1,286	584
14:00 - 15:00	1,109	1,236	1,043	1,108	1,180	1,214	876
15:00 - 16:00	1,181	1,308	1,052	1,119	1,095	1,202	589
16:00 - 17:00	1,148	1,182	1,088	1,135	1,152	1,152	936
17:00 - 18:00	1,199	1,320	1,312	1,382	1,118	1,336	813
18:00 - 19:00	1,283	1,247	1,009	1,232	1,123	1,111	620
19:00 - 20:00	1,335	1,317	1,196	1,043	1,087	905	846
20:00 - 21:00	840	849	713	745	893	671	362
21:00 - 22:00	515	515	440	478	662	285	290
22:00 - 23:00	215	208	232	267	270	215	125
23:00 - 00:00	55	45	35	49	65	76	45
Total	17,948	18,563	16,385	16,164	17,379	17,364	10,018

Nota. Datos obtenidos del conteo realizado durante el estudio en el acceso Sur.

De la Tabla 19 podemos determinar que el día de máxima demanda para el Acceso Sur es el Día Martes con un aforo total de 18.563 veh/día

Figura 8

Hora pico del día de máxima demanda de la semana en el acceso Sur.

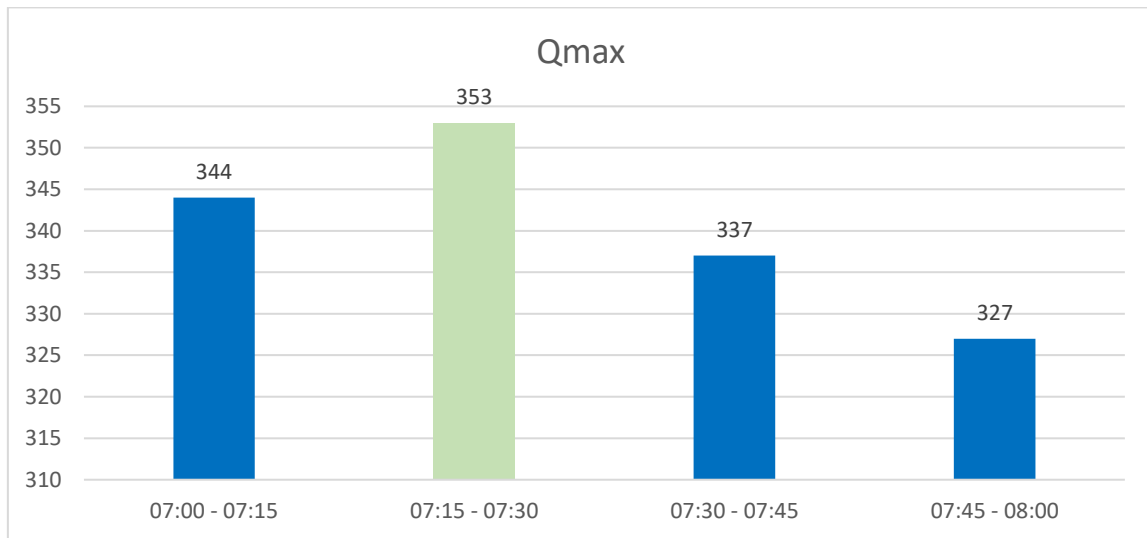


Nota. La figura muestra los volúmenes por hora durante el día de máxima demanda de la semana para el acceso Sur.

La figura 8 nos muestra la hora pico para el acceso sur en el día de máxima demanda, con un valor de 1361 veh/hr. En el periodo de 07:00 am hasta las 08:00 am esto para poder determinar el valor de máxima demanda en un periodo de 15 min.

Figura 9

Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico del acceso sur.



Nota. Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. De máx. demanda del acceso norte.

La figura 9 nos muestra la hora pico del día de máxima demanda dividido en un periodo de 15 minutos para determinar el Q_{máx}, teniendo que desde las 07:00 hasta las 07:15 circulan 344 vehículos, de 07:15 hasta las 07:30 circulan 353 vehículos, de 07:30 a 07:45 circulan 337 vehículos y desde las 07:45 a 08:00 circulan 327 vehículos por lo que podemos determinar que el valor de Q_{máx} del horario de máxima demanda para el acceso sur es de 353 vehículos.

Tabla 24*Aforo vehicular del acceso este durante la semana de estudio*

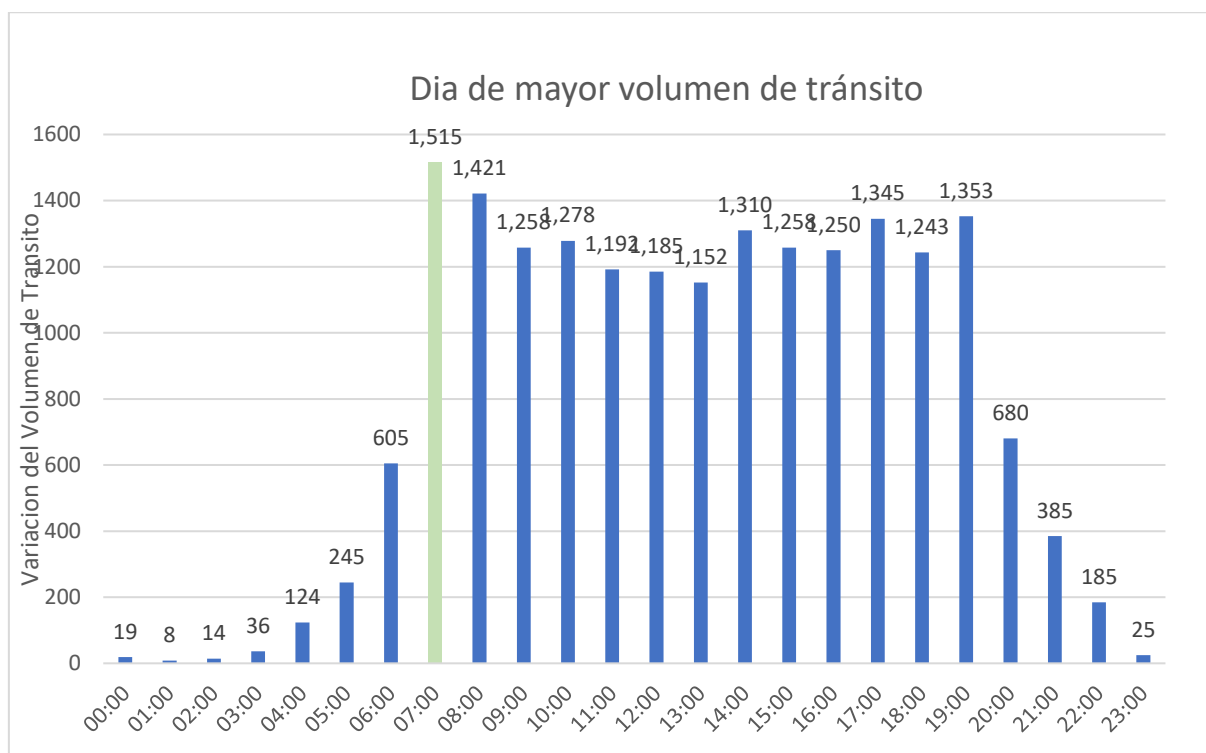
VARIACION HORARIO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO MIXTO ACCESO ESTE							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00 - 01:00	19	5	8	10	18	35	7
01:00 - 02:00	8	6	9	13	15	49	10
02:00 - 03:00	14	13	8	11	24	102	18
03:00 - 04:00	36	29	27	15	29	238	33
04:00 - 05:00	124	95	71	43	80	457	79
05:00 - 06:00	245	245	254	225	246	582	180
06:00 - 07:00	605	637	503	481	551	705	428
07:00 - 08:00	1,515	1,212	1,335	1,425	1371	1,075	805
08:00 - 09:00	1,421	1,087	1,167	1,569	1,391	1,145	988
09:00 - 10:00	1,258	1,193	1,175	1,038	1,086	1,084	941
10:00 - 11:00	1,278	1,035	998	954	1,187	1,180	889
11:00 - 12:00	1,192	1,035	1,152	1,374	1,365	1,192	909
12:00 - 13:00	1,185	1,075	1,245	1,513	1,104	1,135	961
13:00 - 14:00	1,152	1,105	1,142	1,340	1,346	1,047	970
14:00 - 15:00	1,310	1,249	1,043	1,231	1,242	1,162	997
15:00 - 16:00	1,258	1,171	1,280	1,449	1,285	1,155	800
16:00 - 17:00	1,250	1,184	1,182	910	1,176	1,001	705
17:00 - 18:00	1,345	1,197	756	768	1,248	1,039	971
18:00 - 19:00	1,243	1,185	721	1,324	1,370	1,179	939
19:00 - 20:00	1,353	1,198	1,393	1,199	1,167	958	742
20:00 - 21:00	680	739	920	923	918	915	825
21:00 - 22:00	385	413	540	956	711	835	457
22:00 - 23:00	185	190	140	181	190	596	222
23:00 - 00:00	25	32	26	25	17	127	38
Total	19,086	17,330	17,095	18,977	19,137	18,993	13,914

Nota. Datos obtenidos del conteo realizado durante el estudio en el acceso este.

De la Tabla 20 podemos determinar que el día de máxima demanda para el Acceso Este es el Día Lunes con un aforo total de 19,086 veh/día.

Figura 10

Hora pico del día de máxima demanda de la semana en el acceso Este.

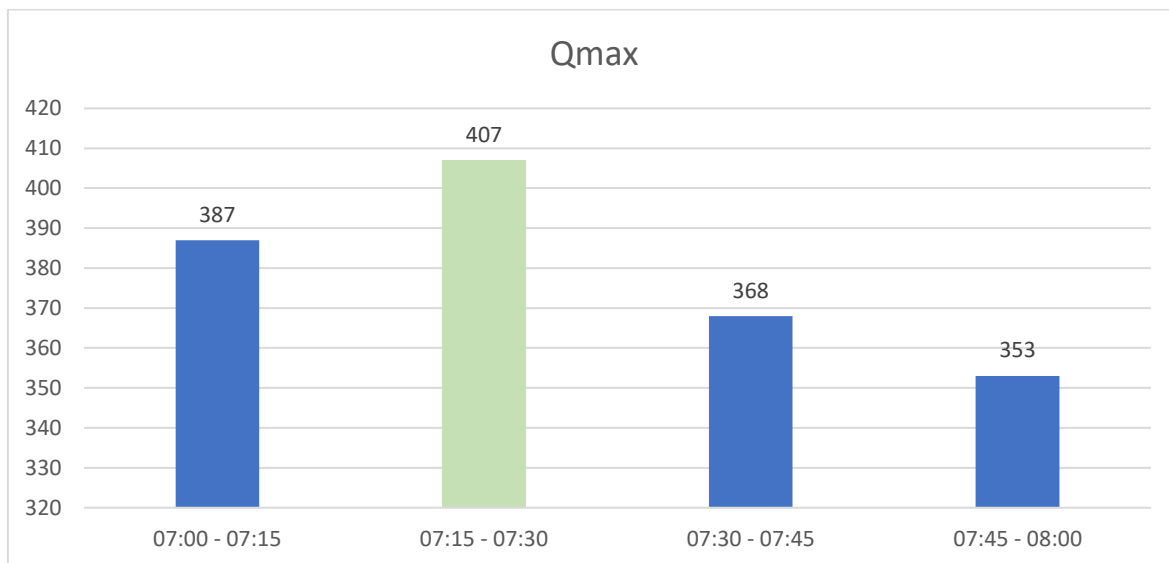


Nota. La figura muestra los volúmenes por hora durante el día de máxima demanda de la semana para el acceso Este.

La figura 10 nos muestra la hora pico para el acceso este en el día de máxima demanda, con un valor de 1515 veh/hr. En el periodo de 07:00 am hasta las 08:00 am esto para poder determinar el valor de máxima demanda en un periodo de 15 min.

Figura 11

Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico del acceso Norte



Nota. Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. De máx. demanda del acceso.

La figura 11 nos muestra la hora pico del día de máxima demanda dividido en un periodo de 15 minutos para determinar el Qmáx, teniendo que desde las 07:00 hasta las 07:15 circulan 387 vehículos, de 07:15 hasta las 07:30 circulan 407 vehículos, de 07:30 a 07:45 circulan 368 vehículos y desde las 07:45 a 08:00 circulan 353 vehículos por lo que podemos determinar que el valor de Qmax del horario de máxima demanda para el acceso este es de 407 vehículos.

Tabla 25*Aforo vehicular del acceso oeste durante la semana de estudio*

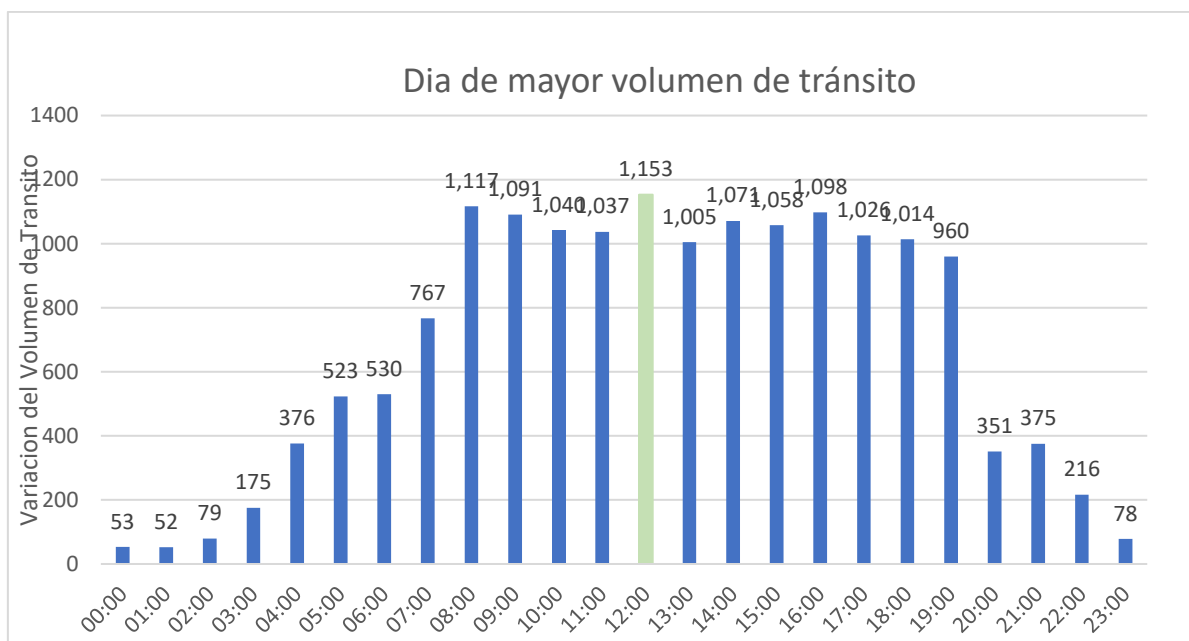
VARIACION HORARIO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO MIXTO ACCESO OESTE							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00 - 01:00	8	10	19	29	53	15	36
01:00 - 02:00	37	32	38	32	52	58	40
02:00 - 03:00	49	40	46	78	79	162	72
03:00 - 04:00	171	151	150	121	175	367	92
04:00 - 05:00	332	339	323	277	376	463	181
05:00 - 06:00	439	421	425	387	523	636	245
06:00 - 07:00	575	529	534	506	530	986	288
07:00 - 08:00	957	874	896	683	767	1,021	291
08:00 - 09:00	901	851	916	839	1,117	1,047	359
09:00 - 10:00	1,122	1,010	1,092	1,028	1,091	1,067	349
10:00 - 11:00	1,043	1,047	1,073	1,090	1,040	1,022	381
11:00 - 12:00	1,146	1,134	1,139	1,110	1,037	1,105	420
12:00 - 13:00	1,120	1,108	1,054	1,130	1,153	1,129	320
13:00 - 14:00	1,110	1,005	1,058	1,052	1,005	1,059	333
14:00 - 15:00	1,075	1,131	1,053	1,054	1,071	1,104	345
15:00 - 16:00	1,038	1,111	1,027	1,094	1,058	1,013	325
16:00 - 17:00	1,128	1,104	1,116	1,194	1,098	1,032	234
17:00 - 18:00	1,108	1,112	1,125	1,117	1,026	1,064	261
18:00 - 19:00	1,069	1,040	1,007	1,087	1,014	731	302
19:00 - 20:00	687	645	725	802	960	457	392
20:00 - 21:00	438	414	455	423	351	322	279
21:00 - 22:00	293	247	285	302	375	174	171
22:00 - 23:00	197	158	148	198	216	125	121
23:00 - 00:00	72	52	44	70	78	70	59
Total	16,115	15,565	15,748	15,703	16,245	16,229	5,896

Nota. Datos obtenidos del conteo realizado durante el estudio en el acceso Oeste.

De la Tabla 21 podemos determinar que el día de máxima demanda para el Acceso oeste es el Día viernes con un aforo total de 16,245 veh/día.

Figura 12

Hora pico del día de máxima demanda de la semana en el acceso Norte.

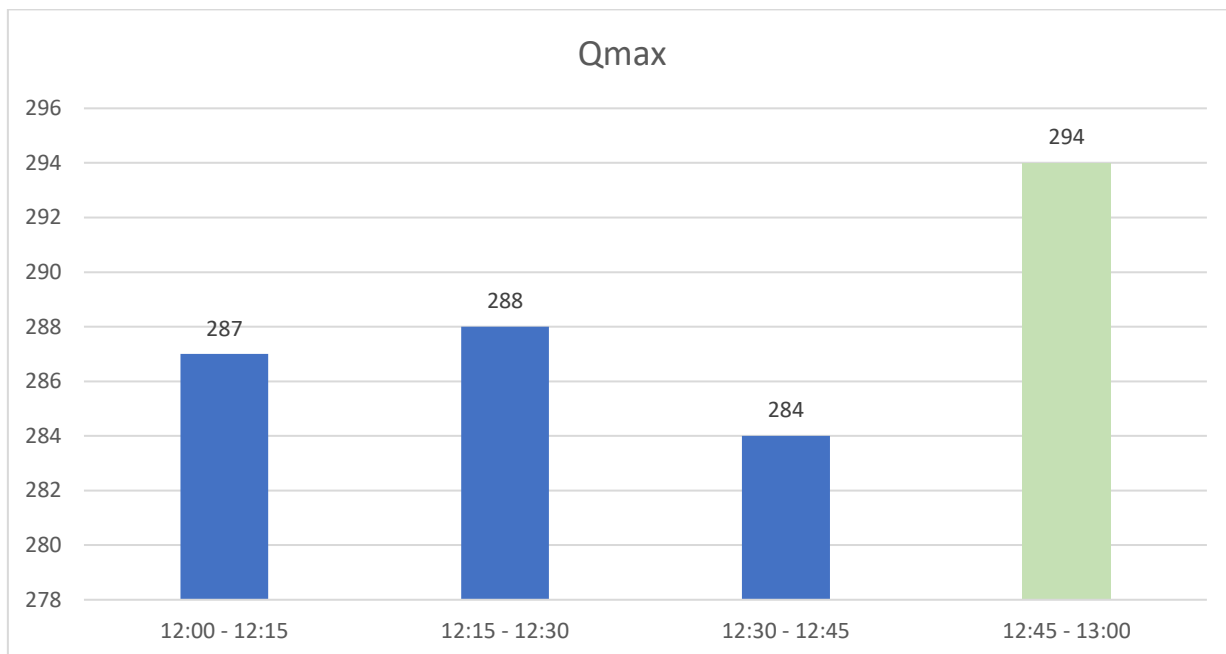


Nota. La figura muestra los volúmenes por hora durante el día de máxima demanda de la semana para el acceso oeste.

La figura 12 nos muestra la hora pico para el acceso este en el día de máxima demanda, con un valor de 1153 veh/hr. En el periodo de 12:00 pm hasta las 13:00 pm esto para poder determinar el valor de máxima demanda en un periodo de 15 min.

Figura 13

Máxima demanda en los 15 minutos de análisis de la hora pico del acceso Norte.



Nota. Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. De máx. demanda del acceso.

La figura 13 nos muestra la hora pico del día de máxima demanda dividido en un periodo de 15 minutos para determinar el Q_{\max} , teniendo que desde las 12:00 hasta las 12:15 circulan 287 vehículos, de 12:15 hasta las 12:30 circulan 288 vehículos, de 12:30 a 12:45 circulan 284 vehículos y desde las 12:45 a 13:00 circulan 294 vehículos por lo que podemos determinar que el valor de Q_{\max} del horario de máxima demanda para el acceso oeste es de 294 vehículos.

EVALUACIÓN DE LOS ACCESOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO POR SEGMENTO, UTILIZANDO UN SEGMENTO DE ANÁLISIS DE 500 METROS POR ACCESO.

Las características del segmento por acceso se determina de acuerdo a los datos necesarios para los cálculos según la metodología HCM – 2010, teniendo como longitud de segmento para todos los accesos una distancia de 500 metros en este estudio, además de 2 carriles por acceso, mientras que el número de accesos para cada acceso se toma en consideración los ingresos que existen para cada dirección, con presencia de cunetas para todos los accesos, alcantarillas y tapas de concreto para alcantarillas.

Tabla 26

Característica de los segmentos por acceso.

Descripción	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
Longitud de segmento	500 m	500 m	500 m	500 m
Número de carriles	2	2	2	2
Numero de accesos	8	9	6	8
Ancho promedio de calzada	8.14 m	9.74 m	8.60 m	9.67 m
Bombeo	2%	2%	2%	2%
Presencia de cunetas	Si	Si	Si	Si
Presencia de alcantarillas	Si	Si	Si	Si
Presencia de tapas de concreto para alcantarillas	Si	Si	Si	Si
Ancho de cunetas	0.65	0.53	0.57	0.29

Nota. Los datos en esta tabla son obtenidos mediante el análisis de un segmento de 500 metros de los accesos a la intercepción de estudio.

La determinación de elementos de entrada como la capacidad vehicular, Factor de hora punta y grado de saturación han sido calculados mediante las ecuaciones 1 y 3 que nos brinda la

metodología HCM -2010 para determinar el nivel de servicio por segmento de vía.

Tabla 27

Determinación de elementos de entrada

Descripción	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
Capacidad vehicular (I_{max})	1768	1412	1628	1176
Factor de hora punta (FHP)	0.99	0.96	0.93	0.98
Grado de saturación (x)	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. El número de vehículos corresponde al conteo de vehículos durante el periodo de 15 min de la hora de máxima demanda.

Los elementos de entrada para el Acceso Norte constan de los datos antes mencionados en la Tabla 23, además de otros como lo son el ancho de la intersección semaforizada, la longitud de segmento, todos estos valores convertidos de metros a pies, ya que la metodología HCM – 2010 nos pide que estén en unidades de longitud americana, así como el límite de velocidad a millas por hora.

Tabla 28

Elementos de entrada para el Acceso Norte.

Categoría de datos	Elementos de entrada	Acceso Norte
Características del tránsito	Capacidad del segmento (veh/h)	1,768
	Flujo de demanda en el grupo exclusivo vt (Veh/h)	1,743
Diseño Geométrico	Ancho de intersección semaforizada (ft)	26.71
	Número de carriles en el grupo exclusivo de carriles (Nt)	2
	Longitud de segmento (ft)	1640.42
	Numero de accesos por el lado derecho (Nap, s)	6
	Numero de accesos por el lado izquierdo (Nap, o)	2
	Proporción de segmentos con mediana restrictiva (Decimal)	0
	Proporción de segmentos con solera de lado derecho (Decimal)	1
Otros	Límite de velocidad Spl (mi/h)	31.07
	Duración del periodo de análisis T(h)	0.25

Nota. De acuerdo al Reglamento nacional de tránsito, el límite de velocidad para avenidas en zonas urbanas paso de 60 km/ a 50 km/h (31.07 mi/h).

Tabla 29*Elementos de entrada para el acceso Sur.*

Categoría de datos	Elementos de entrada	Acceso sur
Características del tránsito	Capacidad del segmento (veh/h)	1,412
	Flujo de demanda en el grupo exclusivo vt (Veh/h)	1,361
Diseño Geométrico	Ancho de intersección semaforizada (ft)	31.96
	Número de carriles en el grupo exclusivo de carriles (Nt)	2
	Longitud de segmento (ft)	1640.42
	Numero de accesos por el lado derecho (Nap, s)	7
	Numero de accesos por el lado izquierdo (Nap, o)	2
	Proporción de segmentos con mediana restrictiva (Decimal)	0
	Proporción de segmentos con solera de lado derecho (Decimal)	1
Otros	Límite de velocidad Spl (mi/h)	31.07
	Duración del periodo de análisis T(h)	0.25

Nota. Los datos de esta tabla son datos resumen de las tablas 22 y 23; El valor del límite de velocidad se consideró un límite de velocidad de 50 km/h convertidos a mi/h para poder aplicarlo en las operaciones de manual HCM – 2010.

Tabla 30*Elementos de entrada para el acceso Este.*

Categoría de datos	Elementos de entrada	Acceso Este
Características del tránsito	Capacidad del segmento (veh/h)	1,628
	Flujo de demanda en el grupo exclusivo vt (Veh/h)	1,515
Diseño Geométrico	Ancho de intersección semaforizada (ft)	28.22
	Número de carriles en el grupo exclusivo de carriles (Nt)	2
	Longitud de segmento (ft)	1640.42
	Numero de accesos por el lado derecho (Nap, s)	1
	Numero de accesos por el lado izquierdo (Nap, o)	5
	Proporción de segmentos con mediana restrictiva (Decimal)	0
	Proporción de segmentos con solera de lado derecho (Decimal)	1
Otros	Límite de velocidad Spl (mi/h)	31.07
	Duración del periodo de análisis T(h)	0.25

Nota. Los datos de esta tabla son datos resumen de las tablas 22 y 23; El valor del límite de velocidad se consideró un límite de velocidad de 50 km/h convertidos a mi/h para poder aplicarlo en las operaciones de manual HCM – 2010.

Tabla 31*Elementos de entrada para el acceso Oeste.*

Categoría de datos	Elementos de entrada	Acceso Oeste
Características del tránsito	Capacidad del segmento (veh/h)	1,176
	Flujo de demanda en el grupo exclusivo vt (Veh/h)	1,153
Diseño Geométrico	Ancho de intersección semaforizada (ft)	31.73
	Número de carriles en el grupo exclusivo de carriles (Nt)	2
	Longitud de segmento (ft)	1640.42
	Numero de accesos por el lado derecho (Nap, s)	2
	Numero de accesos por el lado izquierdo (Nap, o)	0
	Proporción de segmentos con mediana restrictiva (Decimal)	0
	Proporción de segmentos con solera de lado derecho (Decimal)	1
Otros	Límite de velocidad Spl (mi/h)	31.07
	Duración del periodo de análisis T(h)	0.25

Nota. Los datos de esta tabla son datos resumen de las tablas 22 y 23; El valor del límite de velocidad se consideró un límite de velocidad de 50 km/h convertidos a mi/h para poder aplicarlo en las operaciones de manual HCM – 2010.

Los parámetros del tráfico a considerar para el Acceso Norte son el volumen de la hora máxima de demanda, el volumen correspondiente a 15 min de máxima demanda de la hora pico, los elementos de entrada.

Tabla 32*Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Norte.*

Parámetro	Segmento
Volumen vehicular correspondiente a la hora de máxima demanda	1743
Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. de Max. Demanda.	442
Capacidad vehicular (Veh/h)	1768
Flujo de demanda vehicular	1,743
Factor de hora pico:	0.99
Grado de saturación	1.00

Nota. Los datos de la tabla se obtuvieron con el conteo vehicular, y los cálculos dados por el HCM-2010.

Tabla 33

Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Sur.

Parámetro	Segmento
Volumen vehicular correspondiente a la hora de máxima demanda	1361
Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. de Max. Demanda.	353
Capacidad vehicular (Veh/h)	1412
Flujo de demanda vehicular	1361
Factor de hora pico:	0.96
Grado de saturación	1.00

Nota. Los datos de la tabla se obtuvieron con el conteo vehicular, y los cálculos dados por el HCM-2010.

Tabla 34*Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Este.*

Parámetro	Segmento
Volumen vehicular correspondiente a la hora de máxima demanda	1515
Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. de Max. Demanda.	407
Capacidad vehicular (Veh/h)	1628
Flujo de demanda vehicular	1515
Factor de hora pico:	0.93
Grado de saturación	1.00

Nota. Los datos de la tabla se obtuvieron con el conteo vehicular, y los cálculos dados por el HCM-2010.

Tabla 35*Parámetros del tráfico para el segmento de vía del Acceso Oeste.*

Parámetro	Segmento
Volumen vehicular correspondiente a la hora de máxima demanda	1153
Volumen vehicular correspondiente a los 15 min. de Max. Demanda.	294
Capacidad vehicular (Veh/h)	1176
Flujo de demanda vehicular	1153
Factor de hora pico:	0.98
Grado de saturación	1.00

Nota. Los datos de la tabla se obtuvieron con el conteo vehicular, y los cálculos dados por el HCM-2010.

A continuación, se determina el tiempo en movimiento utilizando los cálculos brindados por la metodología HCM-2010, para determinar la densidad de los puntos de acceso, los factores de ajuste para los puntos de acceso y para las secciones transversales, así como también la velocidad constante y la velocidad de flujo libre base, entre otros factores, todo esto para determinar el tiempo en movimiento en cada segmento de vía, por cada acceso.

Tabla 36

Valores de velocidad de flujo libre base, Velocidad constante, Factor de ajuste para sección transversal y puntos de acceso, para el segmento de cada Acceso.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
$L(ft)$	1640.42	1640.42	1640.42	1640.42
$N_{ap,s}$	6	7	1	2
$N_{ap,o}$	2	2	5	0
$W_{i ap, s}$	26.70	31.96	28.22	31.73
$S_{pl}(mi/h)$	31.07	31.07	31.07	31.07
P_{rm}	0	0	0	0
P_{curb}	1	1	1	1
$Da(Pto/mi)$	26.18	29.54	19.65	6.56
$f_A(mi/h)$	-1.02	-1.15	-0.77	-0.26
$f_{cs}(mi/h)$	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47
$S_{fo}(mi/h)$	38.71	38.58	38.97	39.48
$S_o(mi/h)$	40.20	40.20	40.20	40.20

Nota. Los datos de esta tabla fueron obtenidos mediante los cálculos mencionados en el marco teórico, los cuales están detallados en el Anexo.

Tabla 37

Valores del tiempo en movimiento obtenidos para el segmento de vía de cada acceso.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
f_L	0.79	0.80	0.79	0.79
S_f (mi/h)	30.58	30.86	30.79	31.18
v_m	1743	1361	1515	1153
f_v	1.08	1.06	1.07	1.05
l_1	2	2	2	2
$d_{ap,i}$	0.03	0.03	0.03	0.03
f_x	1	1	1	1
t_R (s)	40.72	39.66	40.02	38.70

Nota. Los datos obtenidos han sido calculados de acuerdo al HCM-2010.

En el siguiente paso se determina el tiempo de propagación vehicular utilizando los datos anteriormente mencionados utilizando la ecuación y la tabla

Tabla 38

Tiempo de propagación vehicular para el segmento de vía.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
d_{th} (s/veh)	25.2	25.2	25.2	25.2
V_t (veh/h/ln)	1743	1361	1515	1153
N_t	2	2	2	2
d_{sl} (s/veh)	3	3	3	3
v_{sl} (s/veh)	562	428	505	313
P_L	0.10	0.10	0.10	0.10
d_{sr} (s/veh)	2	2	2	2
v_{sr} (veh/h)	0	293	484	345
P_L	0.10	0.10	0.10	0.10
v_{th} (veh/h)	1743	1361	1515	1153
d_t (s/veh)	51.27	51.64	51.88	51.67

Nota. Los datos obtenidos han sido calculados de acuerdo al HCM-2010

Obtenidos los valores de Longitud de segmento, tiempo de propagación vehicular y tiempo de movimiento en el segmento, procedemos a determinar la velocidad de desplazamiento para cada segmento de vía obteniendo un promedio de 12.24 mi/h que serían 20 km/h de velocidad de desplazamiento.

Tabla 39

Velocidad de desplazamiento en el segmento de vía.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
$L (f_t)$	1640.42	1640.42	1640.42	1640.42
$d_t (s/veh)$	51.27	51.64	51.88	51.67
$t_R (s/veh)$	40.72	39.66	40.02	38.70
$s_t (s/veh)$	12.16	12.25	12.17	12.38

Nota. Los datos obtenidos han sido calculados de acuerdo al HCM-2010

Una vez obtenido la velocidad de desplazamiento, procedemos calcular el nivel de servicio para cada Acceso con la relación porcentual entre la velocidad de desplazamiento y la velocidad de flujo base, obteniendo un promedio de 31.44%, además de la relación de velocidad – capacidad que nos da un promedio de 0.97 por lo que obtenemos un nivel de servicio E en todos los segmentos de vía y un nivel de servicio E en promedio para los segmentos de vía.

Tabla 40

Relación porcentual velocidad de desplazamiento – velocidad de flujo base, y relación Volumen – Capacidad.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
$S_t (mi/h)$	12.16	12.25	12.17	12.38
$S_{fo}(mi/veh)$	38.71	38.58	38.97	39.48
%	31.41	31.75	31.23	31.37
Volumen/capacidad	0.99	0.96	0.93	0.98

Nivel de servicio	E	E	E	E
--------------------------	---	---	---	---

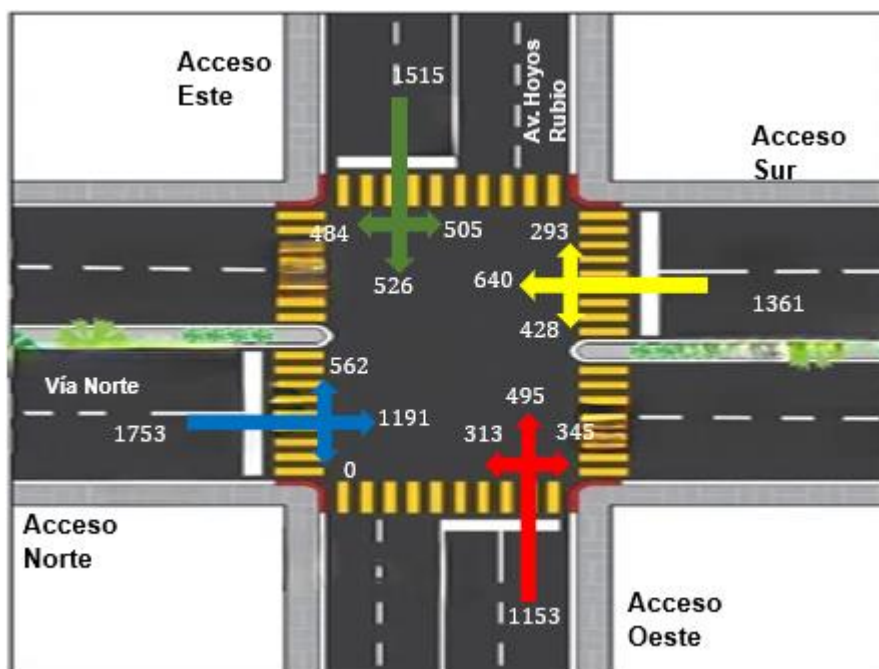
Nota. Se determina el nivel de servicio para el segmento de vía de 500 metros para todos los accesos.

ANALISIS DEL NIVEL DE SERVICIO PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA ENTRE LA VÍA NORTE CON AV. HOYOS RUBIO MEDIANTE EL METODO HCM – 2010.

Para determinar el nivel de servicio de la intersección semaforizada entre la Vía Norte y la Av. Hoyos rubio se determinó la cantidad de grupo de movimiento teniendo 4 grupos de movimiento, uno por cada acceso.

Figura 14

Flujo vehicular por acceso



Nota: Se considera el mayor flujo vehicular para cada acceso.

Una vez obtenidos los grupos de movimiento, procedemos a tomar los datos para los grupos de movimiento de la intersección, como son el ancho de carril, el porcentaje de vehículos pesados, la pendiente de cada acceso y

el número de parada que realizan vehículos menores, además de buses y combis. Y se determina la Zona por el tipo de área en el cual se encuentra la intersección, en este caso se ubica en el centro de la ciudad, ya que como nos dice la metodología HCM -2010, se considera centro si los tiempos de espera se incrementan significativamente.

Tabla 41

Resumen de datos y parámetros respecto a todos los accesos

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
GM	1	2	3	4
W(m)	3.88	4.12	4.30	3.95
P_{hv} (%)	6	4	1	1
E_t	2.0	2.0	2.0	2.0
P_g (%)	1.04	-1.22	1.80	-1.70
N	2	2	2	2
N_m	23	21	33	32
N_b	24	25	45	38
Zona	Centro	Centro	Centro	Centro

Nota. Los datos representan los valores a considerar en los cálculos siguientes.

Se determina las condiciones iniciales de la intersección de estudio en la cual podemos determinar los accesos a la intersección siendo estos 4, así como también el número de carriles, movimiento y grupos de carril y movimientos.

Tabla 42

Condiciones iniciales en la intersección de estudio.

Elementos para accesos	Cantidad
Accesos	4
Carriles	8
Movimientos	16
Grupos de carril	8
Grupos de movimiento	4

Nota. Estos datos representan las condiciones en las cuales se encuentra la intersección.

Procedemos a determinar los datos para el factor de giro a la izquierda en la intersección apoyándonos de la tabla 10, el cual nos indica que para un giro a la izquierda con fase protegida o sin flujo opuesto en un carril exclusivo o compartido el equivalente ADE para vehículos con giro a la izquierda es igual a 1.05

Tabla 43

Datos para el factor de giro a la izquierda en la intersección.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
GM	1	2	3	4
Caso	1	1	1	1
Flujo opuesto	-	-	-	-
E_L	1.05	1.05	1.05	1.05

Nota. Se considera el caso 1 por tener un carril exclusivo o compartido para el giro a la izquierda.

Procedemos a determinar los datos para el factor de giro a la derecha en la intersección apoyándonos de la tabla 12, el cual nos indica que para un giro a la izquierda con fase protegida o sin flujo opuesto en un carril exclusivo o compartido el equivalente ADE para vehículos de giro a la derecha es igual a 1.18

Tabla 44

Datos para el factor de giro a la derecha.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
GM	1	2	3	4
Carriles	S	S	S	S
f_{rt}	0.85	0.85	0.85	0.85

Nota. Se considera 0.85 porque existe un carril de volteo compartido a la derecha.

Fase semafórica de cada acceso, obteniendo un total de cuatro fases, las cuales se dividen por acceso cada una con verde, ámbar y rojo sumando un total de 207 segundo por fase.

Tabla 45

Fase semafórica de los accesos en la intersección

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
Verde	60	60	40	30
Ámbar	3	3	3	3
Rojo	144	144	164	174
Total (s)	207	207	207	207

Nota. Cálculos tomados de la intersección de estudio.

Teniendo los datos necesarios procedemos a determinar el volumen de peatones en tiempo de verde para los accesos, ocupación de peatones en verde, tiempo de verde de acceso opuesto, entre otros, esto para los giros a la izquierda en la Tabla 39 y giros a la derecha en la Tabla 40.

Tabla 46

Resumen de datos y parámetros para los accesos, para el factor de giro a la izquierda por presencia de peatones y bicicletas.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
GM	1	2	3	4
C	207	207	207	207
g_{ped}	70	70	120	120
V_{ped}	100	101	84	62
V_{pedg}	296	299	145	107
OCC_{pedg}	0.148	0.150	0.073	0.054
g_p	60	60	40	30
g_u	60	60	40	30
g_q	0	0	0	0
OCC_{pedu}	0.148	0.150	0.073	0.054

V_o	0	0	0	0
OCC_y	0.173	0.175	0.219	0.216
Carril R.	2	2	2	2
Carril V.	1	1	1	1
A_{pbt}	0.896	0.895	0.869	0.870

Nota. Los cálculos para determinar estos valores se encuentran en el anexo.

Tabla 47

Resumen de datos y parámetros para los accesos, para el factor de giro a la izquierda por presencia de peatones y bicicletas.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
GM	1	2	3	4
C	207	207	207	207
g_{ped}	70	70	120	120
V_{ped}	100	101	84	62
V_{pedg}	296	299	145	107
OCC_{pedg}	0.148	0.150	0.073	0.054
g_p	60	60	40	30
OCC_y	0.173	0.175	0.219	0.216
Carril R.	2	2	2	2
Carril V.	1	1	1	1
A_{pbt}	0.896	0.895	0.869	0.870

Nota. Los cálculos para determinar estos valores se encuentran en el anexo.

Como paso siguiente procedemos a calcular el flujo de saturación para el cual utilizaremos los diferentes factores como son Factor de ajuste de ancho de carril, factor de ajuste para vehículos pesados, factor de ajuste por grado de aproximación, factor de ajuste por tipo de área, factor de ajuste por utilización de carril entre otros, además de la Tasa de flujo de saturación base que el HCM – 2010 nos indica que para esta intersección es 1900.

Tabla 48

Flujo de Saturación para cada acceso en la intersección.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
Fase	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4
GM	1	2	3	4
S_o	1900	1900	1900	1900
f_w	1.04	1.04	1.04	1.04
f_{hv}	0.943	0.962	0.990	0.990
f_g	0.995	1.006	0.991	1.009
f_{bb}	0.952	0.950	0.910	0.924
f_a	0.90	0.90	0.90	0.90
f_{LU}	0.736	1.063	1.440	1.165
f_{LT}	0.952	0.952	0.952	0.952
f_{RT}	0.85	0.85	0.85	0.85
f_{Lpb}	0.896	0.895	0.869	0.870
f_{Rpb}	0.896	0.895	0.869	0.870
S	678	1012	1213	1018

Nota. Los cálculos para determinar estos valores se encuentran en el anexo

Una vez obtenida la tasa de flujo de saturación ajustada para cada acceso procedemos a determinar los otros datos para la determinación de la demora y del nivel de servicio como son la oferta ajustada, grado de saturación.

Tabla 49

Datos de capacidad, demanda y grado de saturación para cada acceso.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
Fase	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4
GM	1	2	3	4
N	2	2	2	2
V_{ai}	60	60	60	30
C	207	207	207	207
Q	393	587	469	295
q	1191	640	526	495
x	3.03	1.09	1.12	1.68
x_a	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Los cálculos para determinar estos valores se encuentran en el anexo.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para determinar el nivel de demora procedemos a calcular la demora total, siendo esta la suma de demora uniforme, demora incremental y demora inicial en la cola.

Tabla 50

Resumen de las demoras promedio y niveles de servicio para cada acceso y en conjunto.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Este	Acceso Oeste
d₁	73.50	73.50	83.50	88.50
d₂	45.40	37.10	41.60	52.40
d₃	0	0	0	0
d_T	119	111	125	141
Nivel de servicio	F	F	F	F

Nota. Los cálculos para determinar estos valores se encuentran en el anexo

Obtenidos los cálculos logramos determina que la demora por demora para el Acceso Norte es de 119 segundos, para el Acceso Sur es de 111 segundos, para el acceso este es de 125 segundos y para

el acceso Oeste es de 141 segundos, esto dándonos como resultado un nivel de servicio F para todos los accesos.

4.3. Propuestas de mejora

Una de las maneras para reducir el tiempo de demora de cada usuario es reordenar el flujo vehicular, esto hará que se reduzca el tiempo de viaje además de reducir el riesgo de posibles accidentes de tránsito, así como también la disminución de contaminantes ambientales como son las emisiones de CO₂ que producen los vehículos motorizados como también la disminución de la contaminación sonora entre otras

Es por ello que se plantean las siguientes alternativas de solución.

4.3.1. Mejora de las fases semafóricas

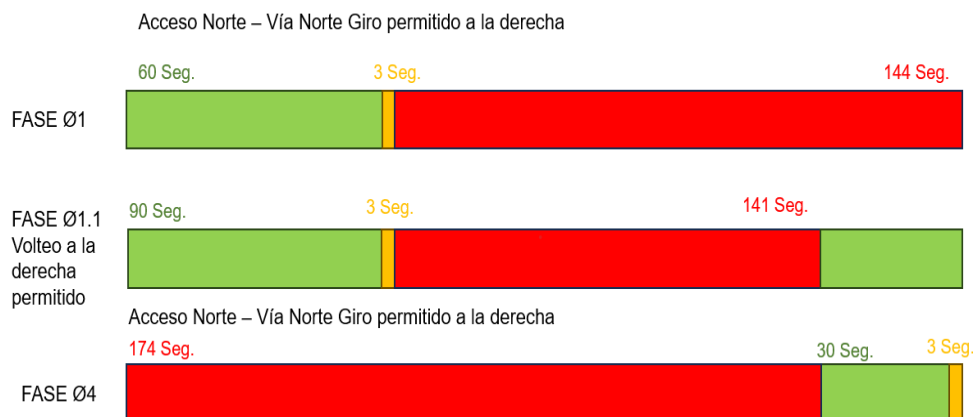
Teniendo en cuenta el análisis realizado mediante la metodología del HCM – 2010 podemos determinar la demora en la cual se trasladan los vehículos de un punto a otro, por lo que al hacer cambios en las fases semafóricas se podrá reducir los tiempos de viaje, así como también el congestionamiento vehicular.

- **Propuesta de fase con giro a la derecha permitido para Acceso Norte.**

Se recomienda la integración de un tiempo el cual permita un giro a la derecha sin flujo opuesto ni interrupciones.

Figura 15

Fase de giro permitido a la derecha para el acceso norte.



Nota: Propuesta de nueva fase con giro a la derecha permitido.

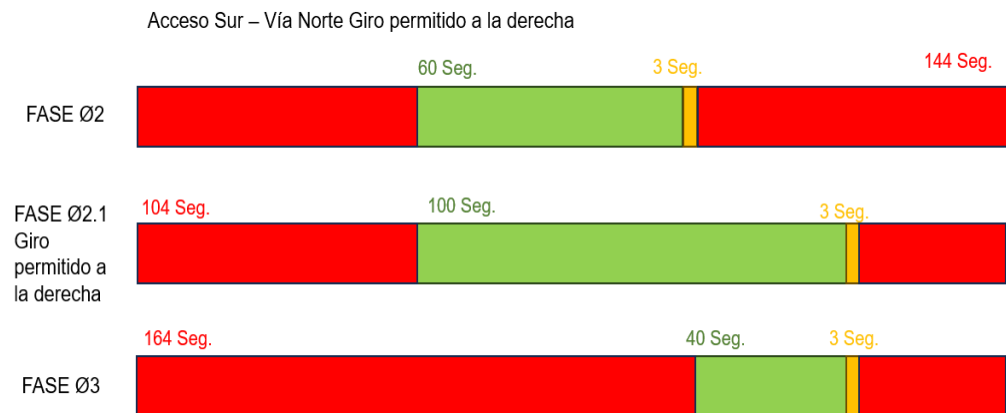
La fase Ø 1.1 permite que los vehículos que circulan por el Acceso Norte tengan un periodo adicional de 30 segundos de verde en el cual pueden girar a la derecha sin flujo opuesto, es decir contarían con un periodo constante de 90 segundo para girar a la derecha.

- **Propuesta de fase con giro permitido a la derecha para el Acceso Sur.**

Se recomienda la integración de un tiempo adicional que permitirá que los vehículos que circulan por este acceso puedan girar a la derecha.

Figura 16

Fase de giro permitido a la derecha en el acceso Sur.



Nota: Propuesta de nueva fase con giro a la derecha permitido.

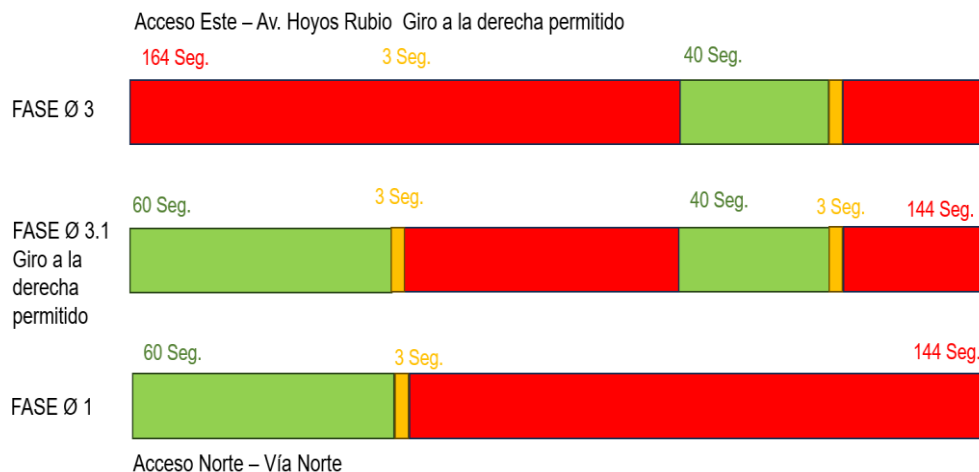
La fase Ø 2.1. permite que los vehículos que circulan por el acceso sur tengan un periodo adicional de 40 segundos de verde en el cual pueden girar exclusivamente a la derecha sin flujo opuesto, es decir tendrán un periodo de 100 segundos para girar a la derecha.

- **Propuesta de fase con giro permitido a la derecha para el Acceso Este.**

Se recomienda la integración de un tiempo adicional que permitirá el giro a la derecha de los vehículos que circulan por este.

Figura 17

Fase de giro permitido a la derecha para el Acceso Este.



Nota: Propuesta de nueva fase con giro a la derecha permitido.

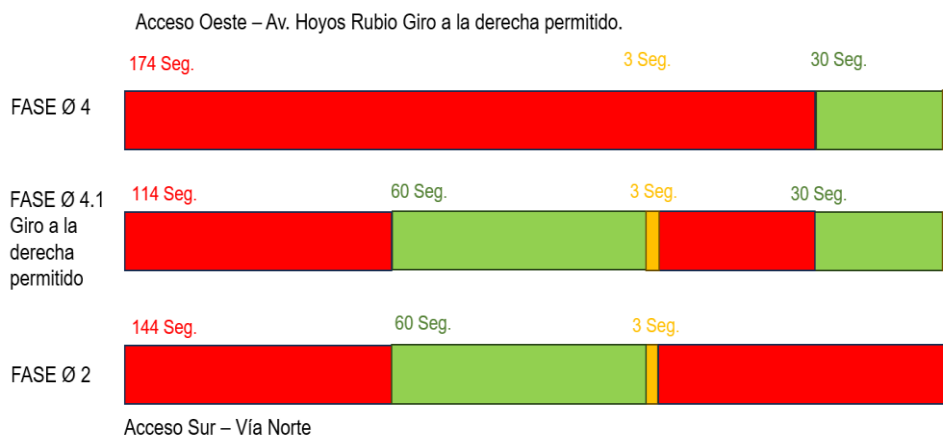
La Fase Ø 3.1. permite que los vehículos que circulan por el acceso Este cuenten con un periodo adicional de 60 segundos en el cual los vehículos pueden girar exclusivamente a la derecha. Esto quiere decir que los vehículos tendrán un total de 100 segundos para girar a la derecha, lo cuales se dividen en 2, 40 segundos de su Fase normal y adicional 60 segundos de la fase propuesta.

- **Propuesta de fase con giro permitido a la derecha para el Acceso Oeste.**

Se propone la integración de un lapso de tiempo adicional que permitirá el giro a la derecha sin flujo opuesto para el Acceso.

Figura 18

Fase de giro permitido a la derecha para el Acceso Oeste.



Nota: Propuesta de nueva fase con giro a la derecha permitido.

La Fase Ø 4.1. permitirá que los vehículos que circulan por el Acceso Oeste tengan un periodo de tiempo adicional de 60 segundos en los cuales los vehículos pueden girar a la derecha sin flujo opuesto, Esto indica que los vehículos tienen un periodo de 90 segundos para girar a la derecha, lo cual se divide en 2 periodos, el primero de 30 segundos en la fase normal del acceso y un periodo de 60 segundos exclusivamente para permitir el giro a la derecha.

4.3.2. Ampliación de carriles y mejoras de señalización.

Se propone la ampliación de los accesos pasando de dos carriles a tres carriles, esto con el propósito de agregar un carril y así aprovechar la propuesta de la implementación de nuevas fases que permiten los giros a la derecha para cada acceso, así como también

beneficiar en la disminución del congestionamiento vehicular por lo que se propone los siguientes cambios para cada acceso.

- **Acceso Norte.**

Para el acceso norte mediante una reestructuración de la vía, reduciendo el separador central de 1.80 metros a 0.80 metros, además de extender la calzada sobre la cuneta ampliando así en 0.65 metros la extensión de toda esta, por lo que se propone un drenaje pluvial interno el cual se encontraba debajo de la calzada con accesos para poder hacer su mantenimiento periódico, con todos estos cambios, el Acceso Norte tendrá un ancho de carril promedio de 3.15 metros contando con tres carriles.(Ver figura 42)

- **Acceso sur.**

Para el acceso Sur mediante una reestructuración de la vía se elimina el jardín lateral que se encuentra invadiendo parte de la vía por la cual se obtendrá más espacio para la asignación de un carril más por lo que se tendrán 3 carriles con un ancho promedio de 3.39 metros por cada uno. (Ver figura 43)

- **Acceso Este.**

Para el acceso Este mediante una reestructuración de la vía ampliar la calzada sobre la cuneta ampliando está en 0.42 metros por lo que cada carril contara con un ancho promedio de 3.00 metros por cada uno contando con 3 carriles. (Ver figura 44)

- **Acceso Oeste.**

Para el acceso Oeste mediante una reestructuración de la vía eliminar el paradero que se encuentra en el lado derecho de la vía además de extender la calzada sobre la cuneta, generando un drenaje

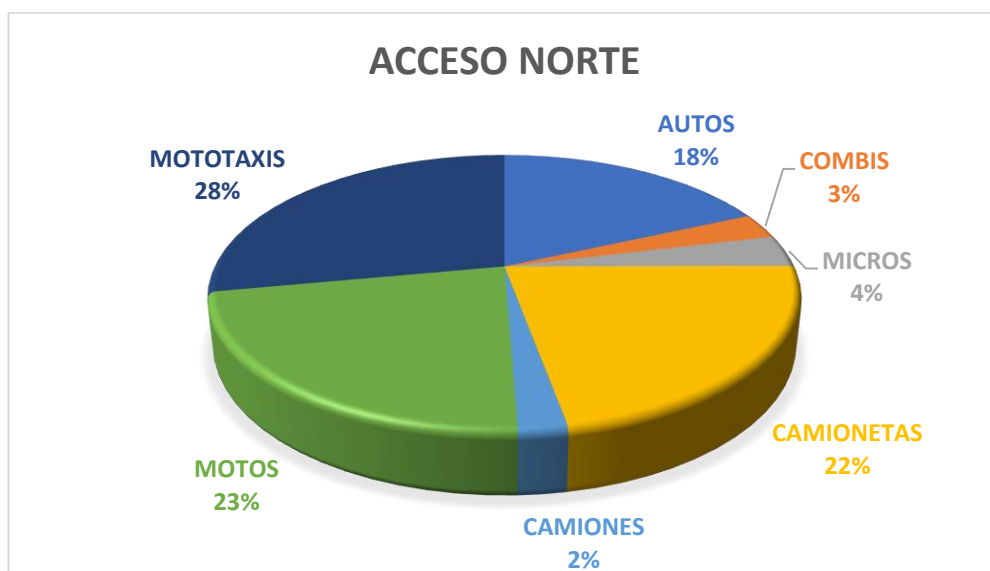
pluvial interno con accesos para su mantenimiento periódico, por lo que tendríamos 3 carriles con un ancho promedio de 3.20 metros para cada uno. (Ver figura 45).

4.3.3. Restricción Vehicular.

Según el estudio realizado el vehículo predominante por acceso es los mototaxis como podemos visualizar en las siguientes figuras

Figura 19

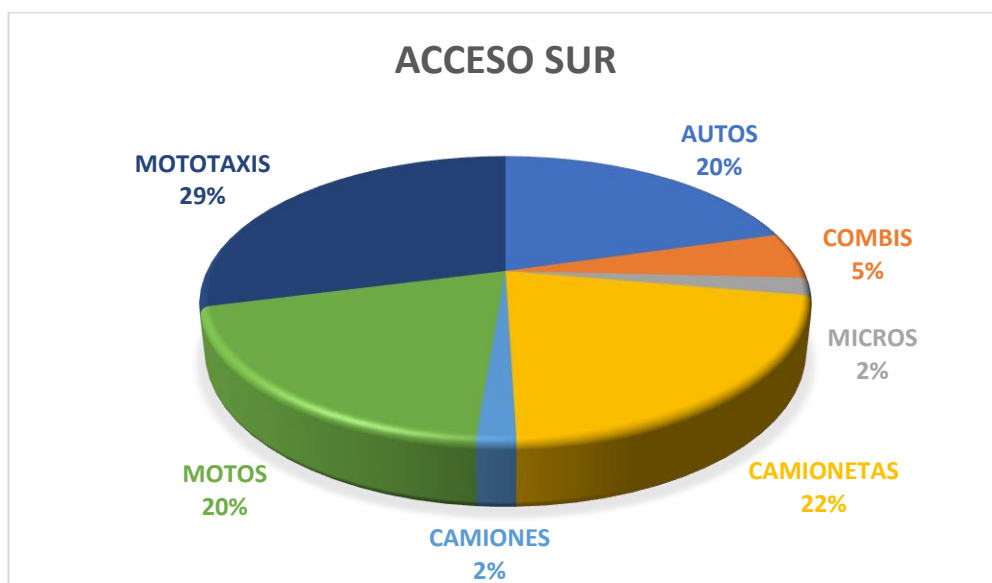
Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Norte.



Nota: Se visualiza que el vehículo predominante en este acceso son las Mototaxis con un 28% del total.

Figura 20

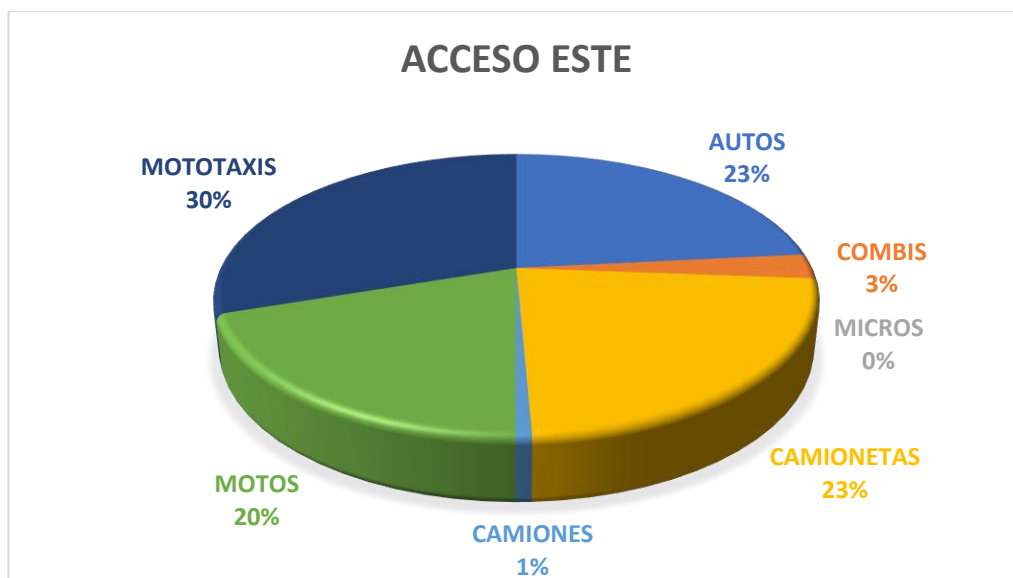
Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Sur.



Nota: Se visualiza que el vehículo predominante en este acceso son las Mototaxis con un 29% del total.

Figura 21

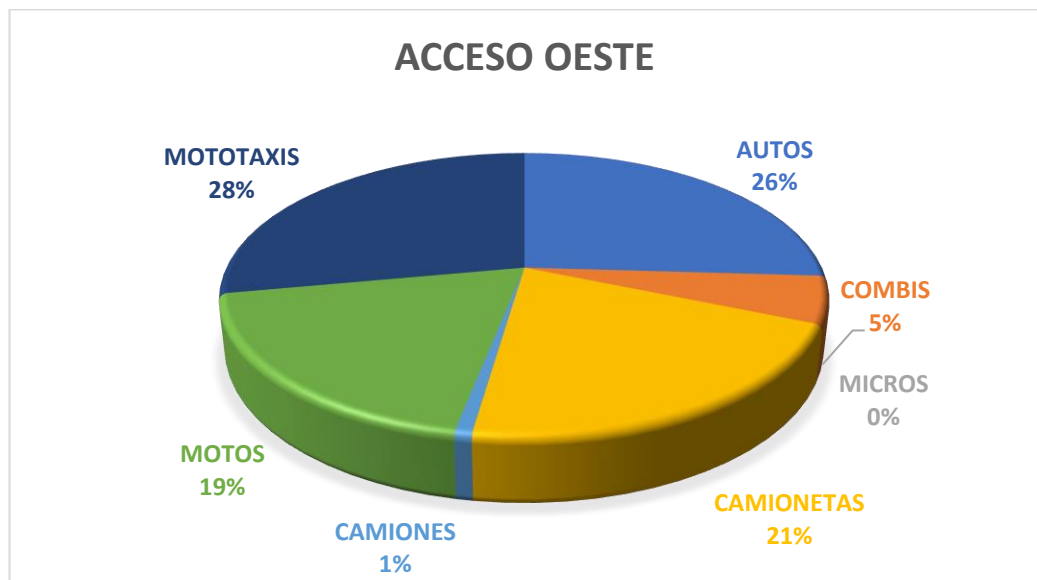
Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Este.



Nota: Se visualiza que el vehículo predominante en este acceso son las Mototaxis con un 29% del total.

Figura 22

Porcentaje por tipo de vehículos que circulan por el Acceso Oeste.



Nota: Se visualiza que el vehículo predominante en este acceso son las Mototaxis con un 29% del total.

Por esta razón se propone plantear la restricción vehicular en ciertas horas en las cuales el flujo vehicular es mayor, esto como finalidad de descongestionar la intersección de las avenidas Vía Norte y Hoyos Rubio, esta restricción será aplicada en horas de máxima demanda vehicular en ambas intersecciones por lo que se hará uso de rutas alternas para estos vehículos de manera que no vean interrumpido sus labores como transportistas, sino una solución para descongestionar las avenidas en beneficio de ellos y de los transeúntes y conductores que hacen uso de estos.

Además de una restricción para vehículos pesados, mediante el estudio se visualiza que estos vehículos son los menos predominantes por la intersección de las avenidas, sin embargo, estos

por su tamaño y volumen son los que mayor congestión y demora producen, además, al ser vehículos grandes pueden provocar accidentes de tránsito, ya que existe un gran riesgo de que conductores de estos vehículos no logren visualizar a todos los vehículos a su alrededor, esto también es conocido como punto ciego, lo que podría generar algún accidente, es por ello que se propone la restricción de vehículos pesados en los cuatro accesos entre el periodo de 6:00 am hasta las 22:00 pm. Esto con el fin de reducir el congestionamiento vehicular, el riesgo potencial de accidentes de tránsito, además de reducir significativamente la contaminación que estos vehículos producen.

4.3.4. Regulación del transporte publico.

En la ciudad de cajamarca existe una excesiva oferta de servicio en transporte public, esto debido al incremento desproporcional de mototaxis, por lo que es necesario un reordenamiento de estos medios de transporte, esto con la finalidad de reducir significativamente el desplazamiento de estos por las avenidas.

Por lo que se plantea la propuesta de generar rutas alternas a la intersección de estudio, esto con el fin de reducir los tiempos de viajes asi como también reducir los contaminantes a los que estan expuestos los transeuntes que circulan por las inmediaciones de esta intersección, ademas de reducir la contaminación sonora a la que se ven expuestos ya que, algunos conductores de estas mototaxis hacen un mal uso del

claxon por lo que generan un sintoma de malestar entre peatones y conductores.

Estas propuestas se podran implementar en horas donde la demanda vehicular de los accesos sea alta, esto para reducir el congestionamiento vehicular.

- **Propuesta de ruta alterna para mototaxis que se dirigan del Acceso Norte al acceso Este.**

Las mototaxis que circulen por la Vía Norte seran desviadas con un giro a la izquierda por el Jr. Santa teresa de Journet por el cual seguiran de manera recta hasta llegar a la intersección con el Jr. Los Ángeles por el cual podran acceder a la Av. Hoyos rubio. (Ver Anexo)

- **Propuesta de ruta alterna para mototaxis que se dirigen del Acceso Este hacia el Acceso Norte.**

Las mototaxis que circulen por la Av. Hoyos rubio en direccion al Acceso Este seran desviada hacia la derecha por el Jr. Seguro siguiendo de manera recta hasta la intersección con el Jr. Aviación por el cual podran acceder a la Via Norte.

- **Propuesta de ruta alterna para Mototaxis que se dirigen del Acceso Sur hacia el Acceso Este.**

Las mototaxis que circulen por la Via norte con direccion al Acceso este serán desviadas hacia la derecha por el Jr. Emilio Barrantes de manera recta hasta la intersección con el Jr. Rafael Narvaez mediante el cual podran acceder a la Av. Hoyos Rubio.

- **Propuesta de ruta alterna para Mototaxis que se digiren del Acceso Este hacia el Acceso Sur.**





Las Mototaxis que circules por la Av. Hoyos Rubio Serán desviadas hacia la Av. 26 de octubre de manera recta hasta llegar a la intersección con el Jr. Zoilo León Ordoñez mediante el cual podran acceder a la Vía Norte.

Ademas de prohibir la parada de micros y combis en la intersección para dejar o recoger pasajeros, esto con la finalidad de evitar que se genere desorden que provoque cola de trafico y no permita un flujo constante y mirar el riesgo de accidentes de transito provocados por

4.3.5. Propuesta de solución para las fallas en el acceso Oeste

Tabla 51

Propuesta de solución para fallas en el acceso Oeste.

Fallas	Principales causas de deterioro	Severidad	Intervenciones	Imágenes
Grietas Piel de cocodrilo	Los deterioros son causados por la fatiga de la carpeta asfáltica del pavimento, esto se debe a las cargas constantes de tránsito, la cual se manifiesta como grietas interconectadas.	Media	Bacheo Profundo	
Huecos	Los deterioros están causados por el desprendimiento y desintegración constante de la carpeta asfáltica, las cuales se producen derivadas de fallas como piel de cocodrilo o el desprendimiento de agregados, esto sumado a la acción abrasiva del tránsito.	Media	Bacheo Superficial	
		Alta	Bacheo Profundo	
Desprendimiento de agregados	Los deterioros están causados por el desprendimiento y desintegración constante de la carpeta asfáltica, las cuales se producen derivadas de fallas como piel de cocodrilo o el desprendimiento de agregados, esto sumado a la acción abrasiva del tránsito.	Media	Sellado Superficial	

Nota: Propuesta para reparación de las fallas encontradas en el acceso Oeste.

Docimasia de hipótesis

De acuerdo a la presente investigación se desarrolló el Análisis de la transitabilidad mediante el método HCM – 2010 para la elaboración del plan de mejoramiento vial en intersección de la Vía Norte con Av. Hoyos Rubio de la cual conlleva diversos factores como la existencia de fallas en el pavimento, se realizó una variación horaria del volumen de tránsito mixto del acceso norte, sur, este y oeste por el transcurso de 24 horas de los 7 días de la semana, lo cual contribuye a poder obtener el aforo vehicular respecto al Manual de Capacidad de Carreteras HCM – 2010 lo cual contribuye al mejor análisis de la intersección sanforizada, entre con lo cual se determinó las horas punta, luego se realizó la toma de datos de la semaforización de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras (HCM - 2010), lo cual contribuye al mejor análisis de la intersección sanforizada, así se realizó de una manera más detallada por lo tanto se logra identificar con mayor precisión la capacidad actual de las intersecciones en estudio.

Así mismo se puede tener en cuenta que la Av. Hoyos Rubio y Vía Norte son zonas con bastante afluencia de vehículos, en este caso se ve un gran número de mototaxis respecto al transporte público y así mismo de mayor transitabilidad peatonal, la investigación propuesta busca disminuir el congestionamiento logrando identificar el máximo número de vehículos que puede llegar a transitar por el punto en este caso las intersecciones antes mencionadas en este caso se realizó por un cierto periodo de tiempo.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Para la determinación de las características de los accesos a la intersección de estudio, se realizó un estudio mediante el cual se tomó las medidas correspondientes para cada acceso, así como un análisis de sus principales características, la intersección es correspondiente a un cruce en forma de cruz “+” semaforizado, conformada por el cruce de las vías, Vía Norte y Av. Hoyos Rubio, ambas cuentan con dos sentidos los cuales cuenta con dos carriles cada uno. Los cuales tienen las siguientes medidas y números de carriles.

Tabla 52

Ancho de los accesos y número de carriles.

Acceso	Carriles
Acceso Norte	2
Acceso Sur	2
Acceso Este	2
Acceso Oeste	2

Los vehículos que transitan por cualquiera de estos accesos cuentan con tres movimientos permitidos (De frente, Izquierda o Derecha).

- Para la determinación de las fallas en la intersección, del diagnóstico realizado al estado del pavimento de cada acceso, podemos decir que:

El pavimento de los accesos norte, sur y este. No presentan fallas visibles que permitan realizar el cálculo según el índice de condición de pavimentos (PCI), sin embargo el acceso este cuenta con fallas visibles cercanas a la intersección por lo que se procedió a realiza un análisis para determinar el tipo de fallas que se encontraban presentes a lo largo de este acceso mediante el cual pudimos determinar que existen las siguientes fallas, piel de cocodrilo, huecos y desprendimiento de agregados, por lo que con la metodología del índice de condición de pavimentos (PCI) pudimos determinar con ayuda de

los ecuaciones y los ábacos que nos brinda esta metodología determinar el estado en el cual se encuentra el pavimento.

- Para la determinación de los niveles de servicio del segmento de vía y de la intersección de estudio, primero se procedió a realizar un conteo vehicular, el cual estuvo constituido por un conteo de 7 días de una semana, las 24 horas del día, esto de manera manual, como con la ayuda de cámaras que nos ayudaron a grabar en ciertos momentos del día, de este diagnóstico podemos decir que:

El día de máxima demanda para los accesos fueron los días Lunes, martes y viernes siendo las horas puntas en la mañana, al medio día y en la noche. Siendo esto un indicativo de que los días de mayor flujo vehicular son los días hábiles entre lunes y sábado.

El vehículo predominante en todos los accesos es la mototaxi, pues en los cuatro accesos se encuentra un promedio del 28% del total de vehículos, siendo estos vehículos parte del transporte público las cuales generan una gran congestión vehicular deduciendo que el flujo de la intersección de estudio está compuesto principalmente por mototaxis que en su mayoría son usados como transporte público y autos los cuales en su mayoría son de uso particular.

- La determinación de las características de tráfico teniendo en cuenta los parámetros de la metodología del manual de capacidades de carreteras HCM-2010 para cada acceso.

Los 4 accesos (Acceso Norte – Acceso Sur – Acceso Este – Acceso Oeste), cuentan con un gran flujo vehicular en las horas de máxima demanda, esto se considera ya que el factor de hora punta es cercano a la unidad, por lo que

podemos determinar que no existe tiempo en el que no circulen vehículos por los accesos, siempre existirá flujo vehicular. Por lo que determinamos el flujo vehicular por acceso en sus quince minutos de mayor demanda obteniendo:

- Para el acceso Norte: 442 veh/15min, con un total de 1743 veh/hora.
 - Para el Acceso Sur: 353 veh/15min, con un total de 1361 veh/hora.
 - Para el Acceso Este: 407 veh/15min, con un total de 1515 veh/hora.
 - Para el Acceso Oeste: 294 veh/15min; con un total de 1153 veh /hora.
- Para la determinación del nivel de servicio vehicular se realizaron dos análisis para determinar el nivel de servicio por un segmento de vía de 500 metros para cada acceso, así como también para determinar el nivel de servicio de la intersección de las vías mediante los cuatro accesos cada uno contando con dos carriles por acceso. Para la evaluación identificamos, los accesos, el aforo vehicular y los tipos de giros que realizan los vehículos.

Después del procesamiento de datos logramos determinar que para el análisis del segmento de vía para los cuatro accesos se presenta uno de los niveles más bajos siendo este un Nivel de servicio E (NS E) el cual se caracteriza por presentar demoras significativas en el tiempo de viaje de los vehículos, así como también colas extensas y congestión vehicular alta. Y para el análisis del Nivel de servicio de la intersección semaforizada después de el procesamiento de datos logramos determinar que cuenta con el nivel más bajo de servicio siendo este F (NS F). Con estos análisis pudimos determinar que el tiempo de viaje diagnosticada para la hora máxima de demanda vehicular esta entre los 51 segundos hasta los 141 segundos en el tiempo más crítico.

VI. CONCLUSIONES

- Podemos concluir que mediante el análisis del índice de condición de pavimentos (PCI) los Accesos Norte, Sur y Este no cuentan con fallas notorias de manera visual, por lo tanto, se considera que de acuerdo al índice de condición de pavimentos se encuentra en una clasificación buena. Mientras que para el Acceso Oeste se encontraron las siguientes fallas, Piel de cocodrilo, Huecos y Desprendimiento de agregados por lo que después de un análisis podemos concluir que de acuerdo al Índice de condición de pavimentos (PCI) este pavimento se encuentra en una clasificación Mala.
- Se concluye que mediante el análisis del conteo vehicular de la intersección se realizó un análisis por acceso, con lo cual logramos determinar los días de máxima demanda para cada uno de estos, siendo para el acceso norte el día de máxima demanda el día lunes con una hora punta entre las 07:00 pm – 08:00 pm, para el acceso Sur su día de máxima demanda es el día martes con una hora punta entre 07:00 am – 08:00 am,, para el Acceso Este el día de máxima demanda es el lunes con una hora punta entre las 07:00 am – 08:00 pm y para el Acceso Oeste el día de máxima demanda es el día viernes con una hora punta entre las 12:00 pm – 01:00 pm. Siendo la mototaxi el vehículo predominante en cada uno de estos accesos.
- Del análisis mediante la metodología HCM -2010 se concluye que para el segmento de vía de cada acceso se cuenta con un Nivel de servicio E, lo que significa que existe un aforo vehicular significativo lo que a su vez genera, contaminación ambiental, sonora, estrés entre los transeúntes y conductores.
- Del análisis mediante la metodología HCM – 2010 se concluye que para el estudio de la intersección semaforizada por cada Acceso obtenemos un Nivel

de servicio F, lo que se ve reflejado en el tiempo de demora de viaje que puede llegar a ser superior a los 2 minutos, esto generando gran incomodidad entre conductores, así como también aumentando la contaminación provocada por los vehículos motorizados

- Mediante un análisis para las propuestas de mejoramiento se concluye que, la aplicación de un tercer carril exclusivo para giros a la derecha en cada uno de los accesos adicionando a estos una nueva fase semaforizada reducida significativamente el congestionamiento vehicular y el malestar en conductores, esto ayudando a la disminución de contaminantes ambientales, sonoros, etc.
- Se concluye que para reducir el congestionamiento vehicular es necesario realizar una regulación en el sistema de transporte público específicamente las mototaxis ya que estas son el vehículo predominante en cada uno de los accesos, mediante un desvío de estos vehículos por rutas alternas las cuales ayudaran a descongestionar la intersección de estudio. Así como también la restricción de la circulación de vehículos pesados durante las horas del día, pudiendo estos circular durante la noche donde hay un claro descenso en el flujo vehicular, evitando accidentes de tránsito y reduciendo la contaminación a la que se ven expuestos los transeúntes.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda un estudio a futuro centrado específicamente en el análisis de las fallas existentes mediante el índice de condición de pavimentos (PCI) a lo largo de toda la Vía Norte y Av. Hoyos Rubio, esto con el fin de mejorar el pavimento por el cual circulan miles de vehículos al día para poder mejorar la calidad de tránsito vehicular.
- Se recomienda el uso de las rutas alternas propuestas en el presente estudio, con el fin de disminuir el congestionamiento vehicular en las horas punta ocasionadas por el vehículo de mayor predominancia que según los resultados obtenidos viene a ser las mototaxis, esto beneficiara el tránsito fluido de los otros vehículos haciendo que el tiempo de viaje sea menor para los usuarios de las avenidas de estudio.
- Se recomienda que se continúen realizando periódicamente estudios de transitabilidad para determinar la capacidad y las carencias de las vías estudiadas con el fin de mantener un constante control del aumento del congestionamiento vehicular, con la finalidad de poder determinar soluciones a corto, mediano y largo plazo.
- Se recomienda un análisis más detallado para evaluar la opción de la aplicabilidad de la propuesta de aumentar el tamaño de las calzadas de cada acceso para asignar un carril más, esto con el fin de determinar la viabilidad de la propuesta además de generar nuevas opciones de mejora vial como podrían ser los intercambios viales o la construcción de una nueva avenida de evitamiento, con la finalidad de reducir la congestión vehicular que afecta a la ciudad de Cajamarca.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángeles Ortega, R. F. (2020) *Análisis de la aplicabilidad de la metodología HCM 2010 en una rotonda en la ciudad de Lima* Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17692>
- Arguedas Bernal, C. A. y Mosqueira Grosso, R. E. (2018) *Propuesta de solución integral en la Av. Del Aire entre las Avenidas Aviación, San Luis y Rosa Toro, mediante un análisis de la congestión vehicular aplicando la metodología HCM 2010* <http://hdl.handle.net/10757/624071>
- Ashhad V. y Cabrera M. y Roa M. (2020) *Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>
- Chuqui huaccha Mauricio, M. A. y Galván Aldoradin, C. J. P. (2019) *Propuesta de mejora de congestión vehicular usando metodología del HCM 2010 en las intersecciones de la Av. 26 de Noviembre, entre la Av. Pachacutec y la Av. Salvador Allende, en el distrito de V.M.T.* Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/621703>
- Gamarra Galvez, R. y Vargas López, A. D. (2021) *Análisis de congestionamiento vial mediante la metodología HCM 2010, en las intersecciones semaforizadas número 062 y 070 del SIT de la ciudad de Trujillo, 2021.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28068>
- Mojica L. (2018) *Evaluación comparativa de capacidad y nivel de servicio con la metodología HCM - versión 2000 y HCM - versión 2010, y análisis geométrico, del anillo vial 1 del plan de ordenamiento zonal del norte – POZ norte, en la ciudad de Bogotá D.C.* Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/766>
- Rojas Huamán, E. (2019) *Análisis de la capacidad y niveles de servicio de la Avenida Mario Urteaga, tramo: Jr. Dos de Mayo hasta el Óvalo El Inca; según la metodología HCM 2010, Cajamarca 2018.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21885>.

HCM. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington DC. Transportation Research Board.

IIX. ANEXOS**Figura 23**

Falla N° 1 (falla piel de cocodrilo)



Nota: La siguiente figura denota la falla N° 01 encontrada en el tramo estudiado.

Figura 24

Falla N° 13 (falla huecos)



Nota: La siguiente figura denota la falla N° 13 encontrada en el tramo estudiado.

Figura 25

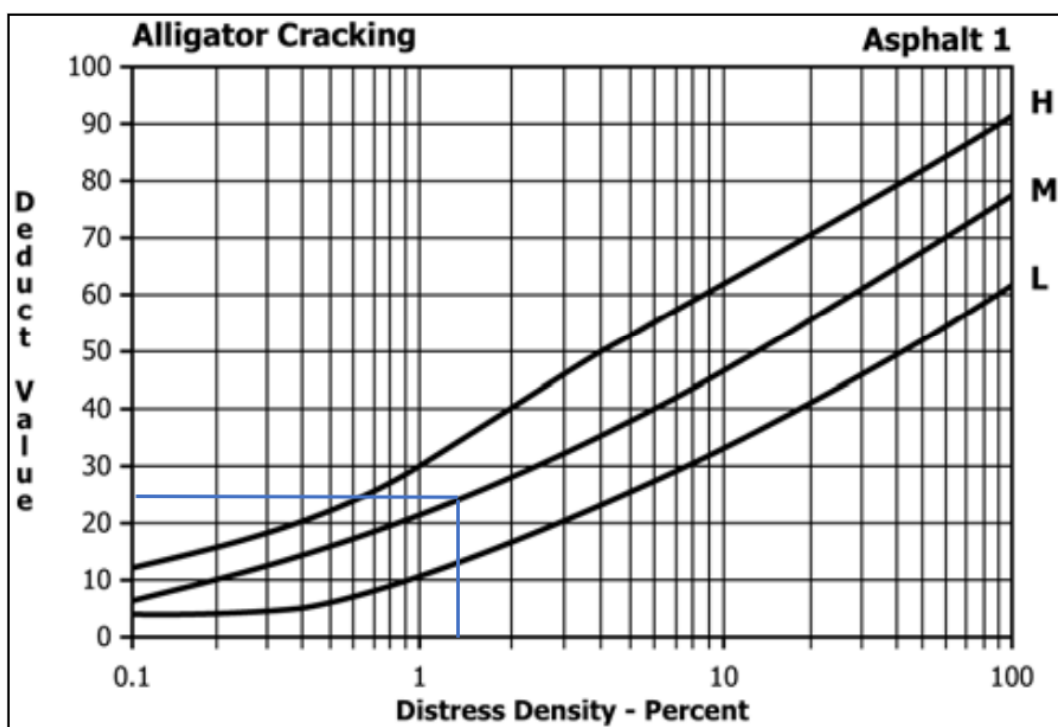
Falla N° 19 (desprendimiento de agregados)



Nota: La siguiente figura denota la falla N° 19 encontrada en el tramo estudiado.

Figura 26

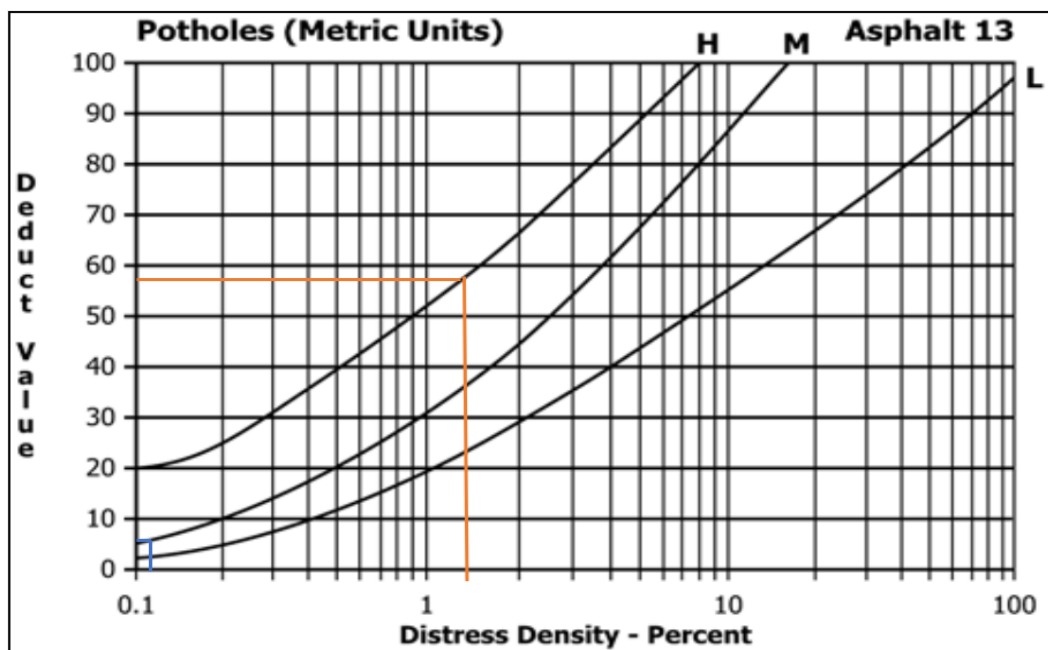
Abaco para determinar el valor deducido de la piel de cocodrilo



Nota: Abaco según el tipo de falla para obtener el valor deducido obtenida de la metodología PCI.

Figura 27

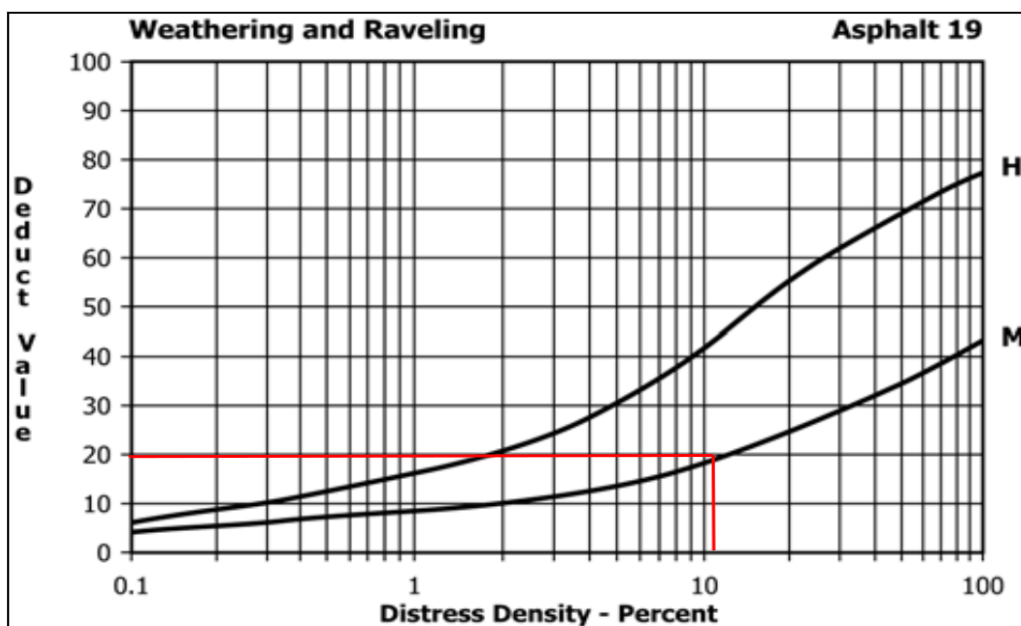
Abaco para determinar el valor deducido de la falla huecos.



Nota: Abaco según el tipo de falla para obtener el valor deducido obtenida de la metodología PCI.

Figura 28

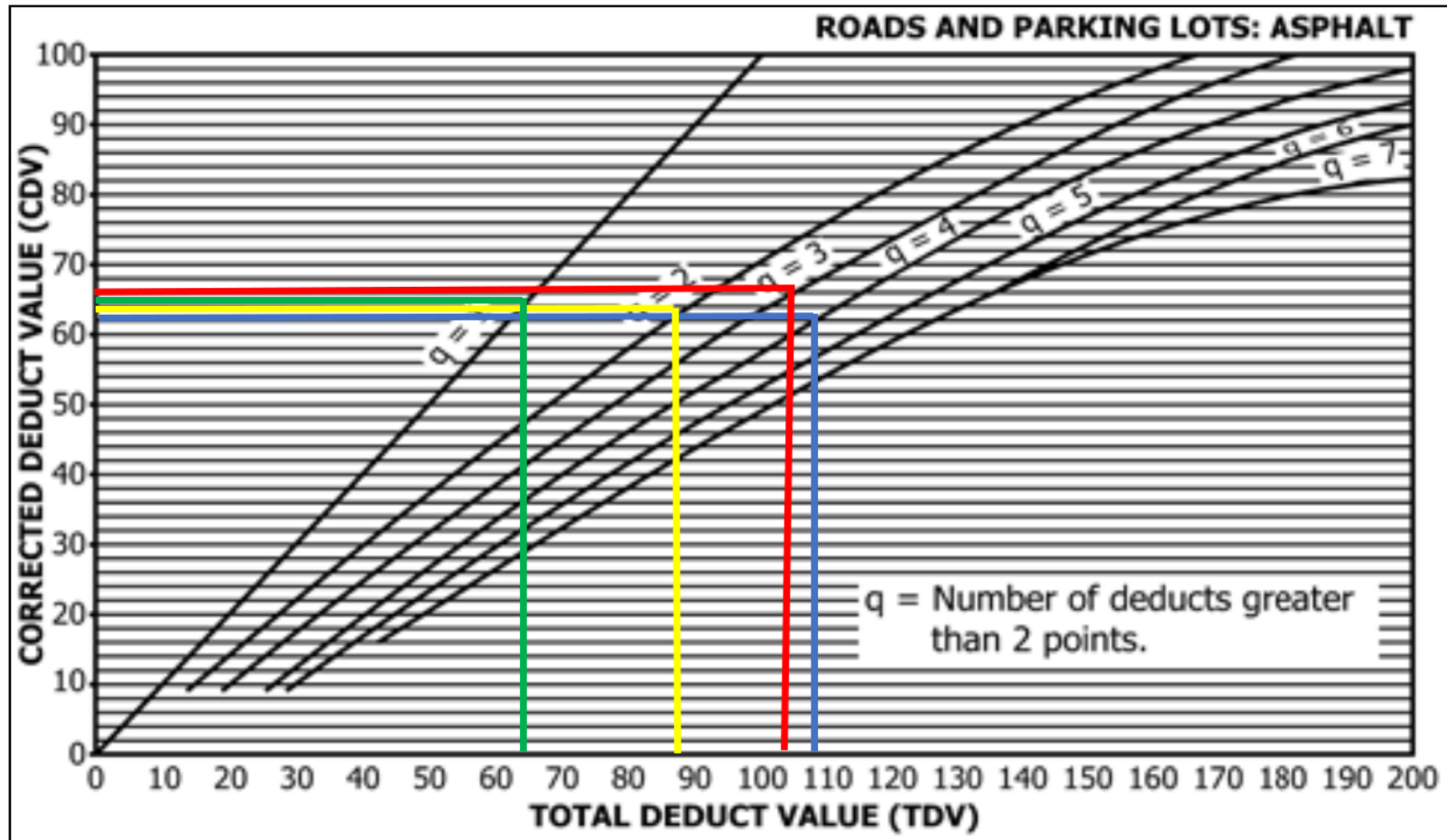
Abaco para determinar el valor deducido para el desprendimiento de agregados.



Nota: Abaco según el tipo de falla para obtener el valor deducido obtenida de la metodología PCI.

Figura 29

Abaco de valor deducido corregido para Q



Nota: Abaco para el valor deducido corregido de la metodología PCI

Cálculos para determinar el nivel de servicio en el segmento de vía para la intersección de estudio.

Paso 1: Elementos de entrada.

Cálculo 1

Capacidad vehicular (Máxima intensidad vehicular); del segmento de vía.

Acceso Norte.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{442}{0.25} = 1768 \text{ veh/h}$$

Acceso Sur.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{353}{0.25} = 1412 \text{ veh/h}$$

Acceso Este.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{407}{0.25} = 1628 \text{ veh/h}$$

Acceso Oeste.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{294}{0.25} = 1176 \text{ veh/h}$$

Cálculo 2

Factor de hora punta (FHP) del segmento de vía.

Acceso Norte.

$$FHP = \frac{I_h}{4 * I_{15}} = \frac{1743}{4 * 442} = 1.00$$

Acceso Sur.

$$FHP = \frac{I_h}{4 * I_{15}} = \frac{1361}{4 * 353} = 0.96$$

Acceso Este.

$$FHP = \frac{I_h}{4 * I_{15}} = \frac{1515}{4 * 407} = 0.93$$

Acceso Oeste.

$$FHP = \frac{I_h}{4 * I_{15}} = \frac{1153}{4 * 294} = 0.98$$

Cálculo 3

Grado de saturación.

Acceso Norte.

$$x = \frac{v}{c} = \frac{\frac{442 \text{ veh}}{15 \text{ min}} * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right)}{1743} = 1.01$$

Acceso Sur.

$$x = \frac{v}{c} = \frac{\frac{353 \text{ veh}}{15 \text{ min}} * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right)}{1361} = 1.04$$

Acceso Este.

$$x = \frac{v}{c} = \frac{\frac{407 \text{ veh}}{15 \text{ min}} * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right)}{1515} = 1.07$$

Acceso Oeste.

$$x = \frac{v}{c} = \frac{\frac{294 \text{ veh}}{15 \text{ min}} * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right)}{1153} = 1.02$$

Paso 2: Tiempo en movimiento.

Cálculo 4

Densidad de los puntos de acceso

Acceso Norte.

$$D_a = 5280 * \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i} = 5280 * \frac{6 + 2}{1640.42 - 26.71} = 26.18$$

Acceso Sur.

$$D_a = 5280 * \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i} = 5280 * \frac{7 + 2}{1640.42 - 31.96} = 29.54$$

Acceso Este.

$$D_a = 5280 * \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i} = 5280 * \frac{1 + 5}{1640.42 - 28.22} = 19.65$$

Acceso Oeste.

$$D_a = 5280 * \frac{N_{ap,s} + N_{ap,o}}{L - W_i} = 5280 * \frac{2 + 0}{1640.42 - 31.73} = 26.18$$

Cálculo 5

Factor de ajuste para puntos de acceso.

Acceso Norte.

$$f_A = -0.078 * \frac{D_a}{N_{th}} = -0.078 * \frac{26.18}{2} = -1.02$$

Acceso Sur.

$$f_A = -0.078 * \frac{D_a}{N_{th}} = -0.078 * \frac{29.54}{2} = -1.15$$

Acceso Este.

$$f_A = -0.078 * \frac{D_a}{N_{th}} = -0.078 * \frac{19.65}{2} = -0.76$$

Acceso Oeste.

$$f_A = -0.078 * \frac{D_a}{N_{th}} = -0.078 * \frac{6.56}{2} = -0.26$$

Cálculo 6

Factor de ajuste para sección transversal.

Acceso Norte.

$$\begin{aligned} f_{cs} &= 1.5 * P_{rm} - 0.47 * P_{curb} - 3.7 * P_{rm} * P_{curb} \\ &= 1.5 * 0 - 0.47 * 1 - 3.7 * 1 * 0 \\ &= -0.47 \end{aligned}$$

Acceso Sur.

$$\begin{aligned} f_{cs} &= 1.5 * P_{rm} - 0.47 * P_{curb} - 3.7 * P_{rm} * P_{curb} \\ &= 1.5 * 0 - 0.47 * 1 - 3.7 * 1 * 0 \\ &= -0.47 \end{aligned}$$

Acceso Este.

$$\begin{aligned} f_{cs} &= 1.5 * P_{rm} - 0.47 * P_{curb} - 3.7 * P_{rm} * P_{curb} \\ &= 1.5 * 0 - 0.47 * 1 - 3.7 * 1 * 0 \\ &= -0.47 \end{aligned}$$

Acceso oeste.

$$\begin{aligned} f_{cs} &= 1.5 * P_{rm} - 0.47 * P_{curb} - 3.7 * P_{rm} * P_{curb} \\ &= 1.5 * 0 - 0.47 * 1 - 3.7 * 1 * 0 \\ &= -0.47 \end{aligned}$$

Cálculo 7

Velocidad Constante.

Acceso Norte.

$$S_o = 25.6 + 0.47 * S_{pl} = 25.60 + 0.47 + 31.07 = 40.20 \text{ mi/h}$$

Acceso Sur.

$$S_o = 25.6 + 0.47 * S_{pl} = 25.60 + 0.47 + 31.07 = 40.20 \text{ mi/h}$$

Acceso Este.

$$S_o = 25.6 + 0.47 * S_{pl} = 25.60 + 0.47 + 31.07 = 40.20 \text{ mi/h}$$

Acceso Oeste.

$$S_o = 25.6 + 0.47 * S_{pl} = 25.60 + 0.47 + 31.07 = 40.20 \text{ mi/h}$$

Cálculo 8

Velocidad de flujo libre base.

Acceso Norte.

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A = 40.20 + (-0.47) + (-1.02) = 38.71$$

Acceso Sur.

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A = 40.20 + (-0.47) + (-1.15) = 38.58$$

Acceso Este.

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A = 40.20 + (-0.47) + (-0.76) = 38.97$$

Acceso Oeste.

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A = 40.20 + (-0.47) + (-0.26) = 39.47$$

Cálculo 9

Ajuste por espaciamento de señales.

Acceso Norte.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} = 1.02 - 4.7 * \frac{38.71 - 19.5}{400} = 0.79$$

Acceso Sur.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} = 1.02 - 4.7 * \frac{38.58 - 19.5}{400} = 0.80$$

Acceso Este.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} = 1.02 - 4.7 * \frac{38.97 - 19.5}{400} = 0.79$$

Acceso Oeste.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} = 1.02 - 4.7 * \frac{39.47 - 19.5}{400} = 0.79$$

Cálculo 10

Velocidad de flujo libre.

Acceso Norte.

$$S_f = S_{fo} * f_L = 38.71 * 0.79 = 30.58$$

Acceso Sur.

$$S_f = S_{fo} * f_L = 38.58 * 0.80 = 30.86$$

Acceso Este.

$$S_f = S_{fo} * f_L = 38.97 * 0.79 = 30.79$$

Acceso Oeste.

$$S_f = S_{fo} * f_L = 39.47 * 0.79 = 31.18$$

Cálculo 11

Factor por proximidad entre vehículos.

Acceso Norte.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1743}{52.8 * 2 * 30.58}\right)^{0.21}} = 1.08$$

Acceso Sur.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1361}{52.8 * 2 * 30.86}\right)^{0.21}} = 1.06$$

Acceso Este.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1515}{52.8 * 2 * 30.79}\right)^{0.21}} = 1.07$$

Acceso Oeste.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1153}{52.8 * 2 * 31.18}\right)^{0.21}} = 1.05$$

Cálculo 12

Tiempo en movimiento en el segmento.

Acceso Norte.

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025 * L} * f_x + \frac{3600 * L}{5280 * S_f} * f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} =$$

$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 * 1640.42} * 1 + \frac{3600 * 1640.42}{5280 * 30.58} * 1.08 + 6 * 0.03 + 2 * 0.03$$

$$t_R = 40.72 \text{ s}$$

Acceso Sur.

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025 * L} * f_x + \frac{3600 * L}{5280 * S_f} * f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} =$$

$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 * 1640.42} * 1 + \frac{3600 * 1640.42}{5280 * 30.86} * 1.06 + 7 * 0.03 + 2 * 0.03$$

$$t_R = 39.60 \text{ s}$$

Acceso Este.

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025 * L} * f_x + \frac{3600 * L}{5280 * S_f} * f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} =$$

$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 * 1640.42} * 1 + \frac{3600 * 1640.42}{5280 * 30.79} * 1.08 + 1 * 0.03 + 5 * 0.03$$

$$t_R = 40.02 \text{ s}$$

Acceso Oeste.

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025 * L} * f_x + \frac{3600 * L}{5280 * S_f} * f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} =$$

$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 * 1640.42} * 1 + \frac{3600 * 1640.42}{5280 * 31.18} * 1.08 + 2 * 0.03 + 0 * 0.03$$

$$t_R = 38.70 \text{ s}$$

Paso 3: Tiempo de propagación vehicular.

Cálculo 13

Tiempo de propagación vehicular.

Acceso Norte.

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_R)}{v_{th}} =$$

$$d_t = \frac{25.20 * 1743 * 2 + 3 * 562 * (1 - 0.10) + 2 * 0(1 - 0.10)}{1743}$$

$$d_t = 51.27 \text{ }^s/\text{veh}$$

Acceso Sur.

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1 - P_L) + d_{sr}v_{sr}(1 - P_R)}{v_{th}} =$$

$$d_t = \frac{25.20 * 1361 * 2 + 3 * 428 * (1 - 0.10) + 2 * 293(1 - 0.10)}{1361}$$

$$d_t = 51.64 \text{ }^s/\text{veh}$$

Acceso Este.

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1 - P_L) + d_{sr}v_{sr}(1 - P_R)}{v_{th}} =$$

$$d_t = \frac{25.20 * 1515 * 2 + 3 * 505 * (1 - 0.10) + 2 * 484(1 - 0.10)}{1515}$$

$$d_t = 51.88 \text{ }^s/\text{veh}$$

Acceso Oeste.

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1 - P_L) + d_{sr}v_{sr}(1 - P_R)}{v_{th}} =$$

$$d_t = \frac{25.20 * 1153 * 2 + 3 * 313 * (1 - 0.10) + 2 * 345 * (1 - 0.10)}{1153}$$

$$d_t = 51.67 \text{ }^s/\text{veh}$$

Paso 4. Velocidad de desplazamiento.

Cálculo 14

Velocidad de desplazamiento.

Acceso Norte.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 * L}{5280 * (t_R + d_t)} = \frac{3600 * 1640.42}{5280 * (40.72 + 51.27)} = 12,16 \text{ mi/h}$$

Acceso Sur.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 * L}{5280 * (t_R + d_t)} = \frac{3600 * 1640.42}{5280 * (39.66 + 51.64)} = 12,25 \text{ mi/h}$$

Acceso Este.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 * L}{5280 * (t_R + d_t)} = \frac{3600 * 1640.42}{5280 * (40.02 + 51.88)} = 12,17 \text{ mi/h}$$

Acceso Oeste.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 * L}{5280 * (t_R + d_t)} = \frac{3600 * 1640.42}{5280 * (38.70 + 51.67)} = 12,38 \text{ mi/h}$$

Paso 5: Nivel de servicios (NS)

Cálculo 15

Relación porcentual entre la velocidad de desplazamiento y velocidad de flujo

base.

Acceso Norte.

$$r\% = \frac{S_t}{S_{fo}} \% = \frac{12.16}{38.71} * 100\% = 31.41 \quad \frac{V}{C} = 0.99$$

Nivel de servicio = E

Acceso Sur.

$$r\% = \frac{S_t}{S_{fo}}\% = \frac{12.25}{38.58} * 100\% = 31.75 \quad \frac{V}{C} = 0.96$$

Nivel de servicio = E

Acceso Este.

$$r\% = \frac{S_t}{S_{fo}}\% = \frac{12.17}{38.97} * 100\% = 31.23 \quad \frac{V}{C} = 0.93$$

Nivel de servicio = E

Acceso Oeste

$$r\% = \frac{S_t}{S_{fo}}\% = \frac{12.38}{39.48} * 100\% = 31.37 \quad \frac{V}{C} = 0.93$$

Nivel de servicio = E

Cálculos para determinar el nivel de servicio de la intersección Vía Norte con Av. Hoyos Rubio.

Paso 1. Determinar los grupos de movimiento

Tabla 53

Tabla de grupos de carril por Fase semafórica.

Fase	Acceso	Carril	Mov	Q _{mov}	Q _{carril}	Q _{acceso}	Q _{GC}	Q _{GM}
Ø1	N	1	D	0	725	1753	466	1753
			F	725				
		2	F	466	1028			
Ø2	S	3	D	293	633	1361	633	1361
			F	340				
		4	F	300	728			
Ø3	E	5	D	484	694	1515	694	1515
			F	210				
		6	F	316	821			
Ø4	O	7	D	345	590	1153	590	1153
			F	245				
		8	F	250	563			
			I	313				

Nota: Tabla de grupos de movimiento para determinar nivel de servicio.

Paso 2. Flujo de saturación

Parámetros para giros a la izquierda de la intersección Vía Norte – Av. Hoyos Rubio.

Cálculo 16

Volumen de los peatones en tiempo verde para cada acceso por giro a la Derecha.

Acceso Norte.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{100 * 207}{70} = 296$$

Acceso Sur.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{101 * 207}{70} = 299$$

Acceso Este.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{84 * 207}{120} = 145$$

Acceso Oeste.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{62 * 207}{120} = 107$$

Cálculo 17

Volumen de los peatones en tiempo de verde para los accesos por giro a la derecha.

Acceso Norte.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{296}{2000} = 0.148$$

Acceso Sur.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{299}{2000} = 0.150$$

Acceso Este.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{145}{2000} = 0.073$$

Acceso Oeste.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{107}{2000} = 0.054$$

Cálculo 18

Tiempo de verde acceso opuesto a los accesos.

Acceso Norte.

$$g_q = g_p - g_u = 60 - 60 = 0$$

Acceso Sur.

$$g_q = g_p - g_u = 60 - 60 = 0$$

Acceso Este.

$$g_q = g_p - g_u = 40 - 40 = 0$$

Acceso Oeste.

$$g_q = g_p - g_u = 30 - 30 = 0$$

Cálculo 19

Ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra para los accesos.

Acceso Norte.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.148 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{70} \right) = 0.148$$

Acceso Sur.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.150 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{70} \right) = 0.150$$

Acceso Este.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.073 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{120} \right) = 0.073$$

Acceso Oeste.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.053 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{120} \right) = 0.054$$

Cálculo 20

Zona de conflicto importante en los accesos.

Acceso Norte.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{70 - 0}{60 - 0} * 0.148 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.173$$

Acceso Sur.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{70 - 0}{60 - 0} * 0.150 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.175$$

Acceso Este.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{120 - 0}{40 - 0} * 0.073 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.219$$

Acceso Oeste.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{120 - 0}{30 - 0} * 0.054 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.216$$

Cálculo 21

Tiempo zona desocupada de los accesos.

Acceso Norte.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.173 = 0.896$$

Acceso Sur.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.175 = 0.895$$

Acceso Este.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.219 = 0.869$$

Acceso Oeste.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.216 = 0.870$$

Parámetros para giros a la derecha de la intersección Vía Norte con Av. Hoyos

Rubio.

Cálculo 22

Volumen de los peatones en tiempo verde para cada acceso por giro a la derecha.

Acceso Norte.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{100 * 207}{70} = 296$$

Acceso Sur.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{101 * 207}{70} = 299$$

Acceso Este.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{84 * 207}{120} = 145$$

Acceso Oeste.

$$v_{pedg} = \frac{v_{ped} * C}{g_{ped}} = \frac{62 * 207}{120} = 107$$

Cálculo 23

Volumen de los peatones en tiempo de verde para los accesos por giro a la izquierda.

Acceso Norte.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{296}{2000} = 0.148$$

Acceso Sur.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{299}{2000} = 0.149$$

Acceso Este.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{145}{2000} = 0.072$$

Acceso Oeste.

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} = \frac{107}{2000} = 0.053$$

Cálculo 24

Tiempo de verde acceso opuesto a los accesos.

Acceso Norte.

$$g_q = g_p - g_u = 60 - 60 = 0$$

Acceso Sur.

$$g_q = g_p - g_u = 60 - 60 = 0$$

Acceso Este.

$$g_q = g_p - g_u = 40 - 40 = 0$$

Acceso Oeste.

$$g_q = g_p - g_u = 30 - 30 = 0$$

Cálculo 25

Ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra para los accesos.

Acceso Norte.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.148 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{70} \right) = 0.148$$

Acceso Sur.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.149 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{70} \right) = 0.149$$

Acceso Este.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.072 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{120} \right) = 0.072$$

Acceso Oeste.

$$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} \left(1 - 0.5 \frac{g_q}{g_{ped}} \right) = 0.053 * \left(1 - 0.5 * \frac{0}{120} \right) = 0.053$$

Cálculo 26

Zona de conflicto importante en los accesos.

Acceso Norte.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_0}{3600}} = \frac{70 - 0}{60 - 0} * 0.148 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.173$$

Acceso Sur.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{70 - 0}{60 - 0} * 0.149 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.174$$

Acceso Este.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{120 - 0}{40 - 0} * 0.073 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.219$$

Acceso Oeste.

$$OCC_y = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q} * OCC_{pedu} * e^{\frac{-5*v_o}{3600}} = \frac{120 - 0}{30 - 0} * 0.054 * e^{\frac{-5*0}{3600}} = 0.216$$

Cálculo 27

Tiempo zona desocupada de los accesos.

Acceso Norte.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.173 = 0.896$$

Acceso Sur.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.175 = 0.895$$

Acceso Este.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.219 = 0.869$$

Acceso Oeste.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_y = 1 - 0.6 * 0.216 = 0.870$$

Tasa de flujo de saturación ajustada.

Cálculo 28

Tasa de flujo de saturación:

$$S_o = 1900.$$

Cálculo 29

Factor por ancho de carril para cada grupo de acceso.

$$\text{Acceso Norte. } f_w = 1.04$$

$$\text{Acceso Sur. } f_w = 1.04$$

$$\text{Acceso Este. } f_w = 1.04$$

$$\text{Acceso Oeste. } f_w = 1.04$$

Cálculo 30

Presencia de vehículos pesados.

Acceso Norte.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 6 * (2 - 1)} = 0.943$$

Acceso Sur.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 4 * (2 - 1)} = 0.962$$

Acceso Este.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 1 * (2 - 1)} = 0.990$$

Acceso Oeste.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 1 * (2 - 1)} = 0.990$$

Cálculo 31

Factor por pendiente en los accesos.

Acceso Norte.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} = 1 - \frac{1.04}{200} = 0.995$$

Acceso Sur.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} = 1 - \frac{-1.22}{200} = 0.100$$

Acceso Este.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} = 1 - \frac{1.80}{200} = 0.991$$

Cálculo 32

Factor por estacionamiento adyacente al grupo de acceso.

Acceso Norte.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 * 23}{3600}}{2} = 0.893$$

Acceso Sur.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 * 21}{3600}}{2} = 0.898$$

Acceso Este.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 * 33}{3600}}{2} = 0.868$$

Acceso Oeste.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 * 32}{3600}}{2} = 0.870$$

Cálculo 33

Factor por bloqueo de buses que se mantienen en la zona.

Acceso Norte.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_b}{3600}}{N} = \frac{2 - \frac{14.4 * 24}{3600}}{2} = 0.952$$

Acceso Sur.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_b}{3600}}{N} = \frac{2 - \frac{14.4 * 25}{3600}}{2} = 0.950$$

Acceso Este.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_b}{3600}}{N} = \frac{2 - \frac{14.4 * 45}{3600}}{2} = 0.910$$

Acceso Oeste.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_b}{3600}}{N} = \frac{2 - \frac{14.4 * 38}{3600}}{2} = 0.924$$

Cálculo 34

Factor por tipo de área.

Acceso Norte. $f_a = 0.90$

Acceso Sur. $f_a = 0.90$

Acceso Este. $f_a = 0.90$

Acceso Oeste. $f_a = 0.90$

Cálculo 35

Factor de ajuste por utilización de carril.

Acceso Norte.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}} = \frac{1753}{2 * 1191} = 0.736$$

Acceso Sur.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}} = \frac{1361}{2 * 640} = 1.063$$

Acceso Este.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}} = \frac{1515}{2 * 526} = 1.440$$

Acceso Oeste.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}} = \frac{1153}{2 * 495} = 1.165$$

Cálculo 36

Factor por giros a la izquierda.

Acceso Norte.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} = \frac{1}{1.05} = 0.952$$

Acceso Sur.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} = \frac{1}{1.05} = 0.952$$

Acceso Este.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} = \frac{1}{1.05} = 0.952$$

Acceso Oeste.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} = \frac{1}{1.05} = 0.952$$

Cálculo 37

Factor por giro a la derecha en un grupo.

Acceso Norte.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} = \frac{1}{1.18} = 0.850$$

Acceso Sur.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} = \frac{1}{1.18} = 0.850$$

Acceso Este.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} = \frac{1}{1.18} = 0.850$$

Acceso Oeste.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} = \frac{1}{1.18} = 0.850$$

Cálculo 38

Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda

Acceso Norte.

Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda

$$f_{Lpb} = A_{pbT} = 0.896$$

Acceso Sur.

Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda

$$f_{Lpb} = A_{pbT} = 0.895$$

Acceso Este.

Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda

$$f_{Lpb} = A_{pbT} = 0.869$$

Acceso Oeste.

Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda

$$f_{Lpb} = A_{pbT} = 0.870$$

Cálculo 39

Factor por peatones y bicicletas para grupos con giro a la derecha.

Acceso Norte.

Giro permitido y protegido a la derecha

$$f_{Rpb} = A_{pbT} = 0.896$$

Acceso Sur.

Giro permitido y protegido a la derecha

$$f_{Rpb} = A_{pbT} = 0.895$$

Acceso Este.

Giro permitido y protegido a la derecha

$$f_{Rpb} = A_{pbT} = 0.869$$

Acceso Oeste.

Giro permitido y protegido a la derecha

$$f_{Rpb} = A_{pbT} = 0.870$$

Cálculo 40

Flujo de saturación ajustado para cada acceso.

Acceso Norte.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

$$S = 1900 * 1.04 * 0.943 * 0.995 * 0.893 * 0.952 * 0.90 * 0.736 * 0.956 * 0.85 \\ * 0.896 * 0.896$$

$$S = 678$$

Acceso Sur.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

$$S = 1900 * 1.04 * 0.962 * 1.006 * 0.898 * 0.950 * 0.90 * 1.063 * 0.952 * 0.85 \\ * 0.895 * 0.895$$

$$S = 1012$$

Acceso Este.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

$$S = 1900 * 1.04 * 0.990 * 0.991 * 0.868 * 0.910 * 0.90 * 1.440 * 0.952 * 0.85 \\ * 0.869 * 0.869$$

$$S = 1213$$

Acceso Oeste.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

$$S = 1900 * 1.04 * 0.990 * 1.009 * 0.870 * 0.924 * 0.90 * 1.165 * 0.952 * 0.85$$

$$* 0.870 * 0.870$$

$$S = 1018$$

Cálculo 41

Capacidad y relación Volumen – Capacidad (Grado de saturación)

Acceso Norte.

$$Q = \frac{N * S * g}{C} = \frac{2 * 678 * 60}{207} = 393$$

$$X = \frac{q}{Q} = \frac{1191}{393} = 3.03$$

Acceso Sur.

$$Q = \frac{N * S * g}{C} = \frac{2 * 1012 * 60}{207} = 587$$

$$X = \frac{q}{Q} = \frac{640}{587} = 1.09$$

Acceso Este.

$$Q = \frac{N * S * g}{C} = \frac{2 * 1213 * 40}{207} = 469$$

$$X = \frac{q}{Q} = \frac{526}{469} = 1.12$$

Acceso Oeste.

$$Q = \frac{N * S * g}{C} = \frac{2 * 1018 * 60}{207} = 295$$

$$X = \frac{q}{Q} = \frac{495}{295} = 1.68$$

Cálculo 42

Demora Uniforme.

Acceso Norte.

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 * 207 * \left(1 - \frac{60}{207}\right)^2}{1 - \left[1 * \frac{60}{207}\right]} = 73.50$$

Acceso Sur.

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 * 207 * \left(1 - \frac{60}{207}\right)^2}{1 - \left[1 * \frac{60}{207}\right]} = 73.50$$

Acceso Este.

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 * 207 * \left(1 - \frac{40}{207}\right)^2}{1 - \left[1 * \frac{40}{207}\right]} = 83.50$$

Acceso Oeste.

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0.5 * 207 * \left(1 - \frac{30}{207}\right)^2}{1 - \left[1 * \frac{30}{207}\right]} = 88.50$$

Cálculo 43

Demora incremental.

Acceso Norte.

$$d_2 = 225 \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{16 * X_A}{Q}} \right]$$

$$d_2 = 225 \left[(1 - 1) + \sqrt{(1 - 1)^2 + \frac{16 * 1}{393}} \right] = 45.40$$

Acceso Sur.

$$d_2 = 225 \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{16 * X_A}{Q}} \right]$$

$$d_2 = 225 \left[(1 - 1) + \sqrt{(1 - 1)^2 + \frac{16 * 1}{587}} \right] = 37.10$$

Acceso Este.

$$d_2 = 225 \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{16 * X_A}{Q}} \right]$$

$$d_2 = 225 \left[(1 - 1) + \sqrt{(1 - 1)^2 + \frac{16 * 1}{469}} \right] = 41.60$$

Acceso Oeste.

$$d_2 = 225 \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{16 * X_A}{Q}} \right]$$

$$d_2 = 225 \left[(1 - 1) + \sqrt{(1 - 1)^2 + \frac{16 * 1}{295}} \right] = 52.40$$

Cálculo 44

Demora promedio y determinación del nivel de servicio por acceso.

Acceso Norte.

$$D_t = d_1 + d_2 = 73.50 + 45.40 = 119 \text{ s}$$

De acuerdo a la tabla N° , El nivel de servicio es F

Acceso Sur.

$$D_t = d_1 + d_2 = 73.50 + 37.10 = 111 \text{ s}$$

De acuerdo a la tabla N° , El nivel de servicio es F

Acceso Este.

$$D_t = d_1 + d_2 = 83.50 + 41.60 = 125 \text{ s}$$

De acuerdo a la tabla N° , El nivel de servicio es F

Acceso Oeste.

$$D_t = d_1 + d_2 = 88.50 + 52.40 = 141 \text{ s}$$

De acuerdo a la tabla N° , El nivel de servicio es F

Figura 30

Tomando datos de vehículos de la Av. Hoyos Rubio.



Figura 31

Tomando datos en campo en Vía Norte.

**Figura 32**

Posicionando estación.



Figura 33

Obtención de datos con el teodolito y mira.

**Figura 34**

Medición por GPS y teodolito.



Figura 35

Toma respectiva de datos del conteo de vehículos.

**Figura 36**

Medición de canaleta de la Av. Hoyos Rubio.



Figura 37

Corte transversal Acceso Norte.

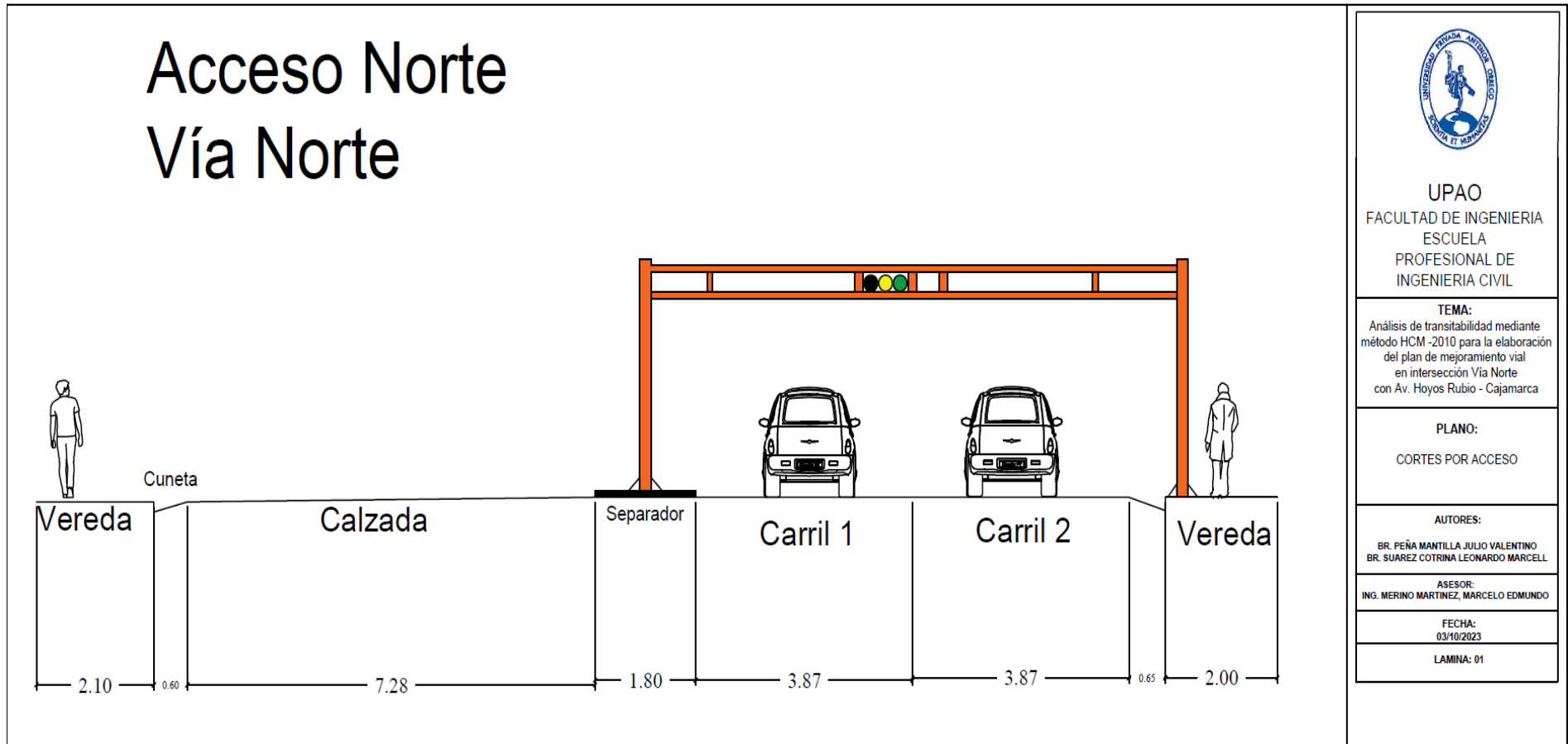


Figura 38

Corte Transversal de Acceso Sur.

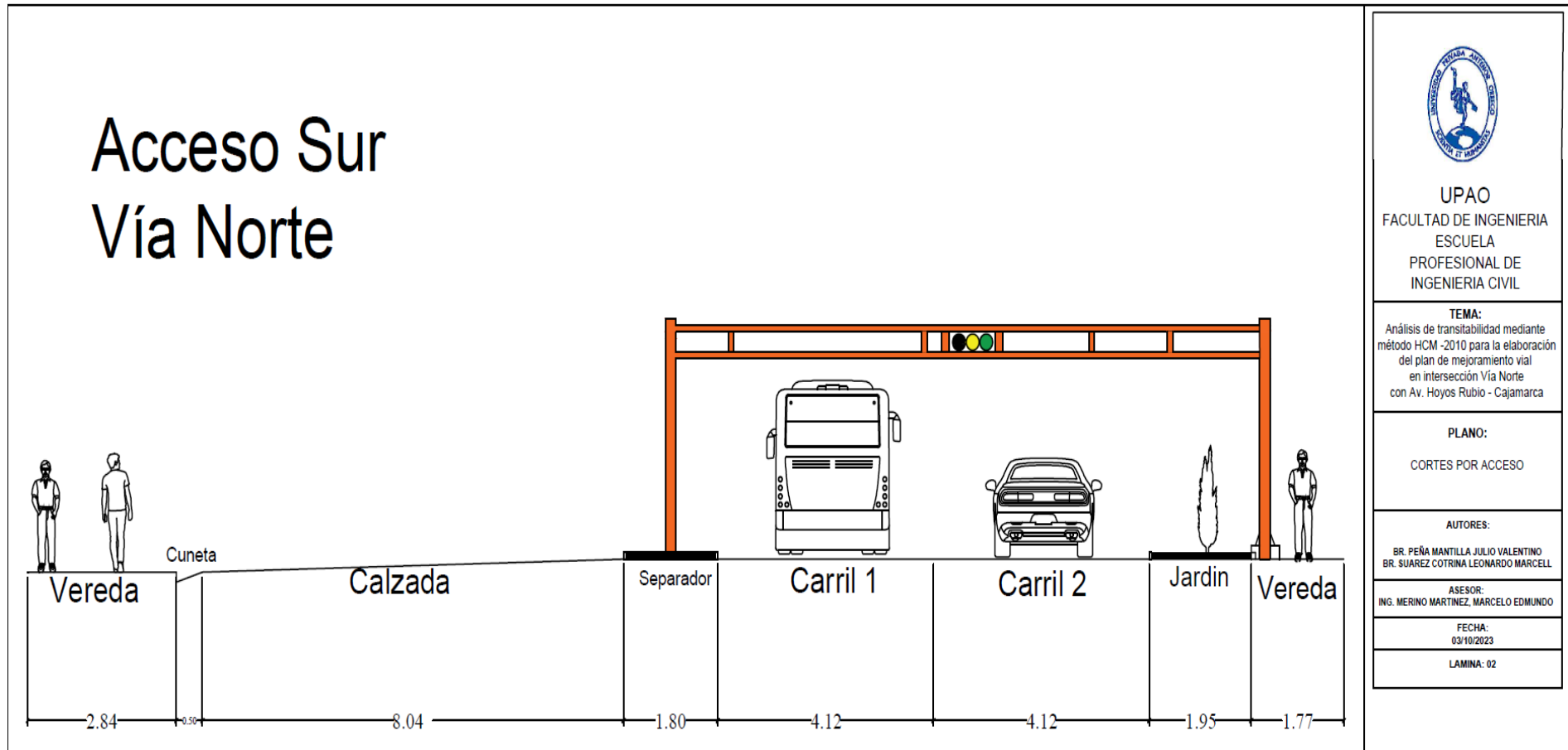


Figura 39

Corte transversal de Acceso Este.

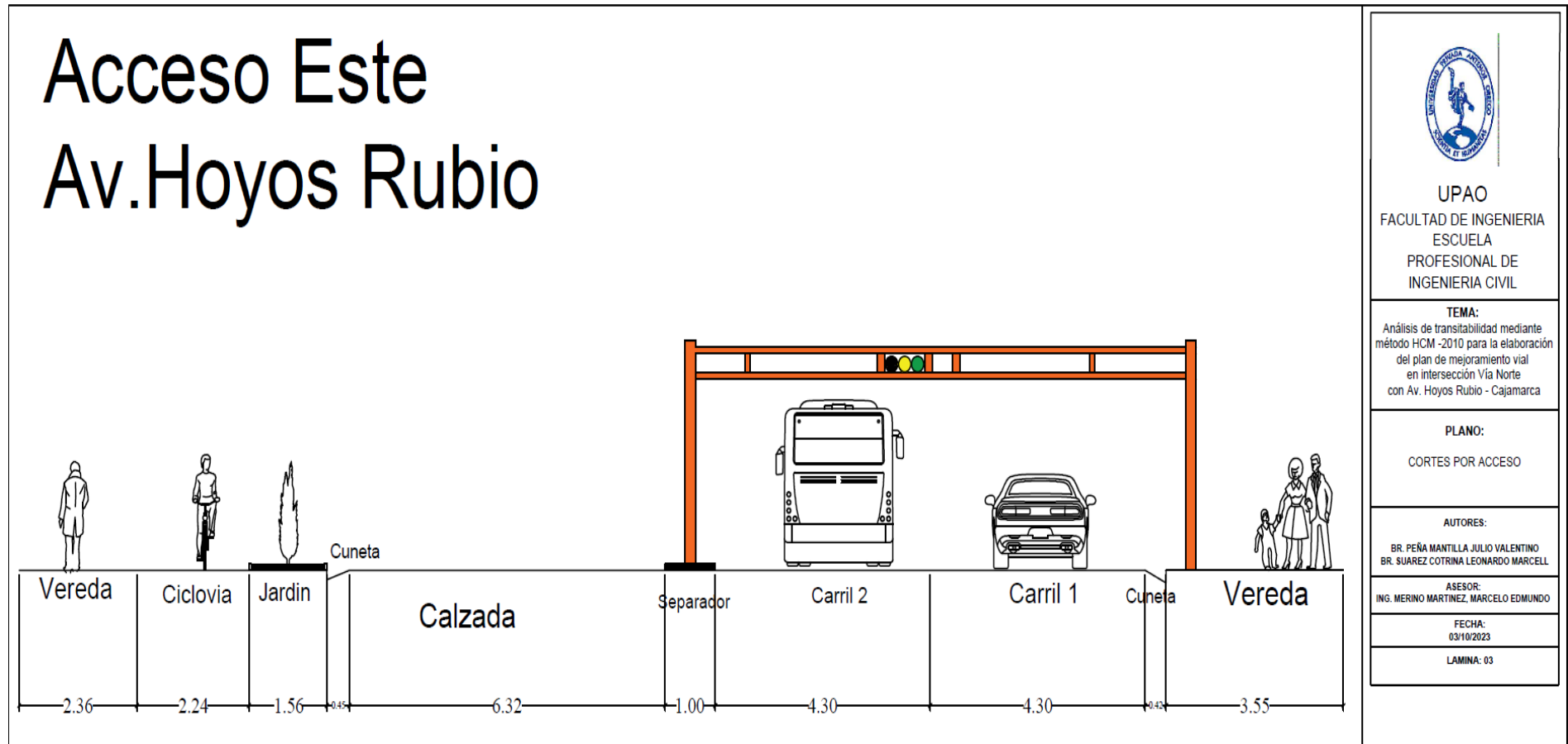


Figura 40

Corte transversal de Acceso Oeste.

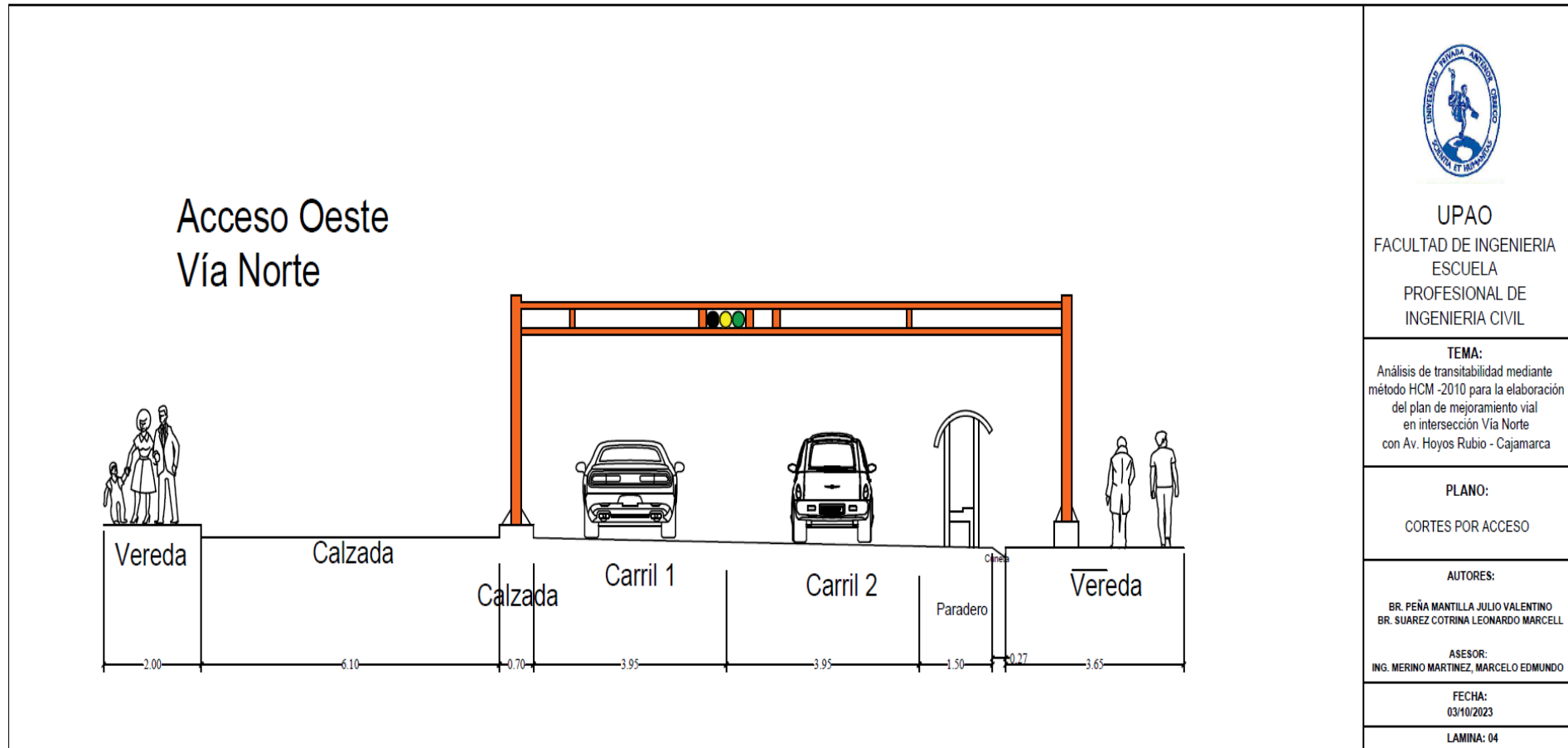


Figura 41

Plano de localización de la intersección.

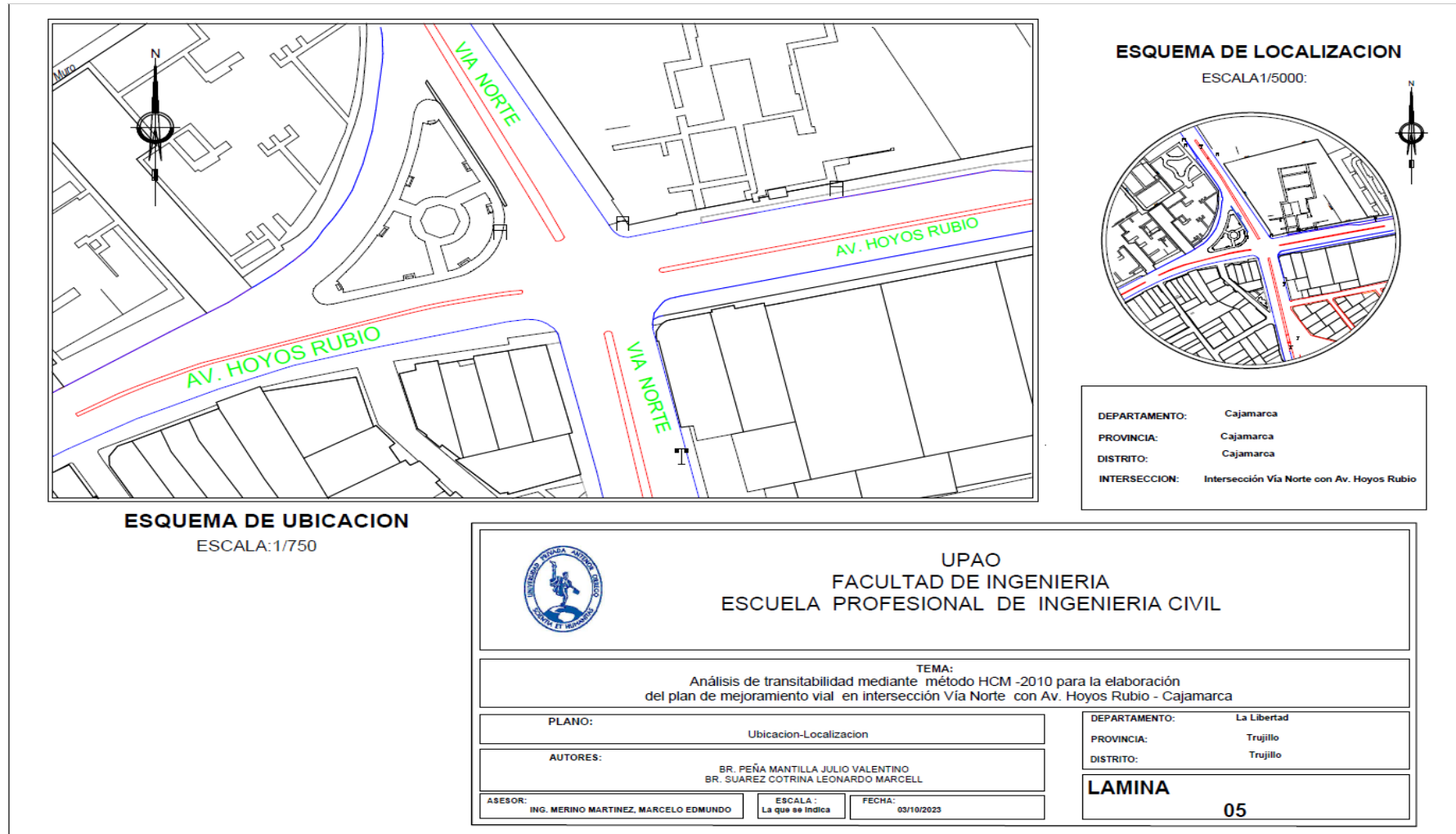


Figura 42

Propuesta de ampliación de carriles Acceso Norte.

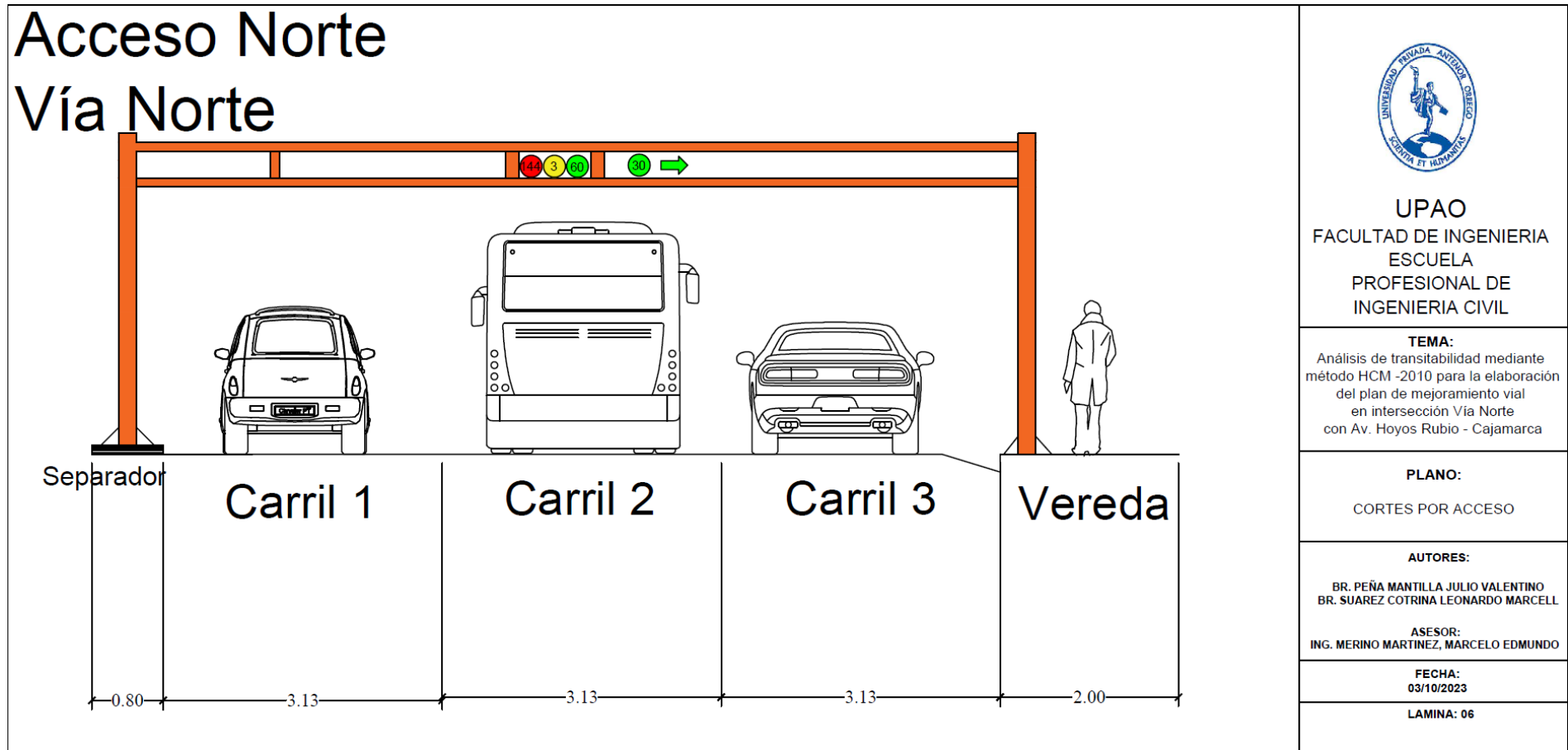


Figura 43

Propuesta de ampliación de carriles Acceso Sur.

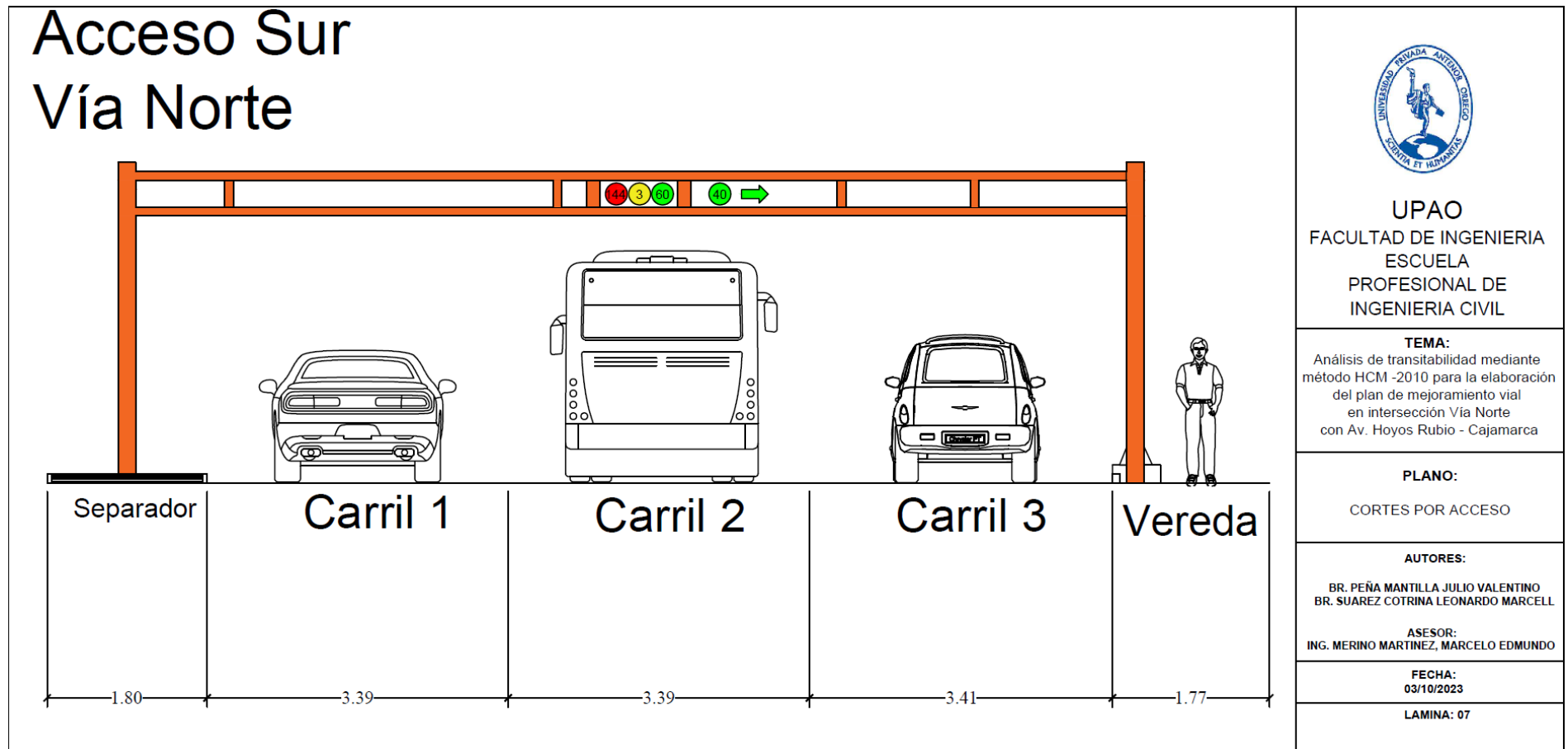


Figura 44

Propuesta de ampliación de carriles Acceso Este.

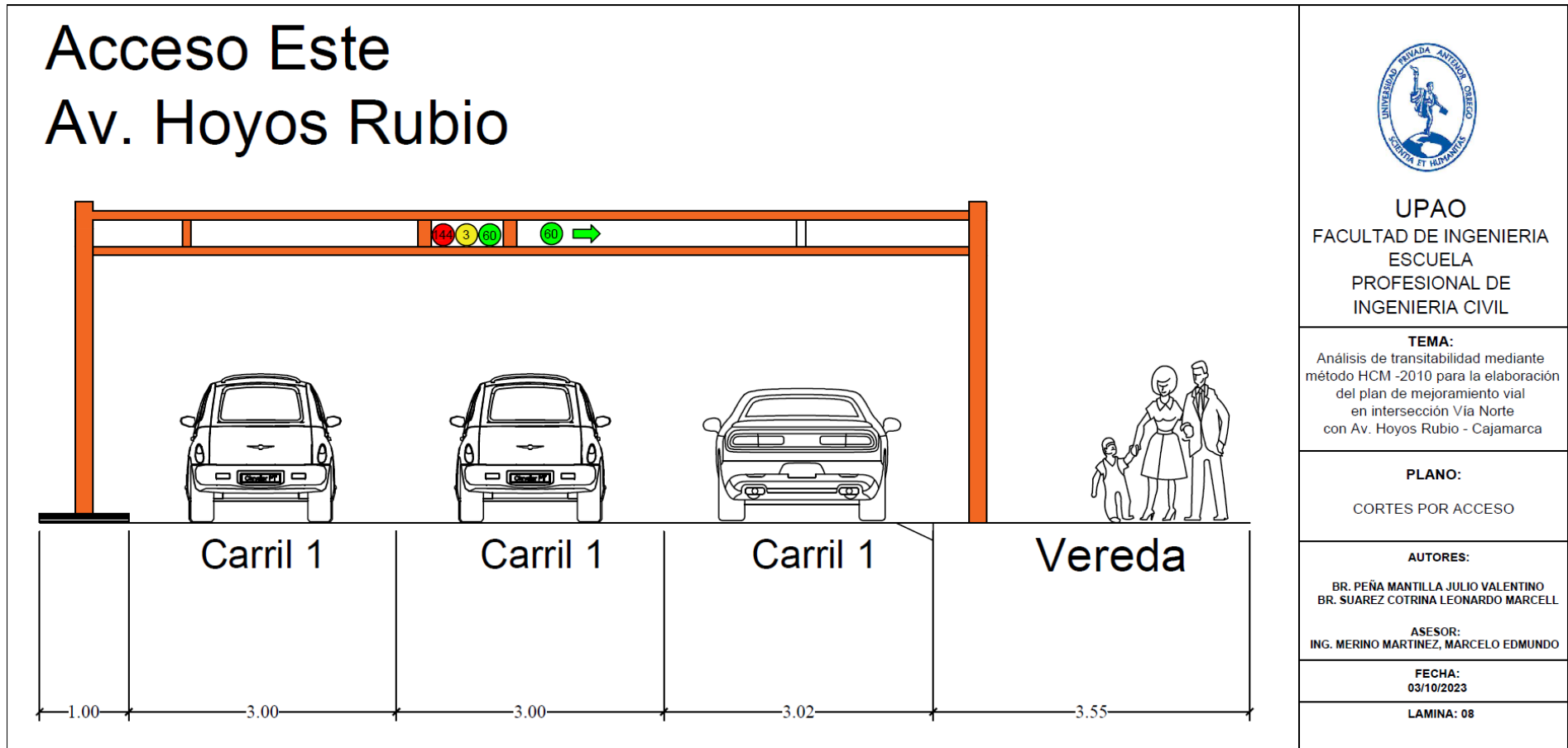


Figura 45

Propuesta de ampliación de carriles Acceso Oeste.

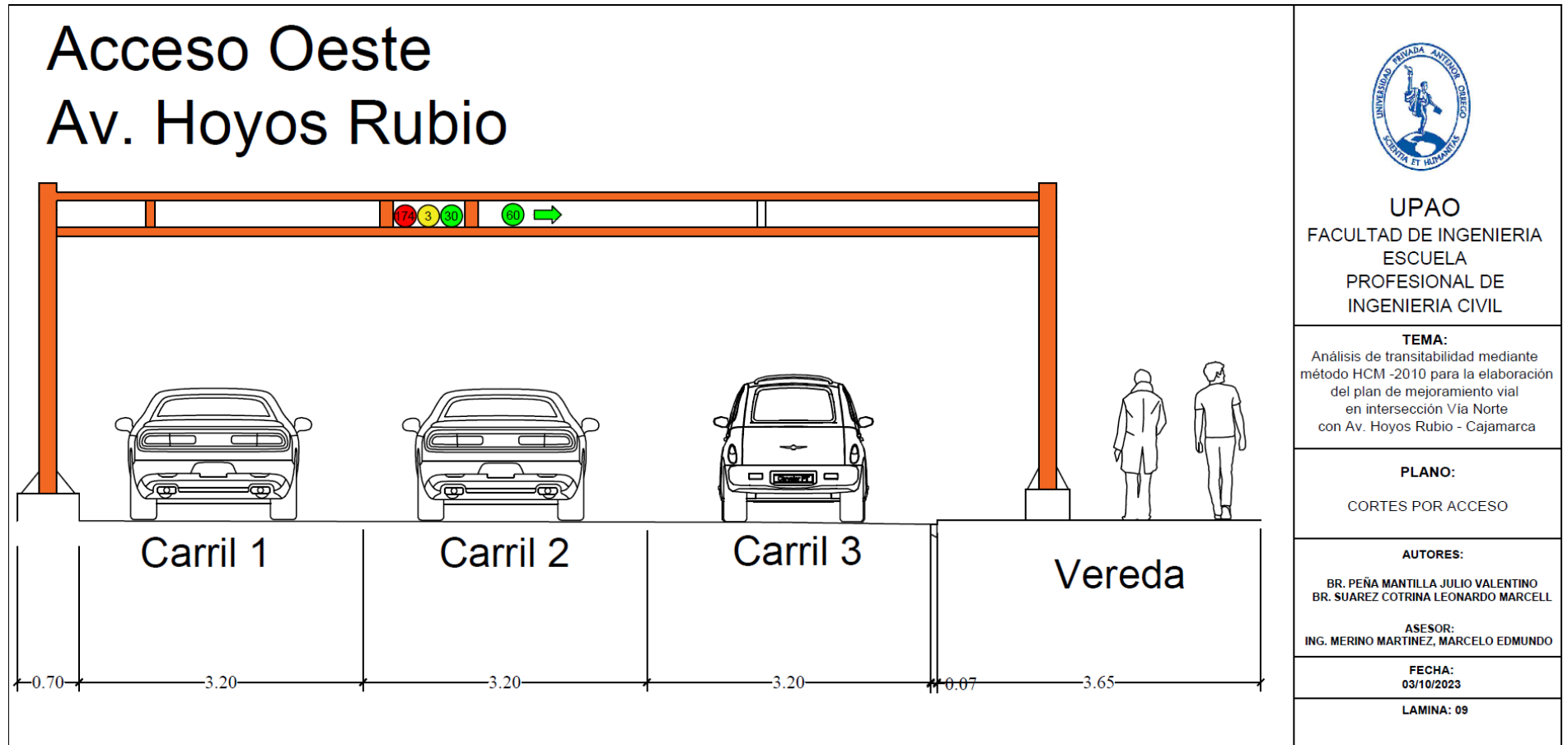


Figura 46

Propuesta de ruta alterna para desviar mototaxis.

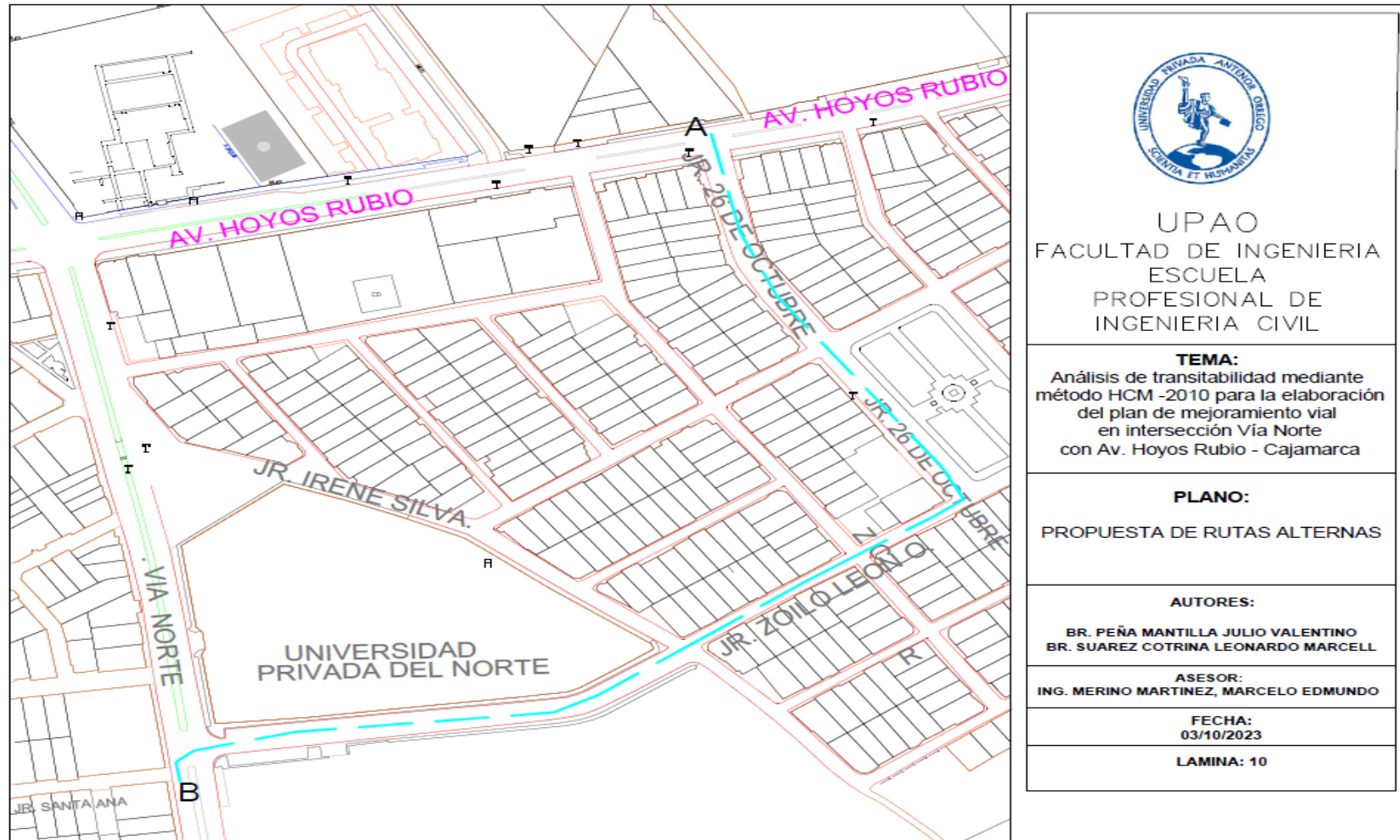
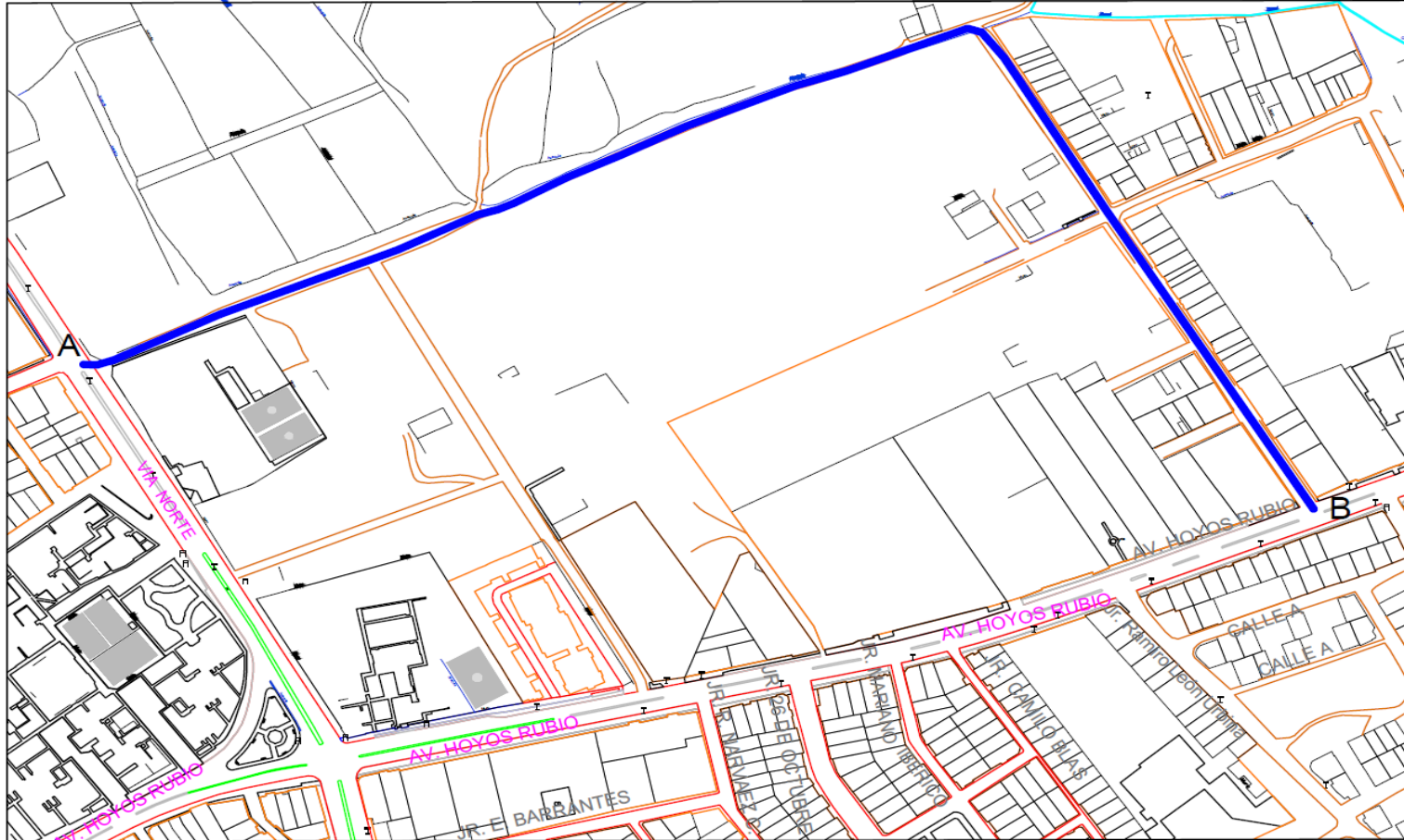


Figura 47 Propuesta de ruta alterna.



UPAO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA
 PROFESIONAL DE
 INGENIERIA CIVIL

TEMA:
 Análisis de transitabilidad mediante
 método HCM -2010 para la elaboración
 del plan de mejoramiento vial
 en intersección Vía Norte
 con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca

PLANO:
 PROPUESTA DE RUTAS ALTERNAS

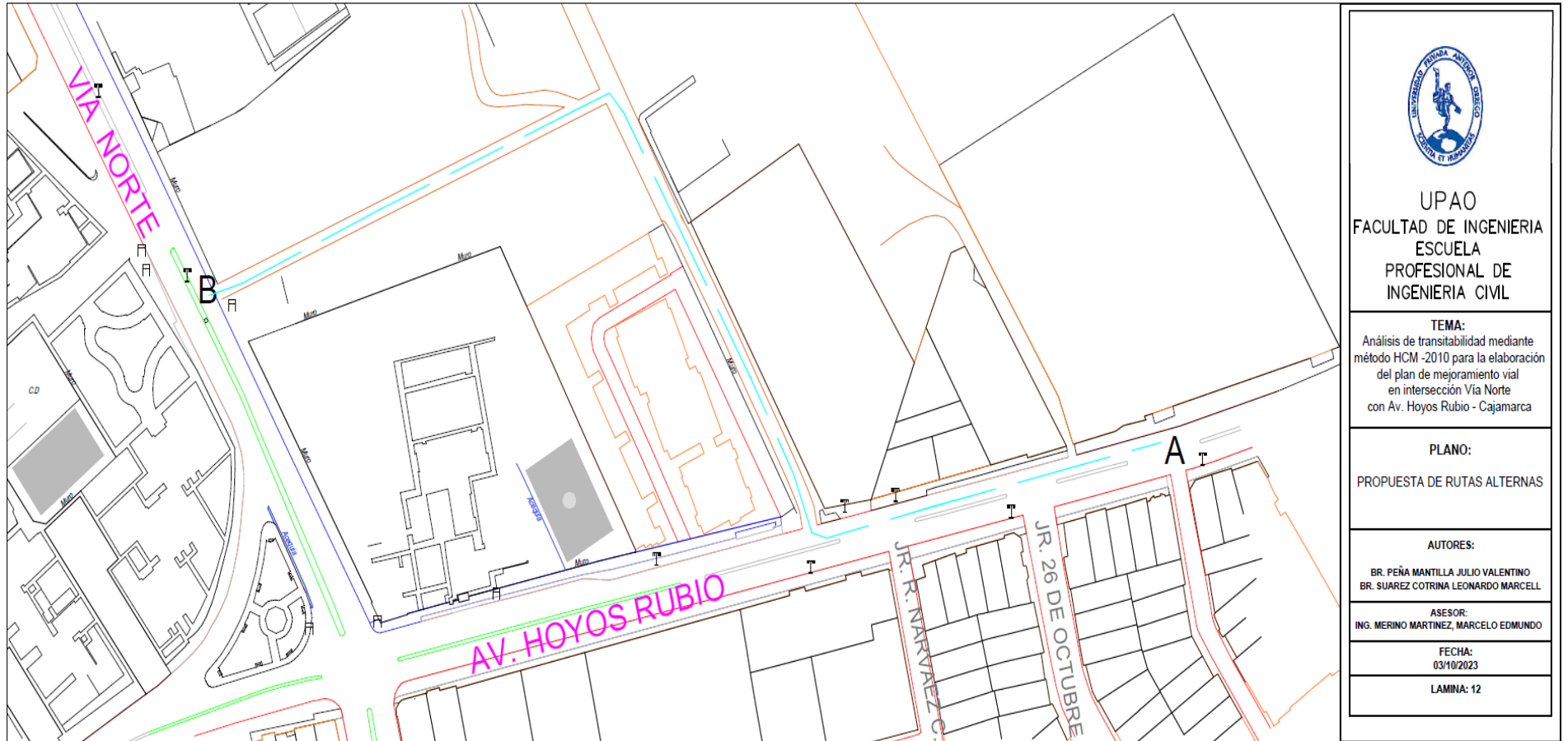
AUTORES:
 BR. PEÑA MANTILLA JULIO VALENTINO
 BR. SUAREZ COTRINA LEONARDO MARCELL

ASESOR:
 ING. MERINO MARTINEZ, MARCELO EDMUNDO

FECHA:
 03/10/2023

LAMINA: 11

Figura 48 Propuesta de ruta alterna.



UPAO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA
 PROFESIONAL DE
 INGENIERIA CIVIL

TEMA:
 Análisis de transitabilidad mediante
 método HCM -2010 para la elaboración
 del plan de mejoramiento vial
 en intersección Vía Norte
 con Av. Hoyos Rubio - Cajamarca

PLANO:
 PROPUESTA DE RUTAS ALTERNAS

AUTORES:
 BR. PEÑA MANTILLA JULIO VALENTINO
 BR. SUAREZ COTRINA LEONARDO MARCELL

ASESOR:
 ING. MERINO MARTINEZ, MARCELO EDMUNDO

FECHA:
 03/10/2023

LAMINA: 12

Figura 49 Propuesta de ruta alterna.

