



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE POSTGRADOS

TEMA: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN DE LA AV. DEL EJÉRCITO Y AV. AMÉRICA DE PORTOVIEJO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería en vialidad y transporte

AUTOR:

ING. CIVIL MIGUEL ISIDRO BARCIA MENDOZA

C.I: 1302042229

DIRECTOR:

DR. EDUARDO TEJEDA PIUSSEAUT

C.I. E026981

CUENCA – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD DE CUENCA

RESUMEN

“Análisis de solución integral del congestionamiento vehicular de la intersección de la Av. Del Ejército y Av. América de Portoviejo”

En la ciudad de Portoviejo, ubicada en la costa central del Ecuador, de aproximadamente 300.000 habitantes, el tráfico vehicular se ha caotizado por el aumento de su parque automotor, por la pobre conducta vial de los conductores, de los peatones, por la inadecuada y poca señalización, y por el desinterés manifestado por la autoridad de tránsito; es por estos motivos que en el presente documento se analiza el caso de quizás una de las intersecciones más importantes y en lo que a congestión se refiere y que en transcurrir del tiempo presenta progresivas demoras debido al incremento en su volumen de tráfico, lo que presenta también como consecuencia que el Nivel de Servicio (LOS) actualmente sea el más desfavorable (F) en la calculada hora pico y en otros períodos del día. Para ello se ha utilizado herramientas tales como los formatos de HCM 2000, los métodos de Cal y Mayor y N. Garber y el simulador Synchro 8. Se trabajó con los volúmenes reales obtenidos mediante la grabación de dos cámaras y estos, proyectados a tres años y a veinticinco años.

Palabras Clave: Congestión, Demoras, Volumen de Tráfico, Intersección, Hora Pico, Volumen de Hora Pico (VHP), Nivel de Servicio (LOS),



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ABSTRACT

"Comprehensive solution analysis of vehicular congestion at the intersection of Av. Del Ejército and Av. América de Portoviejo"

In the city of Portoviejo, located on the central coast of Ecuador, with approximately 300,000 inhabitants, vehicular traffic has been disorganized due to the increase in its car fleet, the poor road behavior of drivers, pedestrians and, little signage, and the lack of interest shown by the transit authority. This is the reason why the present document analyzes the case of perhaps one of the most important intersections and as far as congestion is concerned and that in the course of time presents progressive delays due to the increase in its volume of traffic, which is the consequence that the Service Level (LOS) is currently the most unfavorable (F) at the calculated peak hour and at other times of the day. For this purpose tools such as HCM 2000, Cal and Mayor and N. Garber and the Synchro 8 simulator have been used. The actual volumes obtained by recording two cameras were used and projected to three years and also twenty-five years.

Key Words: Congestion, Delays, Traffic Volume, Intersection, Peak Hour, Peak Hour Volume (VHP), Level Of Service (LOS).



INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INDICE.....	4
ÍNDICE DE FOTOS.....	10
INDICE DE GRÁFICOS	11
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR	12
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	13
.....	13
DEDICATORIA	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1. CARACTERIZACIÓN DEL TEMA.....	15
1.2. UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ANALIZADA.....	17
1.3. DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN	20
1.4. CONTEXTUALIZACIÓN	36
1.5. PROGNOSIS.....	37
1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	38
1.6.1. Delimitación del problema	38
1.6.2. Interrogantes del presente trabajo de titulación.....	38
1.7. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
1.8. OBJETIVOS	39
1.8.1. Objetivo General	39
1.8.2. Objetivos Específicos.....	39
CAPÍTULO II	40
MARCO TEÓRICO.....	40
2.1. ESTADO DEL ARTE	40
2.1.1. Congestión Vehicular	40
2.1.2. Causas de la congestión	41
2.1.3. Características del transporte	42
2.1.4. Condición de vías y conductas de congestión.....	46



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.1.4.1. La vialidad de las ciudades	46
2.1.4.2. Conductas que causan congestión	46
2.1.4.3. Condiciones de tránsito deficiente	47
2.1.4.4. Capacidad de la vía	48
2.1.5. Aforos de tráfico	48
2.1.5.1. Manuales	48
2.1.5.2. Automáticos	49
2.1.6. Variables que intervienen en la evaluación del nivel de servicio.....	49
2.1.6.1. Velocidad de recorrido	49
2.1.6.2. Tiempos y demoras	49
2.1.6.3. Columnas o colas.....	49
2.1.6.4. Semáforos	50
2.1.7. Capacidad y nivel de servicio	50
2.1.7.1. Capacidad	50
2.1.7.2. Nivel de servicio	50
2.1.7.3. Niveles de servicio en intersecciones con semáforo	50
2.1.8. Volúmenes de tránsito absolutos y totales.....	52
2.2. BASES TEÓRICAS.....	53
2.2.1. Diferentes teorías sobre la congestión del tránsito en intersecciones y vías urbanas en la ciudad de Portoviejo.....	53
CAPÍTULO III	56
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	56
3.1. MÉTODOS.....	56
3.1.1. Modalidad y Tipo de metodología	56
3.1.1.1. Campo	56
3.1.1.2. Gabinete.....	57
3.2. PROCESO DE CÁLCULOS	58
3.2.1. Conceptualización de las Variables	58
3.2.2. Conceptos de varios términos técnicos utilizados	58
3.2.2.1. Volumen de aproximación	58
3.2.2.2. Fase	59
3.2.2.3. Ciclo	59



UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.2.2.4. Giro Permitido	59
3.2.2.5. Giro Protegido	59
3.2.2.6. Flujo de saturación	59
3.2.2.7. Verde efectivo	60
3.2.2.8. Tiempo entreverde.....	61
3.2.2.9. Tiempo perdido	61
3.2.2.10. Capacidad de una aproximación (Q)	61
3.2.2.11. Tiempos del semáforo.....	62
3.2.2.12. Condiciones geométricas	62
3.2.2.13. Características de la direccionalidad del tránsito	62
3.2.2.14. Composición del tráfico	62
3.2.2.15. Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD) o Factor de Hora Pico (FHP)	63
3.2.2.16. Demoras	63
3.2.2.18. Demoras en la Intersección.....	66
3.2.2.19. Demoras por peatones.....	66
3.3. GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA	67
3.3.1. Pendiente longitudinal	67
3.3.2. Gálibo o distancia vertical libre	68
3.3.3. Cimentación, pilas, muros y vigas	68
3.4. GASES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE	68
3.4.1. Gases contaminantes	68
3.4.2. Consumo de combustible.....	69
3.5. METODOLOGÍA DE CÁLCULOS	69
3.6. CÁLCULO DE TIEMPOS.....	75
3.7. EL SIMULADOR SYNCHRO 8.....	76
CAPÍTULO IV	78
ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	78
4.1 TOMA DE DATOS	78
4.2. CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	81
4.2.1. Cálculos en base a datos tomados de la “situación actual”	81
4.2.2. Determinación de la “hora pico”	86
4.2.3. Determinación del nivel de servicio (LOS).....	90



UNIVERSIDAD DE CUENCA

4.2.3.1. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 4 fases	90
4.2.3.2. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 4 fases optimizado	93
4.2.3.3. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 3 fases optimizado	95
4.2.3.4. Determinación del nivel de servicio la opción de tres carriles en los sentidos SW-NE y NE-SW	96
4.2.3.5. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases	97
4.2.3.6. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y cuatro fases, con dos giros independientes protegidos,	98
4.2.3.7. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y cuatro fases, con 1 giro independiente protegido	100
4.2.3.8. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y dos fases y con giros izquierdos no permitidos	101
4.2.3.9. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases y paso elevado sobre la Av. América	103
4.2.3.10. Resumen de todas las opciones analizadas	105
4.2.4. Proyecciones de matriz de demanda en la hora pico a 5, 10, 15 Y 20 años	106
4.2.4.1. Proyección a 5 años.....	109
4.2.4.2. Proyección a 10 años.....	111
4.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE	113
4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO	117
4.4.1. Gálibo o distancia libre vertical	117
4.4.2. Pendiente de rampa	118
4.4.3. Altura de viga y losa de la estructura	118
4.4.4. Diámetro de las pilas	119
4.4.5. Espesor de los muros y zapatas.....	119
4.4.6. Ancho de carriles	119
CAPÍTULO V	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1. CONCLUSIONES	124
5.2. RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	128



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.....	52
Tabla 2. Factor de ajuste progresivo para el cálculo de demoras uniformes	65
Tabla 3. Factores de ajustes de la ecuación del flujo de saturación.....	74
Tabla 4. Formulario para anotar la cantidad de vehículos en un período determinado.....	79
Tabla 5. Formulario para anotar el resumen de la cantidad de vehículos en un período determinado.....	80
Tabla 6. Volúmenes de tráfico diario del período viernes 13 al jueves 19 de noviembre.....	82
Tabla 7. Resumen de tráfico por cada hora de la intersección del día lunes 16 de noviembre de 2015.....	84
Tabla 8. Determinación de la hora pico.....	86
Tabla 9. Volumen de tráfico en la hora pico incluidas las motocicletas	87
Tabla 10. Matriz origen-destino de movimientos diario del tráfico incluidas las motocicletas	87
Tabla 11. Matriz de movimientos diario del tráfico ponderado en base al % de motocicletas	88
Tabla 12. Matriz de movimientos en la hora pico del tráfico ponderado	89
Tabla 13. Tiempos de las fases de “situación actual”	91
Tabla 14. Niveles de servicio para las diferentes opciones analizadas con ciclo optimizado	105
Tabla 15. Cantidad de vehículos matriculados por año en Manabí	107
Tabla 16. Total de vehículos proyectados y factor de crecimiento	108
Tabla 17. Cálculo de volúmenes proyectados al 2020	109
Tabla 18. Matriz O-D de los volúmenes de la hora pico proyectados al 2020 simulando existir un paso elevado	110
Tabla 19. Matriz O-D de los volúmenes de la hora pico proyectados al 2025 simulando existir un paso elevado	111
Tabla 20. Cálculo del factor semanal F_s para el cálculo del TPDA	113
Tabla 21. Cálculo del factor mensual F_m para el cálculo del TPDA	114
Tabla 22. Consumo de combustible.....	116
Tabla 23. Cuadro de cantidades, precios unitarios y total	123



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte de la calzada en el sentido SW-NE de la Av. América	22
Figura 2. Corte de la calzada en el sentido NE-SW de la Av. América	22
Figura 3. Corte de la calzada en el sentido SW-NE de la Av. América	24
Figura 4. Corte de la calzada en el sentido SW-NE de la Av. América	24
Figura 5. Muestra las intersecciones donde existe alta índice de accidentes en la ciudad de Portoviejo	34
Figura 6. Nacional de Pesos y Dimensiones: "Posibles combinaciones"	45
Figura 7. Modelo básico del flujo de saturación	60



ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Ubicación con respecto a la ciudad.....	18
Foto 2. Acercamiento con sitios de interés.....	19
Foto 3. Vista aérea de la intersección	20
Foto 4. Imagen captada por cámara 1	78
Foto 5. Imagen captada por cámara 3	78
Foto 6. Datos de volúmenes ingresados al simulador para procesarlos en él	92
Foto 7. Niveles de servicio de las fases y la intersección según Sinchro 8 en cada sentido de la “situación actual”	93
Foto 8. Niveles de servicio en la “situación actual” con el ciclo optimizado	94
Foto 9. Niveles de servicio con tres fases	96
Foto 10. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE	97
Foto 11. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases.....	98
Foto 12. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, cuatro fases y con dos giros izquierdos independientes protegidos	99
Foto 13. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, tres fases y giros izquierdos independientes protegidos.....	100
Foto 14. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, dos fases y giros izquierdos no permitidos	102
Foto 15. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, tres fases y paso elevado	104
Foto 16. Niveles de servicio de los volúmenes proyectados al 2020 simulando existir un paso elevado	110
Foto 17. Niveles de servicio de los volúmenes proyectados al 2025 simulando la construcción de un paso elevado.....	112
Foto 18. Propuesta para crear nuevas opciones de ingreso a la ciudad	127



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Plano de la geometría de la intersección	26
Gráfico 2. Plano de obras hidro sanitarias existentes.....	28
Gráfico 3. Plano de instalaciones eléctricas existentes	29
Gráfico 4. Ubicación de las estaciones	81
Gráfico 5. Variación del tráfico de acuerdo al día de la semana.....	82
Gráfico 6. Variación horaria del tráfico acumulado en la semana.....	83
Gráfico 7. Fases del sistema semaforizado en la fecha de toma de datos	91
Gráfico 8. Fases en sistema de tres fases	95
Gráfico 9. Direccionalidad del tráfico para esta opción de tres carriles, cuatro fases y dos giros independientes protegidos	99
Gráfico 10. Direccionalidad del tráfico para esta opción.....	100
Gráfico 11. Direccionalidad del tráfico para esta opción de dos fases y giros izquierdos no permitidos.....	101
Gráfico 12. Direccionalidad del tráfico para esta opción de tres fases para la opción de implantar un paso elevado vehicular.....	103
Gráfico 13. Curva, línea de tendencia y ecuación de proyección de vehículos matriculados en Manabí.....	108
Gráfico 14. Tasa de consumo de combustible	115
Gráfico 15. Plano de la estructura del paso elevado vehicular sobre la Av. América	121



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca

Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Miguel Isidro Barcia Mendoza en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN DE LA AV. DEL EJÉRCITO Y AV. AMÉRICA DE PORTOVIEJO", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, Agosto de 2017

Miguel Isidro Barcia Mendoza

C.I.: 1302042229



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de Propiedad Intelectual

Miguel Isidro Barcia Mendoza, autor del trabajo de titulación "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN DE LA AV. DEL EJÉRCITO Y AV. AMÉRICA DE PORTOVIEJO", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Agosto de 2017

Miguel Isidro Barcia Mendoza

C.I: 1302042229



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre Letty Edelmira por su constante preocupación y por su apoyo incondicional para la consecución de este grado; también a mis hermanas Letty y Mónica por su apoyo en mi trabajo e impulso en momentos en que lo necesitaba.

Miguel



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. CARACTERIZACIÓN DEL TEMA

Las personas, ya sea por sus propios medios, como pasajeros en vehículos colectivos y por medio de automotores propios, necesitan trasladarse en su gran mayoría todos los días. Para ello, se necesitan vías que conduzcan a esas personas o esos vehículos, vías que tengan características ya sea en su forma y estado físico que hagan de dichos traslados: ágiles, seguros y cómodos. En ese contexto, se necesitan vías que sean herramientas del desarrollo de las ciudades y zonas rurales de una región o un país.

Por ello se, crearon las vías, urbanas y rurales, que conforman la vialidad, la cual debe constituirse en uno de los impulsores del desarrollo de una sociedad, de tal manera que dinamice la producción, el comercio, el turismo y otros servicios necesarios para el desenvolvimiento de los integrantes de la comunidad.

Debido a que la vialidad tiene un diálogo con sus usuarios por medio de la señalización, esta les manifiesta a los peatones y conductores por donde deben transitar y de qué manera, ya sea en el sentido como en la velocidad, le advierte de peligros, le informa donde se encuentra y por donde se debe dirigir hacia su destino, le informa sobre detalles de edificios o servicios importantes, entre otros.

Pero el crecimiento del parque automotor que transita por las calles de las ciudades, sumado a una deficiente conducta vial, ha dado origen al congestionamiento vehicular, volviendo críticas algunas de las intersecciones viales de la ciudad, sobre todo en las horas pico, lo que determina la necesidad urgente de analizarlas e investigar las alternativas de solución del problema, a través del estudio técnico respectivo, que logre así restablecer la fluidez del tránsito vehicular, disminuir los costos de operación y mitigar los impactos ambientales, mejorando las condiciones de seguridad y confort del tránsito, logrando así un adecuado nivel de servicio (LOS, Level Of Service, por sus siglas en inglés) en las vías urbanas al



UNIVERSIDAD DE CUENCA

momento de acceder a una intersección vial dentro del casco urbano en las ciudades

En este contexto, en la ciudad de Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, centro político y por ende burocrático, ciudad comercial y prestadora de servicios, el sistema vial se ha ido conformando de acuerdo a los asentamiento de sus habitantes y de acuerdo con la planificación municipal, sistema vial que a la fecha tiene características aceptables en cuanto a la topografía, formas y estructura del pavimento; en cuanto a la señalización, esta es insuficiente y deficiente, ya que el autor de este documento por ser habitante de Portoviejo, tanto como conductor y como peatón se ha dado cuenta que faltan muchas estructuras de señalización vial y señalizar horizontalmente división de carriles en las calles y vías así como también pasos cebra y sentidos de direccionalidad de los vehículos. Hay señales verticales que faltan y otras no bien dispuestas. El tránsito, en ciertas horas y zonas se vuelve caótico debido a diferentes causas que serán analizadas en el transcurso de este instrumento.

Los habitantes, necesitan movilizarse, y para ello requieren de vías peatonales y vehiculares en estado aceptable y seguro, por lo tanto, su desarrollo debe ser planificado de tal manera que no provoque impactos ambientales adversos, ya sea en la producción de gases contaminantes, ruido, material particulado, entre otros.

La Ciudad de Portoviejo, debido al aumento de la cantidad de vehículos, tiene problemas en varias intersecciones, las mismas que deben ser analizadas en forma individual, para luego, analizarlas el conjunto.

En el presente trabajo, se ha escogido el análisis de una intersección muy conflictiva, vista por simple inspección y que en lo posterior será analizada técnicamente, aplicando los conocimientos obtenidos en las diversas asignaturas de la maestría cursada.



1.2. UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ANALIZADA

La intersección de las avenidas América y Del Ejército está ubicada en la Parroquia Urbana Andrés de Vera de Portoviejo, en la margen izquierda del río Portoviejo que cruza la ciudad de este a oeste. Tiene como puntos de referencia circundantes a la Terminal Terrestre por el sur, el puente El Salto por el este, el Fuerte Militar Teniente Hugo Ortiz por el norte, el centro comercial Paseo Shopping, la Universidad San Gregorio y el coliseo deportivo La California por el oeste. Para ingresar al centro de la ciudad desde Manta, Montecristi o Jipijapa existen tres puntos obligados de paso, uno de ellos es el puente El Salto, y por la intersección mencionada obligadamente se pasa, los otros son: el puente Velasco Ibarra y el Puente San José. Tal como se lo puede observar en las fotos siguientes.



Foto 1. Ubicación con respecto a la ciudad

Fuente: Google earth.



Foto 2. Acercamiento con sitios de interés

Fuente: Google earth



La ubicación descrita literalmente y mediante las fotos presentadas explican claramente que la intersección tiene una zona de influencia importante y por ende es entendible que el tráfico vehicular va a ser también de considerable volumen, lo que se analizará posteriormente en este documento.

1.3. DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN



Foto 3. Vista aérea de la intersección

Fuente: GAD Municipal de Portoviejo

Al observar la Foto 3 se puede observar la gran cantidad de vehículos que transita por esta intersección, lo que será comprobado más adelante, y el tipo de vehículos que acceden a ella, el número de carriles que son utilizados y que se inicia una nueva fase que es el acceso desde el sureste hacia el noroeste por la avenida Del Ejército; también podemos observar que no se encuentran pintados los pasos peatonales tipo cebra, la división de los carriles y pintura en la calzada de las flechas que indiquen la direccionalidad que pueden tomar los conductores.

También se puede manifestar que en la foto 3 se muestra lo consolidado que está el área urbana en este sector de la ciudad y más puntualmente esta



UNIVERSIDAD DE CUENCA

intersección, lo que impide que se puedan realizar cambios significativos en la geometría existente. Es de anotar además que, existen vehículos estacionados en el sentido de la Av. Del Ejército lo cual es permitido y, en alguna de las opciones propuestas se puede utilizar esta zona de parqueo como de un carril adicional por lo menos en la cuadra de aproximación.

Lo que no se observa en la foto anterior, y que se constató por la observación en el sitio, es el mal estado de las aceras y bordillos, de las islas, la deficiente ubicación de los semáforos, y la inexistencia de rampas de acceso a sillas de ruedas.

La intersección en análisis consta de la Av. Del Ejército que tiene una direccionalidad a NW-SE y la Av. América de NE-SW. La Av. Del Ejército tiene un eje totalmente alineado, en cambio la Av. América hace un cambio de dirección de 6° al cruzar la intersección hacia el NE, por lo que existe un ángulo de 96° entre el NW y NE, y entre el sentido SW de la Av. América y el NW de la Av. Del Ejército hay un ángulo de 98° .

La Av. América tiene en su calzada un ancho de 13,53 m en el sentido NE y sus aceras de 3,22 m la derecha y 2,09 m la izquierda, la división de los sentidos consta de pintura solamente que en la actualidad está deteriorada, no existe pintura que dividan los carriles, no tiene instalada señalización de no estacionar en ambas aceras sin embargo en la cuadra de aproximación no se estacionan los vehículos de tal manera que es posible el tránsito en los dos carriles ; en el sentido SW un ancho de 13,02 m y sus aceras de 1,95 m la derecha y 3,07 m la izquierda, la división de los sentidos consta de tramos de bloques de hormigón de sección transversal de 25 cm, no tiene pintura que dividan los carriles y se repite lo del sentido anterior en cuanto a la señalización de no estacionar.



CORTES 1-1

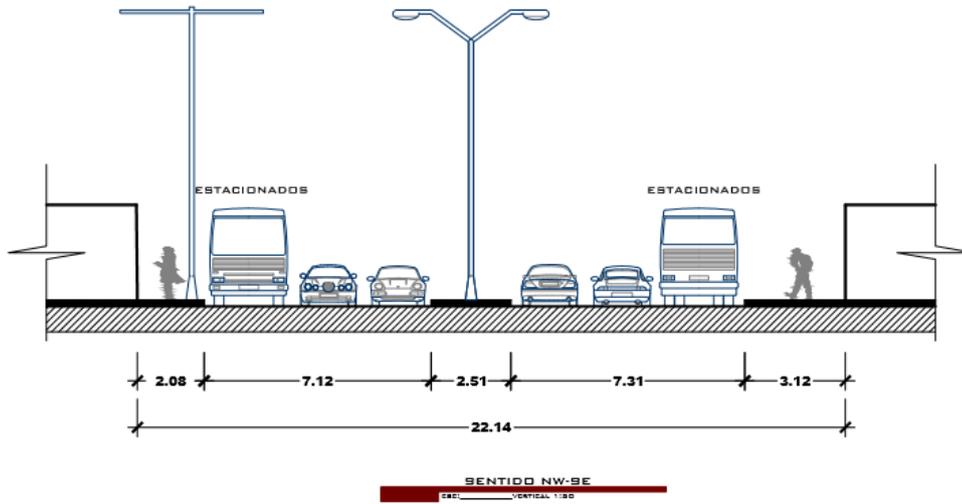


Figura 1. Corte de la calzada en el sentido NE-SW de la Av. América

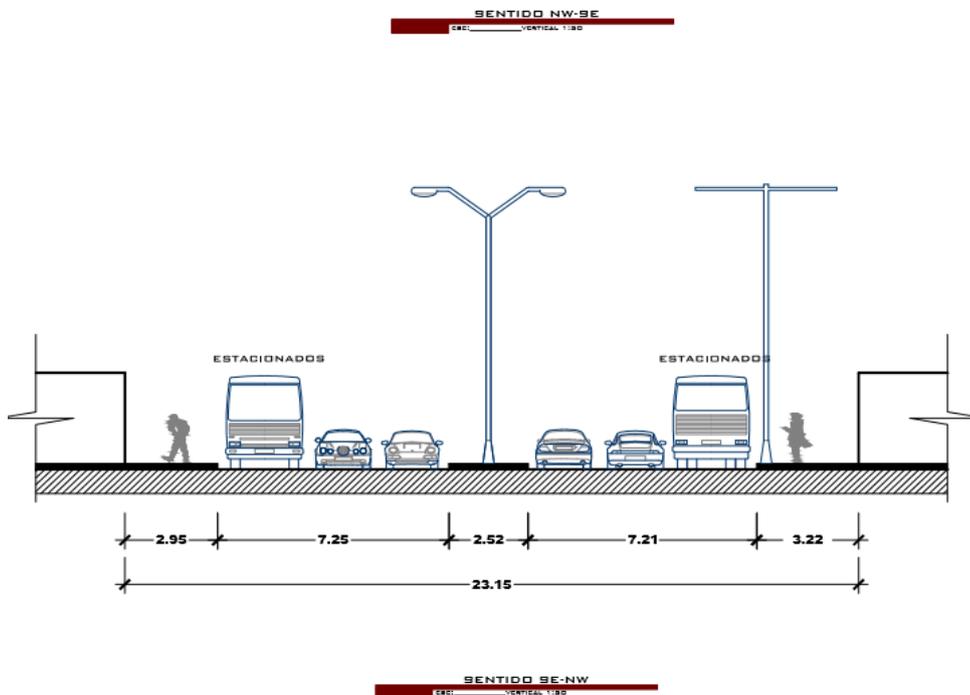


Figura 2. Corte de la calzada en el sentido SW-NE de la Av. América



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La Av. Del Ejército en el sentido NW tiene un ancho total de 16,94 m en el sentido NW y sus aceras de 3,12 m la derecha y 2,08 m la izquierda, la división de los sentidos consta de un parterre central de 2,51 m de ancho que en la aproximación a la intersección se reduce a un bordillo de 20 cm dando lugar a la formación de otro carril para el giro a la izquierda, quedando la calzada izquierda de 7,31 m y la derecha de 7,12 m, no existe pintura para la división de los carriles, el estacionamiento si está permitido en ambos sentidos; en el sentido SE un ancho de 16,98 m y sus aceras de 2,95 m la derecha y 3,22 m izquierda, la división de los sentidos consta de un parterre central de 2,51 m de ancho que en la aproximación a la intersección se reduce a un bordillo de 20 cm dando lugar a la formación de otro carril para el giro a la izquierda, quedando la calzada izquierda de 7,31 m y la derecha de 7,12 m, no existe pintura para la división de los carriles. Esto se lo puede apreciar en la siguiente página donde se ubica el plano de las dimensiones principales de la intersección.



CORTES 2-2'

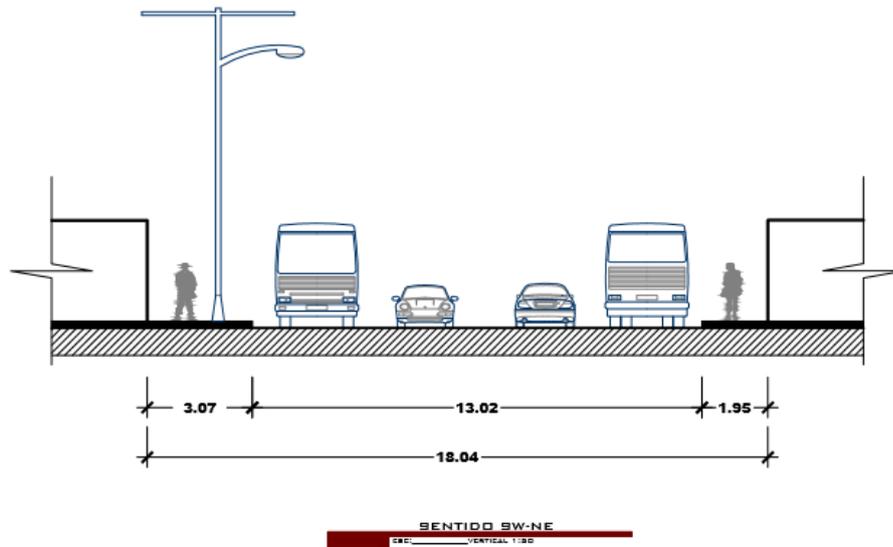


Figura 3. Corte de la calzada en el sentido SE-NW de la Av. Del Ejército

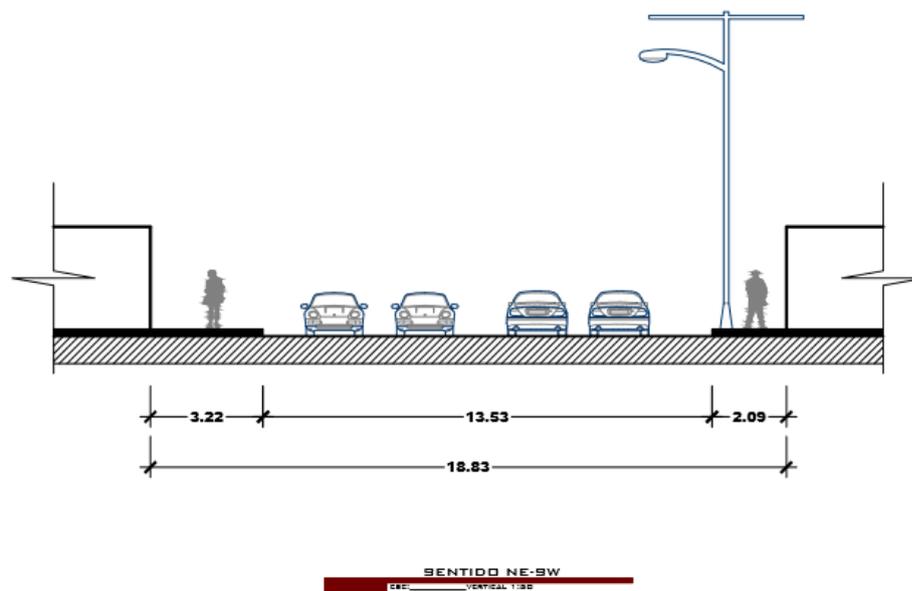


Figura 4. Corte de la calzada en el sentido NW-SE de la A. Del Ejército



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En cada esquina existen islas para encauzar el tráfico hacia la derecha con paso permitido en rojo con preferencia al que se está aproximando o circulando, siendo el ancho entre el bordillo de la acera y el de la isla de 4,87 m; estas esquinas tienen un radio de 20 m.

En la siguiente página, en el plano, se puede observar lo manifestado, ya que se realizaron las respectivas mediciones in situ.

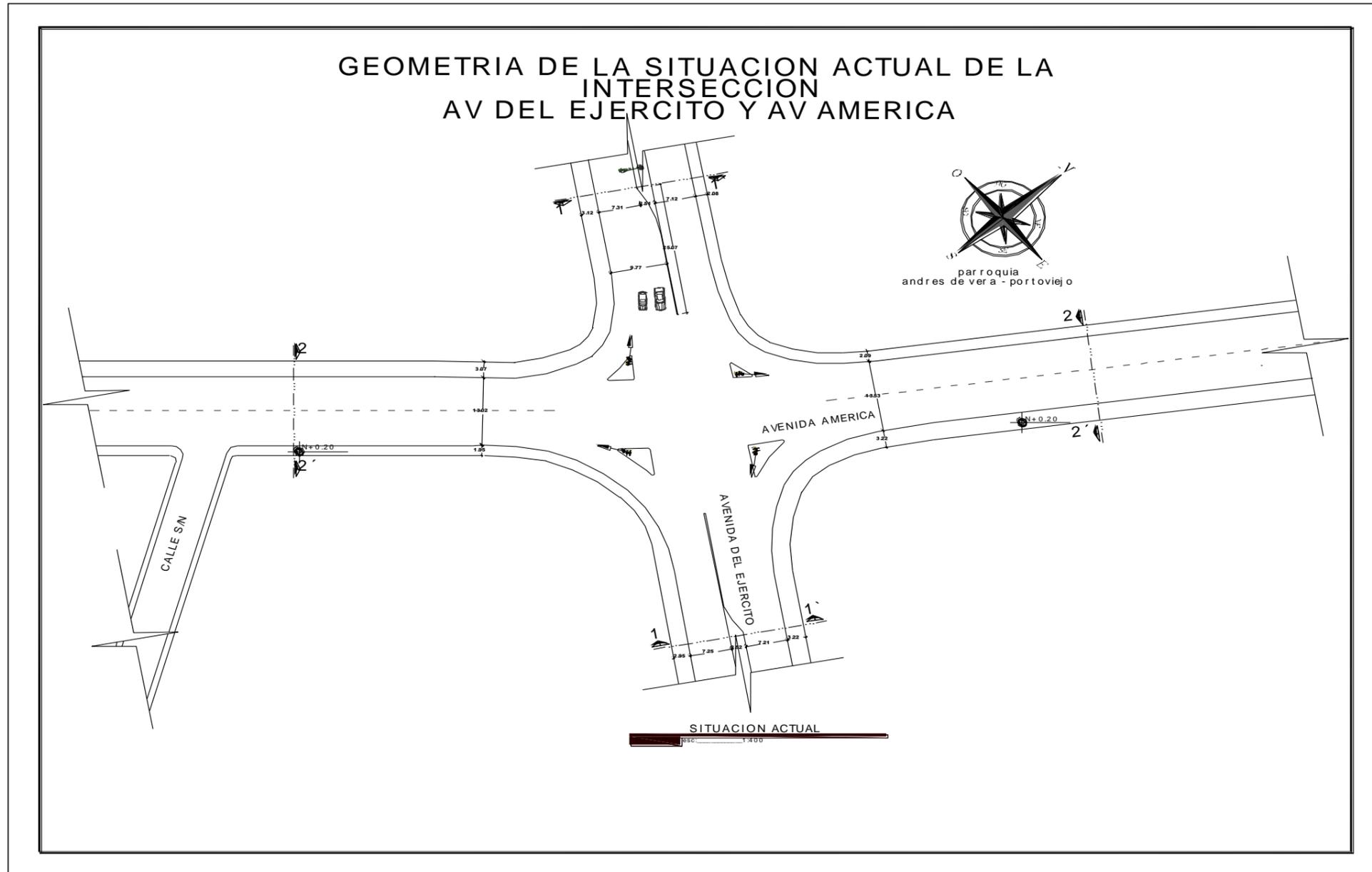


Gráfico 1. Plano de la geometría de la intersección



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Con respecto a la altimetría, es muy pequeña la pendiente que existe a lo largo de la Av. América, tal es así que se realizó una nivelación topográfica de su eje, siendo la pendiente 0,25% lo cual no incide en el desenvolvimiento de la circulación vehicular. Lo que sucede en este aspecto en la Av. Del Ejército algo similar, siendo la pendiente menor que la anotada.

También se realizó un levantamiento de las instalaciones de red pública de agua potable, aguas servidas y aguas lluvias que van enterradas, esto determinado por la ubicación de pozos de revisión y por información de personal técnico de la Empresa Pública Municipal EMAPAP EP y que constan en un plano presentado en las siguientes dos páginas de este documento, resaltando que por la Av. Del Ejército pasa un emisario de aguas servidas que conecta desde el sector del Terminal Terrestre hasta las lagunas de tratamiento en el paso lateral y que pasa por la intersección a aproximadamente 3,50 m de profundidad. También consta la ubicación de semáforos, postes de energía eléctrica, postes de iluminación, ubicación y altura de los cables de energía eléctrica, de televisión, y telefónicos. Esto servirá más adelante para tenerlo en cuenta en caso de que se determine la construcción de alguna obra para mejorar el tránsito en esta intersección.



TUBERIAS HIDROSANITARIAS, POZOS Y CAJAS DE REGISTRO EN LA INTERSECCION AV DEL EJERCITO Y AV AMERICA

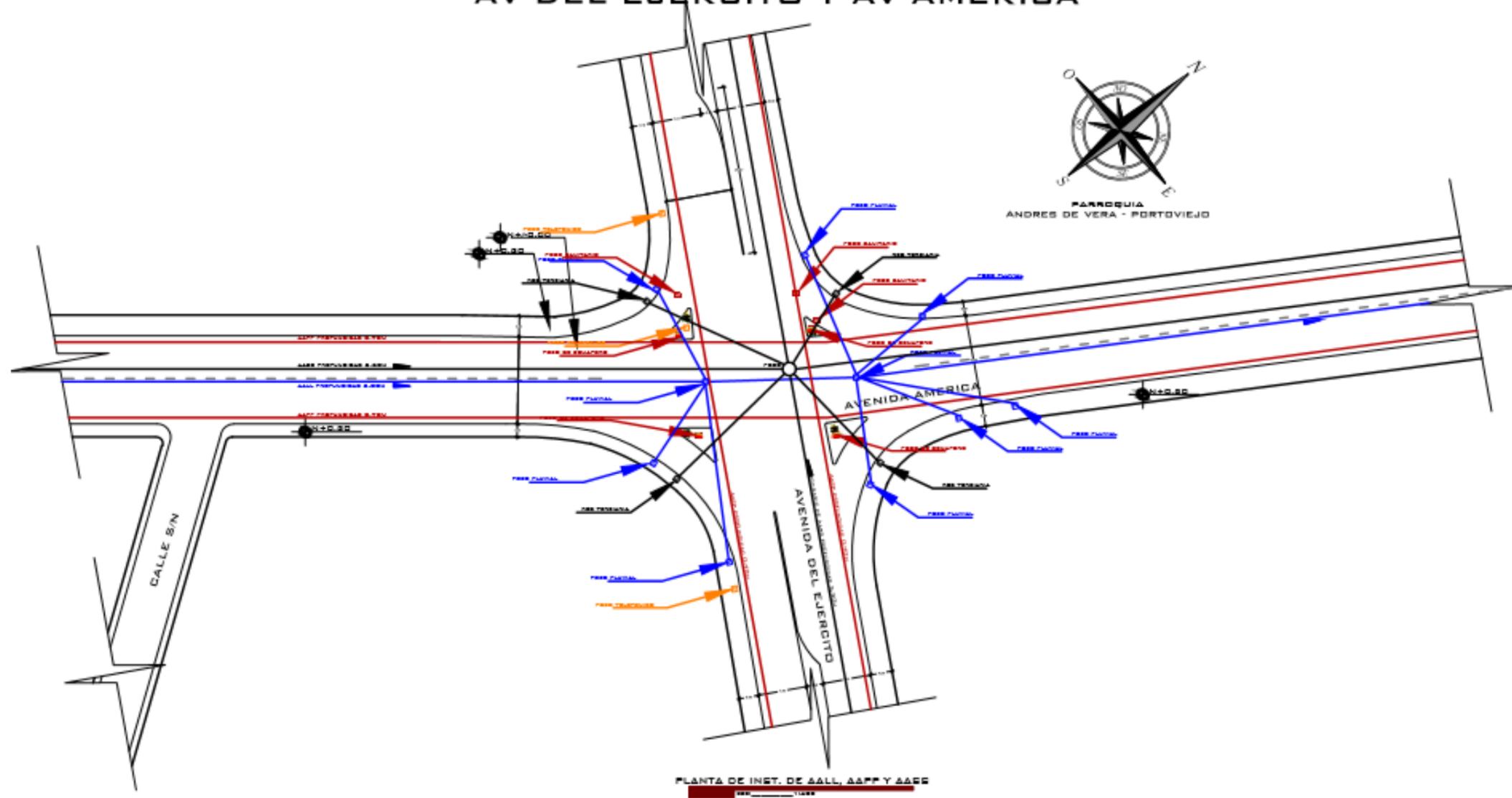


Gráfico 2. Plano de obras hidro sanitarias existentes



CABLEADO ELECTRICO Y TELEFONICO Y POSTES EN LA INTERSECCION DE LA AV DEL EJERCITO Y AV AMERICA

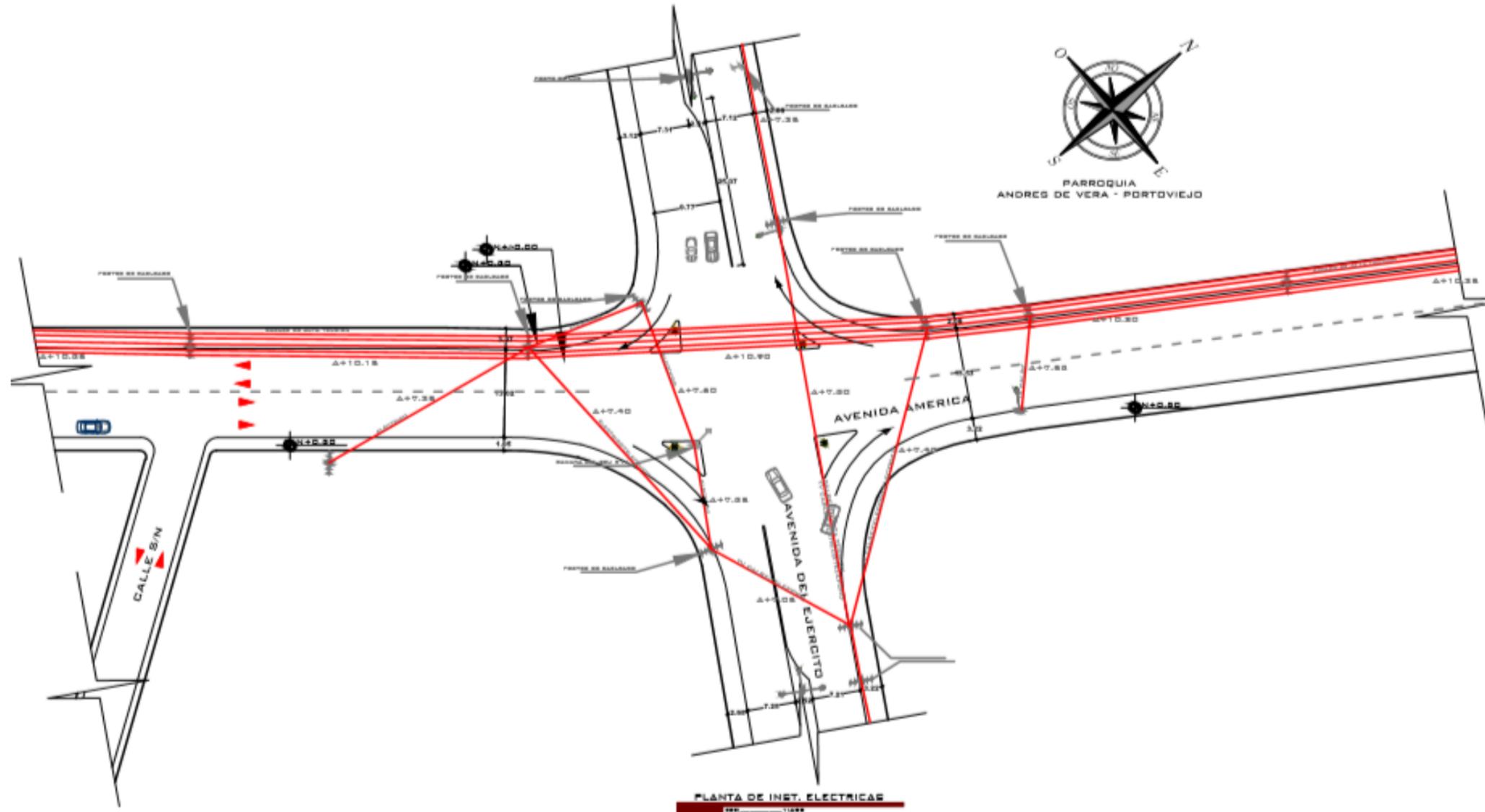


Gráfico 3. Plano de instalaciones eléctricas existentes



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En cuanto al tránsito, por la Av. Del Ejército en el sentido NW, los vehículos se dirigen hacia el “Fuerte Militar Teniente Hugo Ortiz”, ciudadelas populosas tales como: Los Tamarindos, Los Olivos, San Alejo, entre otras, la Parroquia Picoazá, además hacia el “Paso Lateral” para dirigirse a poblaciones como Crucita, Rocafuerte, Tosagua, Bahía de Caráquez, Chone, entre otras. Y en el sentido SE los vehículos se pueden dirigir hacia el Terminal Terrestre, el puente Velasco Ibarra que conduce al centro de la ciudad, a la Av. 15 de Abril la misma que conduce hacia la zonas populosas, parroquia Colón y la vía a Santa Ana.

En los sentidos de la Av. Del Ejército descritos, al cruzar la intersección, se lo puede hacer a través de dos carriles en los que pueden circular dos vehículos livianos, pero solamente puede circular un vehículo pesado por lo que no queda espacio suficiente; son permitidos los giros hacia la izquierda sin oposición, pues la intersección es semaforizada de cuatro fases, los giros hacia la derecha también son permitidos inclusive con la señal en rojo aunque esto no esté señalizado, existen cuatro islas ubicadas una en cada esquina.

A través de la Av. América en el sentido SW, los vehículos pueden dirigirse hacia el centro comercial “El Paseo Shopping”, la Universidad San Gregorio, zonas populosas tales como las ciudadelas Bellavista, San Jorge, San Gregorio, entre otras, también conecta con la vía a Manta y Guayaquil, además en esta vía están instalados importantes establecimientos comerciales. Y en el sentido NE los vehículos pueden circular hacia el puente “El Salto”, que conecta con el centro de la ciudad y en sí con la zona más populosa y comercial de la ciudad, donde están ubicadas las principales edificaciones e instituciones públicas.

En los sentidos de la Av. América descritos, al cruzar la intersección, se lo puede a través de dos carriles en los que pueden circular dos vehículos livianos, o pesados por lo que hay espacio suficiente ya que los vehículos no estacionan en esta la aproximación; son permitidos los giros tal como se lo explicó para la Av. Del Ejército.



En Portoviejo, existe congestión debido a que la velocidad promedio es de 13 km/h, y las causas para ello son: semáforos no sincronizados, cantidad de vehículos transitando, deficiente señalización, ocupación de instituciones públicas, privadas y comercio en poca área, comercio informal en las calles, deficiente conducta vial de conductores y peatones, entre otros. (Espinales, 2011)

La cita anterior tiene que ver con la problemática del centro de Portoviejo, la intersección en análisis se ubica en otra zona, pero se aplica parcialmente al tema presente puesto que la velocidad es mayor (aproximadamente hasta 50 km/h), existen pocas instituciones públicas, y no hay comercio informal.

En lo que se refiere al tipo de vehículos que transitan por esta intersección, de lo observado y que en lo posterior se demostrará, los vehículos livianos y motocicletas constituyen la mayor cantidad, luego están los buses y en menor número los camiones livianos y pesados y muy pocos vehículos de tres y más ejes. La cantidad de peatones y bicicletas no constituyen un parámetro a analizar, puesto que el volumen de peatones por hora no supera los 100 por hora y de bicicletas no supera las 120 por hora, cantidades que no afectan como se lo demostrará en lo posterior.

En cuanto al estado del pavimento de las avenidas involucradas en este estudio, estas se encuentran en estado regular de tal manera que los vehículos no sufren demoras en sus traslados a causa del plano de rodadura; pero sin embargo estéticamente y por seguridad, se deben reconstruir los bordillos de las aceras y las islas donde se encuentran los semáforos.

La señalización que presenta la intersección y las vías de aproximación es deficiente, pues no existe la horizontal en lo que se refiere a los pasos peatonales tipo cebra, tampoco la pintura en la división de carriles, tampoco la señalización para la direccionalidad de los vehículos. Señalización vertical tampoco existe, siendo necesarias señales de paradas de bus, de prohibición



de estacionar en la Av. América, de prohibición de girar en “U”, de velocidad máxima, de la permisión de giro a la derecha aunque esté la señal del semáforo en rojo. Habiendo esta señalización, las condiciones pueden mejorar en tanto en cuanto los actores las acojan.

Esta intersección semaforizada consta de un sistema de cuatro fases siendo el ciclo total de 124 segundos, distribuidos en forma pareja en cada fase teniendo un verde efectivo de 28 segundos y ámbar de 3 segundos, No tiene rojo total. La secuencia es en sentido de las manecillas del reloj. Estos tiempos del ciclo y de las fases serán posteriormente analizados para verificar si son los adecuados. Los semáforos no están bien ubicados, pues solamente existen en las islas un pedestal de 3,50 m de altura lo que hace que no se lo pueda apreciar muy bien desde lejos y cuando vehículos grandes están esperando en los primeros lugares de la cola. No existe luz para el paso de peatones.

En cuanto al volumen de tránsito observado, se puede decir que existe una gran cantidad de vehículos que acceden a esta intersección, en las horas de mayor uso hay que esperar para cruzarla, hasta dos ciclos semafóricos adicionales a la de llegada.

De acuerdo al resultado del conteo realizado y que se analizarán en lo posterior de este documento, se evidenció el que el lunes es el día de la semana en que el volumen de tráfico es mayor y se puede expresar el movimiento diario con el gráfico 5 de la página 83.

De toda la descripción realizada de la intersección en estudio, se puede concluir que se necesitan realizar acciones de gerencia de tránsito tendientes a mejorar las condiciones de movilidad tanto en calidad como en la disminución de los tiempos de espera en cruzarla.

En el caso particular del tema de este documento, las vías involucradas tienen un volumen de tránsito vehicular por encima de su capacidad, lo que



será demostrado objetivamente en lo posterior, ya que es obvio que se presenta un problema de congestiónamiento.

Desde la Municipalidad de Portoviejo, según (PORTOVIAL, 2013) se trabaja para asumir la competencia de tránsito y se afirma que están coordinando acciones con la Agencia Nacional de Tránsito, Ministerio de Transporte y Obras Públicas y con otras entidades del Estado relacionadas con la transferencia plena de la competencia, para lo cual se creó un proyecto de ordenanza para formular la empresa de tránsito de Portoviejo. Pero este plan no ha sido oficializado todavía (Al 2017), pero en la práctica se está trabajando en la elaboración de un diagnóstico previo.

Se busca por parte de esta entidad establecer aspectos como, los puntos más críticos, el tipo de transporte más aconsejable para la ciudad, definir una propuesta en cuanto al parqueo, situación de la terminal terrestre, señalización, y seguridad vial.

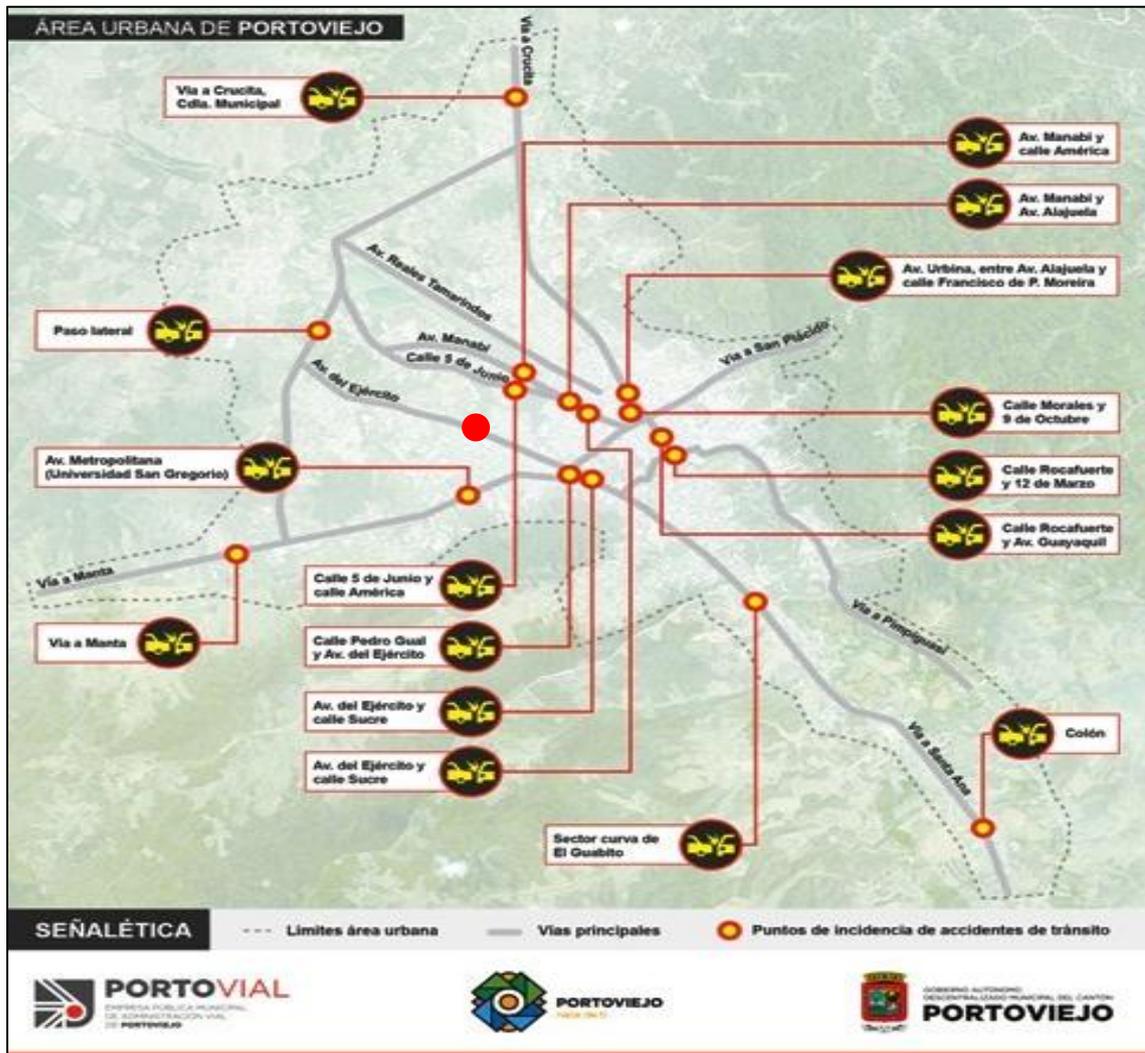


Figura 5. Muestra las intersecciones donde existe un alto índice de accidentes en la ciudad de Portoviejo

Fuente: Portovial EP

En la figura 5 que antecede se puede constatar que en la intersección analizada (punto rojo) no existe una cantidad apreciable de accidentes, esto es debido a la característica semafórica de ser de cuatro fases, en la que no existe la posibilidad de cruces vehiculares. Los accidentes que se pueden presentar serían por el mal funcionamiento de algún semáforo o por imprudencia del conductor.

Al realizar el análisis de una intersección, lo que se busca es minimizar las demoras y congestión vehicular por causa del gran flujo de tránsito



vehicular, optimizar los tiempos de las fases semaforicas, facilitar las maniobras que deben realizar los conductores, y como consecuencia de aquello anotado, mejorar el nivel de servicio y disminuir los efectos ambientales producidos por la congestión vehicular.

Sólo en un año el número de vehículos que circulan en la ciudad creció en 21,5 por ciento. El parque automotor era de 19.588 vehículos en el 2005, pero el año siguiente subió a 23.805, y en la actualidad supera las 30.000 unidades, según estadísticas de la Jefatura Provincial de Tránsito (Policía Nacional de Manabí, 2011), y se trata de 4.217 nuevos o viejos carros y motocicletas que están circulando, lo cual es un dolor de cabeza no sólo para conductores, sino también para autoridades que se atan de manos debido a la falta de voluntad política y recursos para sacar adelante proyectos de descongestionamiento.

La gran cantidad de vehículos que transitan en todos los sentidos y giros de la intersección de la Av. Del Ejército y Av. América, en especial, en la hora pico, ocasiona muchas demoras en el cruce vehicular, sumándole a esto, que cada día aumenta la cantidad de vehículos matriculados, incrementándose cada día dichas demoras.

Además de ocurrir estas demoras, se presentan problemas colaterales como son: la contaminación ambiental debido a la producción de gases contaminantes, ruido y material particulado.

El uso del suelo, la expansión urbana y la migración han causado serios impactos en la gestión de movilidad, evidenciándose un déficit en el servicio de transporte público así como un aumento en el parque automotor, lo que ha derivado en una problemática al momento de circular por los anillos céntricos de las ciudades.

Por otra parte la capacidad viaria no es suficiente para sostener la cantidad de vehículos que circulan en las denominadas horas pico, por lo que



es necesario buscar las causas y las posibles soluciones al congestionamiento vehicular utilizando la infraestructura vial existente.

Para disminuir estos problemas, existen métodos de varias índoles que se pueden aplicar una vez hecho el debido y técnico análisis. La intersección motivo de la presente se encuentra semaforizada, por lo que uno de los análisis va a ser el de optimizar los tiempos de las fases del sistema, así como también diseñar la ubicación de la señalización horizontal y vertical para la debida utilización de los conductores y peatones.

En cuanto a la accidentabilidad de la intersección presente, no representa un problema puesto que no hay conflicto de cruces vehicular ya que al existir cuatro fases en el sistema semaforizado la probabilidad de colisión vehicular es mínima. Tal es así que de acuerdo a la información proporcionada por la Agencia Nacional de Tránsito, en esta intersección, desde que existen cuatro fases semafóricas (2006), se han producido 17 accidentes reportados de tránsito sin ninguna víctima mortal; en otras intersecciones de la ciudad con las mismas características, los índices de accidentabilidad son similares.

1.4. CONTEXTUALIZACIÓN

Las intersecciones se diferencian entre ellas por muchos factores como son: volumen de tránsito, cantidad de cruce de peatones, tipos de vehículos, velocidad, propósito de viajes, topografía, magnitudes geométricas, tiempo y número de fases del sistema semaforizado, ubicación de la señalización, los posibles puntos de conflicto, entre otros.

Estos elementos influyen grandemente en los tiempos de demora de las intersecciones, por lo que se recomienda analizar cada uno independientemente y luego en su conjunto.

Es importante tener en cuenta el análisis de cada elemento y su influencia en el problema que ocasionan conlleva a hacer un diagnóstico más certero y por consiguiente a una solución con óptimos resultados. Por ello es



que se hace necesaria una exhaustiva investigación del comportamiento de cada elemento a fin de entender claramente lo que sucede en el escenario presentado, y proyectar hacia el futuro soluciones duraderas que beneficien a la colectividad y en especial a los usuarios de las vías.

Se debe tener en cuenta que con las magnitudes del diseño geométrico existente poco se puede hacer, pues, es una zona urbana consolidada por las construcciones existentes en especial de un Centro Comercial y un puente. Una vez obtenido el diagnóstico, y dados los correctivos necesarios para disminuir las demoras en la intersección, de obtendrá un mejor Nivel de Servicio (LOS), y de no mejorar las condiciones, se procederá a proponer otras medidas a fin de lograr los resultados esperados.

1.5. PROGNOSIS

En la intersección que se analiza en este instrumento, el problema que se observa es el de demoras y por consiguiente un nivel de servicio deficiente. Existe una marcada diferencia del tipo de vehículos que transitan ya que predominan los livianos, motocicletas y buses, con poca incidencia de las bicicletas y peatones, que si bien es cierto, son los más sensibles de sufrir accidentes, con el sistema de cuatro fases semafóricas, este se disminuye considerablemente.

¿Qué consecuencias ocurrirían si no se dan soluciones para disminuir las demoras que ocurren en esta intersección semaforizado?

La respuesta es que llegará el tiempo que las demoras serán muy grandes y con las consecuencias ya descritas, tales como altos tiempos de viaje, gran consumo de combustible, producción de contaminación con gases, ruido, material particulado, entre otros.



1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál es el problema que ocasiona demoras en la intersección de la Av. Del Ejército y Av. América de la ciudad de Portoviejo?

1.6.1. Delimitación del problema

Campo: Ingeniería Civil

Área: Ingeniería de tránsito y transportes

Aspectos: Demoras de tránsito, nivel de servicio malo en la intersección de la Av. Del Ejército y Av. América

Espacio: Intersección de la Av. Del Ejército y Av. América.

Tiempo: Noviembre 2015 – Abril 2016

1.6.2. Interrogantes del presente trabajo de titulación

1. ¿Cuáles son las causas de demoras del tránsito que se presentan en la intersección analizada?

2. ¿Qué medidas correctivas pudieran plantearse para mejorar el nivel de servicio debido a las demoras?

1.7. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La excesiva demora que soportan los conductores para cruzar las intersecciones urbanas, conlleva a analizarlas y evaluarlas utilizando las técnicas metodológicas actuales y de probada efectividad en el análisis de ingeniería de tránsito. Una de las herramientas más actuales y de amplia utilización son: El cálculo del nivel de servicio por medio del método de HCM y del uso del simulador Synchro Studio 8.0, son métodos y herramientas para determinar demoras por congestionamiento y el nivel de servicio (LOS) y que ayudan a tomar las medidas correctivas para disminuirlos y mejorarlos.



Para el análisis correspondiente se deben tomar datos del tránsito en el escenario correspondiente, esto es, tomar datos cuantitativos y cualitativos de los vehículos que cruzan la intersección ya sea en la misma dirección o girando hacia la derecha o hacia la izquierda.

Por lo que el presente trabajo se justifica porque permitirá disminuir las demoras en la intersección escogida, y consecuentemente se disminuirá la contaminación ya sea por ruido, gases y material particulado. También se analizará la señalización horizontal y vertical a fin de evitar que la mala disposición de estas contribuya a las demoras.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. Objetivo General

Proponer una solución integral, esto es, mejorar el nivel de servicio y una solución de Ingeniería de Tránsito, al congestionamiento vehicular en la intersección de las avenidas América y Del Ejército de Portoviejo.

1.8.2. Objetivos Específicos

1. Analizar las causas del congestionamiento en la intersección.
2. Determinar las posibles alternativas de solución al congestionamiento mediante la correcta gestión del tráfico vehicular.
3. Mejorar las condiciones de seguridad vial en la intersección y en la circunscripción de una cuadra.
4. Analizar el efecto que tienen las soluciones planteadas sobre la optimización del consumo de combustible y por ende de la calidad del aire.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ESTADO DEL ARTE

2.1.1. Congestión Vehicular

Según (Thomson I. B., 2001):

“La palabra “congestión”, se utiliza frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos, como por los ciudadanos en general. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” 1, que en nuestro caso, es el tránsito vehicular. Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter subjetivo y no conllevan una precisión suficiente.”

También, (Thomson I. B., 2001) expresan que la causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad y la frecuencia de las intersecciones.

Sin embargo, según (Voorhees and Associates, 1973) a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, dice una posible definición objetiva sería, que la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.

Pero, existe un concepto muy importante que se debe puntualizar al inicio de este sub capítulo, es el de Gerencia de Tránsito, el cual fue



presentado al inicio del módulo de esta asignatura en la maestría cursada, el concepto es el siguiente: “Gerencia de Tránsito es hacer el mejor uso del sistema vial existente”. La importancia del concepto citado radica en que justamente este trabajo de titulación tratará de mejorar las condiciones caóticas del tránsito que se presenta en la intersección escogida, lo que se evidenciará más adelante cuantitativamente y cualitativamente; mejoras que se refieren en la optimización y/o cambio de las fases semafóricas, alguna variación en la geometría, señalización y de ser el caso con alguna estructura a desnivel.

2.1.2. Causas de la congestión

La demanda de transporte es derivada, según (Mayor, 2010) pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse; generalmente, obedecen a la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades, como el trabajo, las compras, el estudio, la recreación, el descanso, entre otras, todas las cuales se realizan en lugares diferentes.

En tal razón (Bull, 2003), señala que la:

“Demanda de transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las cuales se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en buena forma las horas del día para realizar las distintas actividades y para tener oportunidad de contacto con otras personas. El transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo. Especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado. A raíz de todo lo anterior se produce congestión en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales, y pérdida de calidad de vida.”

Un factor agravante advierte (Cueva, s.f.), es que el costo de la congestión no es percibido plenamente por los usuarios que contribuyen a generarla.

Cada vez que esto ocurre sostiene (Thomson I. B., 2001):



“El bien o servicio involucrado se consume más que lo que conviene a la sociedad. Como los usuarios no experimentan los mayores costos de tiempo y operación que causan a los demás, sus decisiones sobre ruta, modo, origen, destino y hora de los viajes son tomadas, no sobre la base de los costos sociales, sino sólo de los costos propios, o mejor dicho, de una percepción frecuentemente parcial de esos costos. El resultado lógico es una sobreexplotación de la vialidad existente, al menos en determinadas zonas y horas.”

Eso significa, según (CEPAL, 2013), que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando. En consecuencia, el usuario individual percibe sólo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento. En el lenguaje especializado se dice que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los costos marginales sociales.

2.1.3. Características del transporte

Algunos vehículos, expresa (Kraemer, 2012), que generan más congestión que otros. En la ingeniería de tránsito cada tipo de vehículo tiene asignada una equivalencia en una unidad de vehículos de pasajeros denominada pcu (passenger car unit).

Por ello (Bull, 2003), señala que el automóvil tiene una equivalencia de 1 pcu, y los demás vehículos una equivalencia que corresponde a su influencia perturbadora sobre el flujo de tránsito, o el espacio vial que efectivamente ocupan, en comparación con la de un automóvil.

Normalmente, indica (Pardo, 2011), se considera que un bus tiene una equivalencia aproximada de 3 pcu, y un camión, una de 2 pcu. Estrictamente, el factor pcu varía según se trate de una aproximación a una intersección o de un tramo vial entre intersecciones.



Aunque el bus, según (Voorhees and Associates, 1973) genera más congestión que el automóvil, generalmente transporta más personas. Si el primero lleva 50 pasajeros y el segundo transporta en promedio 1.5 persona, entonces cada ocupante del automóvil produce 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero del bus. Por lo tanto, a igualdad de otras condiciones, la congestión se reduce si aumenta la participación de los buses en la partición modal de los viajes.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		



UNIVERSIDAD DE CUENCA

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Figura 6. Nacional de Pesos y Dimensiones: “Posibles combinaciones”

Fuente: Manual NEVI 2013



Salvo que éstos transporten menos de 4.5 pasajeros causan, en promedio, menos congestión que los autos, expresa (Bull, 2003). No es normal que los buses transporten menos de 4.5 pasajeros, pero puede ocurrir, como sucedió por ejemplo en sectores de Santiago de Chile hacia fines del decenio de 1980, en los horarios fuera de punta, o en Lima diez años después.

La existencia de un número excesivo de vehículos, sostiene (Ortúzar, 2011) de transporte público contribuye a agravar la congestión, como se observa en algunas ciudades. Una de las características de los modelos económicos en vigor es la desregulación.

En el área del transporte urbano de pasajeros, una desregulación amplia normalmente se traduce en una acentuada expansión de las flotas de buses y taxis y un deterioro del orden y la disciplina asociadas con su operación.

2.1.4. Condición de vías y conductas de congestión

2.1.4.1. La vialidad de las ciudades

El inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad, expresa (Chocontá, 2009), que:

“Es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión y la lluvia acumulada sobre las calzadas reduce la capacidad de las vías y, por ende, agrava la congestión.”

2.1.4.2. Conductas que causan congestión

Hay conductores que muestran poco respeto por aquellos con quienes comparten las vías, señala (Godoy, 2010)



“En algunas ciudades, muchos automovilistas que intentan ahorrarse algunos segundos de tiempo de viaje tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando para los demás deseconomías muy superiores a su propio beneficio. En otras ciudades, es tradición que los buses se detengan en el punto inmediatamente anterior a una intersección, lo que causa congestión y accidentes, y en estas ciudades, como en otras que cuentan con una oferta generosa de taxis que no acostumbran operar a partir de paraderos fijos, éstos circulan a baja velocidad en búsqueda de pasajeros, lo que también genera congestión.”

A las conductas anteriores, expresa (Zunino, 2013) debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos, o de tracción animal.

Cabe tener presente que al reanudarse la marcha después de la detención en un semáforo, se genera una suerte de congestión debida al atraso que impone a vehículos con tasas de aceleración normales la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un vehículo varado perturba gravemente la fluidez del tránsito, pues elimina de hecho una pista de circulación. (CEPAL, 2013).

2.1.4.3. Condiciones de tránsito deficiente

Otro factor que aumenta la congestión es el desconocimiento de las condiciones de tránsito, dice (Cueva, s.f.), que si un motorista que dispone de dos rutas, A y B, para llegar a su destino, supiera que las condiciones de tránsito están deterioradas en la ruta A, podría emplear la B, donde su propia contribución a la congestión sería inferior.

Un estudio de una ciudad hipotética efectuado en la Universidad de Texas (Cárdenas, 2011), indica que estar informado sobre las condiciones de tránsito en las distintas partes de la red puede reducir la congestión mucho más que la propia tarificación vial. El desconocimiento básico de la red de calles también podría aumentar el kilometraje medio de cada viaje y contribuir a la congestión.



2.1.4.4. Capacidad de la vía

En general, tanto la conducta de los motoristas como la condición de la vialidad, manifiesta (Aguirre, 1995), así como la de los vehículos hacen que una calle o una red urbana en América Latina seguramente tenga una capacidad inferior que otra de dimensiones geométricas iguales ubicada en Europa o Norteamérica.

“Mediciones realizadas en Caracas a principios del decenio del 2009 establecieron que una autopista en ese lugar tenía sólo 67% de la capacidad de otra norteamericana de dimensiones semejantes. Esta diferencia porcentual debe variar de una ciudad a otra, aunque no cabe duda de que la propensión a congestionarse de los sistemas viales de las ciudades latinoamericanas es, en general, relativamente grande.”

2.1.5. Aforos de tráfico

Para cualquier estudio del tráfico e intento de solucionar los problemas presentados del mismo, señala (Ortúzar, 2011), que es necesario conocer un dato básico muy importante que es el aforo vehicular o número de vehículos que pasan por una intersección o en una determinada sección vial. Estos aforos vehiculares se los pueden realizar manualmente o por medio de aparatos especiales, como pueden ser sistemas automáticos de conteo.

2.1.5.1. Manuales

Este conteo manual es un método muy fácil, expresa (Godoy, 2010) de realizar para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de personas conocidas como aforadores de tráfico.

El mismo que es usado generalmente, dice (Kraemer, 2012) cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos, ya que una de las ventajas de este método es que permiten distinguir entre distintos tipos de vehículos, lo que resulta un poco dificultoso con los dispositivos mecánicos.



Según (Aguirre, 1995), asevera que si se superan los 2000 veh/hora, es difícil realizar conteos manuales aún con observadores entrenados, pues se requiere una atención muy concentrada.

2.1.5.2. Automáticos

Son sistemas que totalizan los vehículos automáticamente por medio de presión, electromagnetismo, electrónicos: radar, ultrasonido o infrarrojos. (Kraemer, 2012). Determinados tipos de aparatos son capaces de distinguir los vehículos en función de su peso, altura o longitud, aunque son costosos no substituyen aún a los contadores neumáticos.

2.1.6. Variables que intervienen en la evaluación del nivel de servicio

2.1.6.1. Velocidad de recorrido

También llamada velocidad global o de viaje, señala (Kraemer, 2012) es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

2.1.6.2. Tiempos y demoras

Se denomina tiempo de recorrido al tiempo que interviene cada vehículo en desplazarse entre dos puntos fijos, declara (Cueva, s.f.). Al medir el tiempo de recorrido interesa distinguir entre el tiempo que transcurre mientras el vehículo se mueve y el que se pierde con el vehículo parado.

Las demoras se les denominan a los tiempos previstos o no que los vehículos deben adicionar al trayecto normal; siendo las causas principales: la congestión vehicular, tiempo excesivo de ciclos semafóricos, excesivo cruce peatonal, mala calidad de la vía.

2.1.6.3. Columnas o colas

Los vehículos que circulan por una carretera, indica (Cárdenas, 2011) tienen, en general distintas velocidades deseadas de recorrido. Este hecho



combinado con la imposibilidad de adelantar, hace que los vehículos se agrupen en colas, las cuales empiezan a dar molestias al conductor y por ende representan una parte significativa del congestionamiento vehicular.

2.1.6.4. Semáforos

Referente a la cita textual (Aguirre, 1995) señala, que un semáforo es un dispositivo de regulación del tráfico que asigna de forma secuencial el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en una intersección. Para regular una intersección se coloca al menos un semáforo en cada uno de sus accesos, en cuya cabeza aparecen tres luces (roja, ámbar y verde) que se encienden sucesivamente.

2.1.7. Capacidad y nivel de servicio

2.1.7.1. Capacidad

(Chocontá, 2009), considera la capacidad de una carretera en dos categorías, en el flujo ininterrumpido que ocurre principalmente en carreteras rurales, donde las zonas aledañas no se han desarrollado mucho y, por tanto, la influencia de intersecciones a nivel no es muy importante. Y el flujo interrumpido es el que se presenta básicamente en las vías de las áreas urbanas.

2.1.7.2. Nivel de servicio

Es una medida cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de conducción y los costes de funcionamiento. (Cueva, s.f.). El mismo que se clasifica en seis niveles de servicio que se designan, de mejor a peor, utilizando las letras mayúsculas de la "A" a la "F".

2.1.7.3. Niveles de servicio en intersecciones con semáforo



(Cárdenas, 2011), concreta que “el nivel de servicio de una intersección con semáforo es definido a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida del tiempo perdido del viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad y de la frustración.

Específicamente, señala (Godoy, 2010), que el nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a las detenciones para un periodo de análisis de 15 minutos.

a) Nivel de servicio A. Operación con demoras muy bajas, menores de 10 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto puede contribuir a demoras mínimas.

b) Nivel de servicio B. Operación con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo. Algunos vehículos empiezan a detenerse.

c) Nivel de servicio C. Operación con demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.

d) Nivel de servicio D. Operación con demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo. Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones de v/c muy altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

e) Nivel de servicio E. Operación con demoras entre 55 y 80 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas.

f) Nivel de servicio F. Operación con demoras superiores a los 80 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.



EXHIBIT 16-2. LOS CRITERIA FOR SIGNALIZED INTERSECTIONS

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	≤ 10
B	$> 10-20$
C	$> 20-35$
D	$> 35-55$
E	$> 55-80$
F	> 80

Tabla 1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Fuente: HCM 2000

2.1.8. Volúmenes de tránsito absolutos y totales

Para (Cárdenas, 2011), “el volumen de tránsito absoluto es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos y totales”.

a) Tránsito anual (TA). Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso $T=1$ año.

b) Tránsito mensual (TM). Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso, $T= 1$ mes

c) Tránsito semanal (TS). Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso, $T= 1$ semana

d) Tránsito diario (TD). Es el número total de vehículos que pasa durante un día. En este caso $T= 1$ día.

e) Tránsito horario (TH). Es el número total de vehículos que pasa durante 1 hora. En este caso, $T=1$ hora.

f) Tasa de flujo (q). Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso, $T < 1$ hora



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Diferentes teorías sobre la congestión del tránsito en intersecciones y vías urbanas en la ciudad de Portoviejo.

En su tesis, (Espinales, 2011), menciona su criterio sobre las condiciones del tránsito en la ciudad de Portoviejo:

“En los últimos años, las condiciones de circulación y el tráfico en la ciudad de Portoviejo, se ha constituido en uno de los principales problemas que se plantean, dado sus repercusiones que tiene sobre la eficiencia funcional de la red vial, el sistema social y en la calidad de vida de sus habitantes. Como consecuencia de esta situación, la ciudad de Portoviejo soporta en la actualidad un gran problema relacionado con el transporte motorizado, originado por el crecimiento acelerado del parque automotor, la limitada capacidad de la gran mayoría de sus vías y por la deficiente organización del transporte, generando una situación caótica y peligrosa para sus habitantes y usuarios de las vías urbanas, detectado en algunas intersecciones de la urbe, sobre todo durante las horas pico.”

También el (Terán, 2012), en su tesis considera que:

“La escasa seguridad de tránsito, la indisciplina de los conductores de los vehículos que circulan por nuestras vías, entre otros problemas, ocasionan accidentes a diario en horas pico por el aumento del parque automotor y el desorden vial en la intersección de la Av. Alajuela y Av. Manabí.”

Por su parte (García, 2012), en su tesis de maestría da un punto de vista sobre el mal funcionamiento de los semáforos en Portoviejo.

“El Cantón Portoviejo cuenta con una red vial donde su semaforización es la principal causa de las interrupciones del flujo vehicular, la seguridad, eficiencia y normal desenvolvimiento del tránsito está sujeto a su regularización, sincronización y mantenimiento que las autoridades presten a este punto.”

El caos vehicular aumenta en Portoviejo señala la (PORTOVIAL, 2013) y no hay planes inmediatos para contrarrestar esta problemática a la brevedad posible. Lo más próximo en las proyecciones de la municipalidad es la elaboración de un diagnóstico de la situación, como parte de las acciones que lleva



adelante para asumir esta competencia por mandato constitucional.

Sobre las acciones que lleva a cabo la autoridad vial en Portoviejo, (Choez, 2012), en su tesis manifiesta:

“Como una medida para mejorar el tránsito vehicular, la Municipalidad de Portoviejo tiene previsto implementar nuevos ejes viales dentro de la ciudad, entre ellos está la necesidad de prolongar la calle Ricaurte hacia el sur hasta empatar con la Calle Puerto Real y llegar hasta la Vía a Santa Ana, que incluye la construcción del Puente Puerto Real, lo que permitirá encausar el tránsito de la zona central con destino a la parte sur de la ciudad y viceversa, reducir los problemas del tránsito que se presentan en la zona central y generar nuevas alternativas de rutas para cubrir los diferentes orígenes y destinos.”

Señala la Policía Nacional de Manabí (Policía Nacional de Manabí, 2011) manifiesta que:

“...que más atrás, en la intersección de la América con la Av. del Ejército, los carros que vienen desde la Av. Metropolitana invaden vía y rebasan a los enfilados en su derecha, para ganarles antes de que cambien de luz los semáforos. Muchas veces no logran su cometido y se encuentran con los vehículos que vienen en sentido contrario y con el verde a su favor.”

Así es Portoviejo, es la segunda ciudad con el tránsito más caótico del país, después de la capital Quito, según un estudio de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO, 2012), que además determinó que la tasa anual de crecimiento del parque automotor es del 12%, y son justamente las violaciones a las normas de tránsito, el creciente número de carros y las calles en mal estado, los factores que complican el ya convulsionado tráfico vehicular.

2.3.3.4. La capacidad.



Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo. (Chocontá, 2009)

Se concluye que, la demanda es una medida del número de vehículos (o personas) que esperan ser servidos, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad). Cuando la demanda es menor que la capacidad, el volumen es igual a la demanda, por lo que los conteos o aforos que se realicen, son mediciones de la demanda existente. Una vez conocido el concepto de volumen de tránsito, matemáticamente se lo expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículo/período)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = período determinado (unidad de tiempo)

Otros parámetros que se utilizan son: Tránsito anual (TA), el Tránsito promedio diario anual (TPDA), el Volumen horario en la hora pico (VHP), el Factor de hora pico (FHP), expresados de la siguiente manera:

TA = número de vehículos que pasan en un año (T= 1año)

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad \text{Ec. 2}$$



CAPÍTULO III

ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. MÉTODOS

3.1.1. Modalidad y Tipo de metodología

Se utilizaron las Modalidades de Campo y de Gabinete:

3.1.1.1. Campo

Se filmaron videos mediante la ubicación dos cámaras que grabaron el tránsito las 24 horas del día entre los días viernes 13 y jueves 19 de noviembre de 2015.

En lo que respecta a la parte geométrica, fue posible conseguir una foto reciente tomada desde un “Dron” municipal la misma que permitió, ayudado por un levantamiento a cinta in situ, determinar la escala correspondiente y comprobando su exactitud. De tal manera que se pudo graficar con gran aproximación en un plano la forma geométrica y dimensiones de la intersección, así como también los detalles tales como señalización y ubicación de postes para energía eléctrica y otros, lo cual fue corroborado con la visita in situ realizada. También se realizó una nivelación de los ejes de las dos avenidas dando como resultado pendientes menores al 0,25% lo cual es imperceptible y que no afecta a los cálculos ni a los diseños de tránsito.

En cuanto a los semáforos, se tomó en cuenta la ubicación de los cuatro existentes y con un cronómetro se midió la magnitud de cada una de los tiempos de verde, ámbar y rojo de cada una de las cuatro fases existentes, las mismas que se observó funcionan en forma coordinada, secuencial y en sentido contrario al reloj.

En lo que respecta a los giros, esto también fue observado in situ y fue comentado en el capítulo 1; además se observó la facilidad que existe de poder



girar con la debida precaución hacia la derecha con luz roja por el encauzamiento entre el bordillo y la isla.

El tema de la señalización también fue observado in situ, notándose que no hay ninguna, ni vertical ni horizontal, de tal manera que en las recomendaciones se

3.1.1.2. Gabinete

Con la colaboración de cuatro estudiantes de arquitectura de la Universidad San Gregorio, observando los videos, se realizó el conteo de la cantidad y tipo de vehículos que pasaba por cada una de las ocho estaciones, ubicadas en el Gráfico 4, y el destino que tomaban cada uno de esos vehículos; este conteo se lo iba pasando en las hojas de registro que se les proporcionó,

Llenadas las hojas de registro, los datos resumidos fueron pasados a tablas de Excel previamente diseñadas en formato de cada hora entre las 00:00-07:00 y 19:00-24:00, y cada 15 minutos entre las 07:00-19:00.

Hechas las sumatorias correspondientes, se pasó a otra tabla en la que aparecen los totales diarios, lo que sirvió para el cálculo del TPDA, el mismo que servirá para proyectar el volumen de tráfico actual a 5, 10, 15 y 20 años.

El paso siguiente es determinar las horas de mayor volumen de tráfico en cada estación de cada día a fin de encontrar la “hora pico”, lo que servirá de base para todos los cálculos de las opciones que se propongan para mejorar las condiciones de tráfico de la intersección.

Se utilizaron textos, revistas, folletos, páginas de internet, tesis de grados similares, artículos de prensa, ordenanzas municipales, normas NEVI 2012, normas del MTOP, normas del HCM, normas del Geometric Design of Highways and Streets de la ASSHTO, todos realizados y referidos al tema materia de este documento para tener una base técnica de los parámetros y métodos utilizados.



3.2. PROCESO DE CÁLCULOS

Con los datos de la geometría de la intersección, los volúmenes obtenidos tanto numérico como el tipo de vehículos, los giros, tiempos de fases semaforicas y los demás necesarios para analizar el comportamiento del tráfico de la intersección.

Se calculará la hora pico, las demoras y el nivel de servicio de la “situación actual”, o sea el día de mayor volumen que resultó ser el lunes 16 de noviembre. Se calcularán los tiempos optimizados de las fases sometiendo los datos al simulador Synchro 8; este proceso se lo hará con proyección a 5, 10, 15 y 20 años. Esto servirá para calcular el consumo de combustible y su diferencia entre el existir o no un paso elevado vehicular, de ser necesario de acuerdo al análisis posterior que se realice. También se analizarán otras opciones de solución al congestionamiento, tales como programar otros sistemas de fases, cancelar el área de estacionamiento en la cuadra de acceso de la Av. Del Ejército y de ser posible transformarla en tres carriles. Se analizarán las opciones mencionadas y se desarrollarán las conclusiones necesarias.

3.2.1. Conceptualización de las Variables

Proyecto de Tránsito Vial Urbano: Se refirió al análisis y diseño producto del estado actual del nivel de servicio (LOS), determinándolo de acuerdo a las técnicas de la ciencia actual de este tipo de actividad.

Mejoramiento del Nivel de Servicio: Ejecutando las actividades técnicas y económicas apropiadas, amigables con el ambiente y con las características socio culturales de los usuarios.

3.2.2. Conceptos de varios términos técnicos utilizados

3.2.2.1. Volumen de aproximación

El tráfico que entra en un carril o grupo de carriles.



3.2.2.2. Fase

Tiempo simultáneo en segundos de la suma de tiempos de luz verde más ámbar y más roja perteneciente a uno o varios sentidos de una intersección.

3.2.2.3. Ciclo

Tiempo en segundos de la secuencia completa de todas las fases.

3.2.2.4. Giro Permitido

Cuando el vehículo que gira tiene que ceder el paso a otro que viene en sentido opuesto o a bicicletas o peatones.

3.2.2.5. Giro Protegido

Cuando el vehículo que gira lo hace con absoluta libertad, sin que se encuentre con puntos de conflicto.

3.2.2.6. Flujo de saturación

Es el máximo número de vehículos que pueden circular por un carril o grupo de carriles que tienen derecho de tránsito cuando la luz es verde.

Es la tasa de flujo horaria a la cual pueden atravesar los vehículos, haciendo cola bajo condiciones prevaletientes, asumiendo que la señal de verde está disponible, y no existan pérdidas iniciales. Es la capacidad del carril durante la fase de verde.

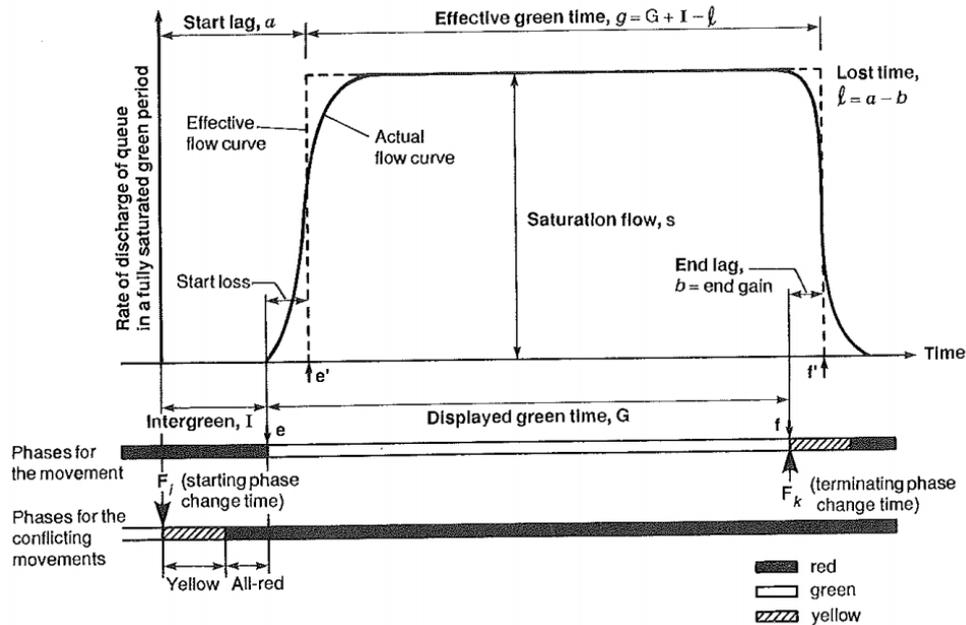


Figura 7. Modelo básico del flujo de saturación

Fuente: Rahmi Akcelik, *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*

3.2.2.7. Verde efectivo

Es el tiempo calculado en la siguiente fórmula:

$$g_i = G_i + ff' - ee' \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

g_i = verde efectivo

G_i = tiempo de verde

ff' = ganancia final

ee' = pérdidas iniciales

El tiempo de verde es el programado y es el tiempo en que la luz verde está encendida; la ganancia final es el tiempo utilizado por los conductores



apurados que aprovechan parcialmente el ámbar para cruzar la intersección; y la pérdida inicial es el tiempo en que demoran en arrancar, en especial el primer vehículo en espera del verde. En resumen, existe un tiempo que se pierde en el inicio y se lo recupera al final.

3.2.2.8. Tiempo entreverde

Es la suma del tiempo del ámbar más el tiempo del todo rojo, permite que se despeje la intersección, pues todos los vehículos deben estar sin movimiento.

3.2.2.9. Tiempo perdido

En este lapso ningún vehículo realiza algún movimiento, y es igual a:

$$Li = t_{ev} + e' - ff' \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

Li = Tiempo perdido

t_{ev} = Tiempo entreverde

e' = Pérdida inicial

ff' = Ganancia final

3.2.2.10. Capacidad de una aproximación (Q)

Es el máximo flujo que puede atravesar una intersección, dadas las condiciones prevalecientes y el verde efectivo asignado por ciclo para cada movimiento. Es el máximo volumen de vehículos que va a atravesar.

$$Q = S * \frac{g}{c} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:



S = flujo de saturación (Base = 1900 veh/hora por carril (HCM 2000 16-1))

g = verde efectivo del grupo de carriles (s).

c = longitud del ciclo (s).

Q = Es la cantidad de vehículos que pueden pasar durante una hora-

3.2.2.11. Tiempos del semáforo

Se los calcula siguiendo una serie de pasos. Primeramente se determinan la cantidad de fases de acuerdo a la “situación actual”; luego los tiempos de cada fase. Esto se lo puede graficar y con métodos expuestos en los textos de Cal y Mayor o en N. Garber se los puede optimizar; también se los puede optimizar en programas informáticos como el Synchro 8, cuyo funcionamiento, datos de entrada y de salida se explicará más adelante.

3.2.2.12. Condiciones geométricas

Se refieren a las medidas de planimetría y altimetría que arrojan el levantamiento topográfico realizado y apoyados por fotografías aéreas. De acuerdo a estas operaciones se determinan el ancho de carriles, de parterres, pendientes de las vías, ubicación de semáforos y señalización horizontal y vertical, paradas de bus.

3.2.2.13. Características de la direccionalidad del tránsito

Se identifican y determinan las direccionalidades del flujo vehicular, o sea hacia dónde y de qué forma se dirigen los vehículos después que cruzan la intersección. Se realiza un esquema al respecto para ordenar y realizar el conteo de acuerdo a estas direccionalidades.

3.2.2.14. Composición del tráfico



Se divide el tráfico de acuerdo el tipo de vehículo, esto es, en el presente análisis, en motocicletas, livianos, buses, camiones de uno, dos y tres o más ejes.

3.2.2.15. Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD) o Factor de Hora Pico (FHP)

Es el máximo volumen por hora que se calcula en un carril medido consecutivamente.

$$\text{FHMD o FHP} = \frac{\text{VHMD}}{N} * q_{\text{max}} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los períodos ($q_{\text{máx}}$) durante la hora pueden ser 5, 10, 15 minutos, utilizando el de 15 en la mayoría de los casos como lo es el presente.

Entonces:

$$\text{FHMD o FHP} = \frac{\text{VHMD}}{4} * q_{\text{max15}} \quad \text{Ec. 7}$$

Por lo tanto, obtenemos dentro de la hora de máxima demanda, volúmenes cada quince minutos y escogemos el mayor ($q_{\text{máx}}$).

3.2.2.16. Demoras

Se calcula la demora media que experimentan los vehículos que llegan a la intersección en el período de análisis (seg/veh), incluidas las demoras que ocurren antes de éste, y cuando el grupo de carriles se sobresaturan. La demora total por vehículo para cada grupo se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = d1 \text{ (PF)} + d2 + d3 \quad \text{Ec. 8 (HCM 2000)}$$

Dónde:



d_1 = demora uniforme, se supone que los vehículos llegan en cantidades iguales en el mismo período.

$$d_1 = \frac{0.5 C \left(1 + \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min\left(1, X\right) \frac{g}{C}\right]} \quad \text{Ec. 9 (HCM 2000)}$$

Donde:

d_1 : demora uniforme (s/veh).

C: longitud del ciclo (s).

g: verde efectivo para el grupo (s).

X: grado de saturación para el grupo (%).

PF: ajuste por tipo de progresión (dispersión).

P: proporción de vehículos que arriban en verde.

f_{pa} : ajuste adicional por pelotón arribando en verde

PF = factor de ajuste de demora uniforme para la calidad de avance.

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad \text{Ec. 10 (HCM 2000)}$$

Estos valores de PF se los puede obtener de la siguiente tabla del HCM 2000



EXHIBIT 16-12. PROGRESSION ADJUSTMENT FACTOR FOR UNIFORM DELAY CALCULATION						
Green Ratio (g/C)	Arrival Type (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
f_{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Default, R_p	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Notes:
 $PF = (1 - P)f_{PA}/(1 - g/C)$.
 Tabulation is based on default values of f_{PA} and R_p .
 $P = R_p * g/C$ (may not exceed 1.0).
 PF may not exceed 1.0 for AT 3 through AT 6.

Tabla 2. Factor de ajuste progresivo para el cálculo de demoras uniformes

Fuente: HCM 2000

d_2 = demora incremental, para llegadas aleatorias, ciclos con sobreflujo y períodos de sobresaturación.

$$d_2 = 9000T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right] \quad \text{Ec. 11 (HCM 2000)}$$

Dónde:

d_2 : demora incremental (s/veh.).

C: capacidad del grupo.

X: grado de saturación para el grupo.

T: período de análisis (1 h.).

l: filtro señales anteriores (1.0 para aisladas). Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba

d_3 = demora por cola inicial o de la demanda residual.



$$d_3 = \frac{1800Q_b - (1+u)t}{cT} \quad \text{Ec. 12 (HCM 2000)}$$

Dónde:

Q_b = cola inicial al principio del periodo T (veh.).

c = capacidad (veh./h).

T = duración del periodo de análisis (0,25 h).

t = duración de la demanda insatisfecha (h).

u = parámetro de demora

3.2.2.18. Demoras en la Intersección

Se determina como un promedio ponderado de las demoras en todos los accesos de la intersección, según la siguiente ecuación:

$$dI = \frac{\sum_{i=1}^I (d_A V_A)}{\sum_{i=1}^I V_A} \quad \text{Ec. 13}$$

Dónde:

I = número de acceso de la intersección I

d_I = demora en la intersección I (s/veh)

d_A = demora en el acceso A (s/veh)

V_A = volumen ajustado del acceso A (veh/h)

3.2.2.19. Demoras por peatones

Se calculan en base al tiempo de rojo que tienen los peatones para pasar con respecto al ciclo. Según la siguiente fórmula:



$$d_p = \left(\frac{r_p}{C} \times \frac{r_p}{2} \right) = \frac{r_p^2}{2C} \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

r_p = rojo para peatones.

C = longitud del ciclo.

La demora total por peatones, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$d = \sum q_p d_p \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

d = Demora total en personas-hora.

d_p = demora en s/peatones.

q_p = flujo de peatones.

3.3. GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

Los volúmenes de tránsito determinarán las opciones que se den para que el nivel de servicio sea mejorado, y en caso de que sea necesario construir un puente elevado vehicular, se utilizarán los siguientes conceptos y recomendaciones técnicas.

3.3.1. Pendiente longitudinal

Es la pendiente de la rampa de acceso vehicular a la estructura del puente elevado que se propondrá como solución al alto congestionamiento en la intersección materia de este documento. Este dato se lo obtendrá después de un análisis a varios textos, normas y tesis publicadas al respecto tales como. Normas MOP 1986, Norma de Diseño Geométrico de carreteras del



MTOP 2003, Tesis Albán 2016, Diseño Geométrico de Carreteras de Benítez, y Geometric Design of Highways and Streets de la Aashto.

3.3.2. Gálibo o distancia vertical libre

Altura desde la rasante de la vía hasta la parte inferior de la viga de la estructura del puente elevado vehicular. Este dato se lo obtendrá también de textos y normas tales como: . Normas MOP 1986, Norma de Diseño Geométrico de carreteras del MTOP 2003, Tesis Albán 2016, Diseño Geométrico de Carreteras de Benítez, Geometric Design of Highways and Streets de la Aashto, Normas NEVI-2012 y del Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 de Señalización Vial.

3.3.3. Cimentación, pilas, muros y vigas

Para el dimensionamiento de la cimentación, que incluyen las zapatas de los muros de contención del relleno de rampas, y las zapatas de las pilas se utilizarán los conceptos del reglamento ACI-318 y de la norma ecuatoriana NEC-14, así como también para los espesores de las pantallas de los muros y las vigas que van a sostener la losa del puente. Las dimensiones que se determinen quedarán a nivel de pre dimensionamiento.

3.4. GASES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE

3.4.1. Gases contaminantes

Los gases que emiten los motores de combustión interna de gasolina y diesel son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Los inofensivos están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los contaminantes están formados, principalmente, por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo.

En el presente documento y mediante una base técnica y científica se calculará el volumen de emisiones peligrosas en cada carril y en la



intersección, mediante fórmulas existentes en textos y publicaciones, en base al volumen de vehículos que transitan por la intersección.

3.4.2. Consumo de combustible

Se puede calcular automáticamente en el software del simulador Synchro 8 el consumo de combustible por cada carril o sentido de la intersección en la hora pico de la fecha de conteo, luego a los años 2020, 2025, 2030 y al 2035 para hallar un estimado del ahorro de combustible al construir la estructura elevada para mejorar el nivel de servicio en cada carril y en la intersección.

3.5. METODOLOGÍA DE CÁLCULOS

Se realizaron cálculos para la determinación de los tiempos verdes efectivos, demoras y del nivel de servicio (LOS) en la hora pico del día de mayor volumen de tránsito entre el viernes 13 y el jueves 19 de noviembre de 2015, con el tiempo optimizado por el Synchro 8 en la fecha y hora citada, también el (LOS) con opciones como de aumentar carriles, disminuir a tres fases, proyectado a 5, 10, 15, y 20 años simulando la existencia o no de un paso elevado sobre la Av. América; el diseño geométrico de un paso elevado vehicular como solución a la congestión en el futuro, y el consumo de combustible de cada carril y de la intersección.

En esta parte del presente documento, se explicarán los pasos que se han dado para obtener los resultados cualitativos y cuantitativos que arroja el análisis del tráfico de la intersección escogida. Este se apoya en los métodos propuestos por Highway Capacity Manual (HCM 2000), (Manual de capacidad de carreteras), y del Transportation Research Board, (Comisión de Investigación del Transporte).



Los sistemas viales de circulación discontinua, como lo es la intersección del presente análisis, producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito mediante la utilización de semáforos, señales de alto y otros tipos de regulación. Dependiendo del tipo de infraestructura a analizar se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad.

Se realizó la inspección in situ que permitió establecer la ubicación de las cámaras que grabarán el tránsito las 24 horas del día durante siete días. Así como determinar las condiciones geométricas de la intersección mediante un levantamiento topográfico y dibujo ampliando el área de manera que se aprecie muy bien la zona.

Al analizar las condiciones de tránsito de la intersección, se ejecutaron las siguientes tareas:

1. Escogimiento de los días en que se hará el conteo para determinar el día de máximo volumen de tránsito.
2. Determinación del período de los días en el cual se va a realizar el conteo del volumen del tránsito.
3. Determinar las condiciones de los semáforos tanto en los tiempos del ciclo como de las fases.

Para calcular la hora de máxima demanda, es decir la denominada “hora pico” del día de mayor volumen, y también calcular el factor de hora pico (FHP), para lo cual previamente se debieron establecer los volúmenes de tránsito por cada sentido y luego por cada dirección o giro.

Utilizando la siguiente fórmula, donde:

$$FHP = \frac{VHP}{4V15.máx} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:



VHP: volumen de vehículos en la hora pico

V15máx: volumen máximo en durante un período 15 minutos dentro de la hora pico.

La realización de los cálculos correspondientes con la finalidad de determinar el flujo de saturación ideal con los ajustes correspondientes, el cálculo de las capacidades por grupo de carriles, la relación v/c (volumen sobre capacidad), las demoras y determinación del "Nivel de Servicio" de cada sentido del tránsito y de la intersección. Esto de acuerdo a la teoría expresada en Cal y Mayor y basado en el HCM 2000.

Módulo del flujo de saturación, puede determinarse mediante estudios de campo y calcularse con la siguiente expresión:

$$S = S_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

S = flujo de saturación ajustado para el grupo de carriles veh/h.

S_o = flujo de saturación base por carril 1900 (veh/hora/carril), según el HCM 2000. Lo que significa que bajo condiciones ideales, es decir se tiene la geometría adecuada, no existe presencia de vehículos pesados, no hay giros, no está en una zona céntrica, no existen estacionamientos, etc.).

N = número de carriles del grupo de carriles.

f_w = **factor de ajuste por ancho de carriles**. Un carril estándar es de 3.60 metros, cualquier carril con un ancho menor al ancho estándar va a producir un factor menor que 1. Este factor depende de la geometría existente.

f_{HV} = **factor de ajuste o equivalencia por vehículos pesados**. Un vehículo pesado tiene un intervalo mayor, y por lo tanto un flujo menor. Es uno de los factores más significativos.



fg = factor de ajuste por pendiente o gradiente del acceso. Depende de la gradiente de las vías que al cruzarse forman la intersección.

fp = factor de ajuste por maniobras de estacionamiento o parqueo adyacente al grupo de carriles: Cada evento de estacionamiento genera dos maniobras de parqueo (una al estacionarse y la otra al partir), dependiendo si es que el parqueo tenga un nivel alto de rotación. Existen valores típicos recomendados del número de maniobras según el tipo de vía, cuando se trata de un solo carril éste está entre 16 y 32, y cuando se trata de dos carriles se encuentra entre 8 y 16. Se considera hasta los 50 metros de la línea de pare.

fbf = factor de ajuste por bloqueo de buses. Que paran en el área de la intersección. Se considera hasta 75 metros antes o después de la línea de pare.

fa = factor de ajuste por tipo de área o ubicación.

fLU = factor de ajuste por utilización de carriles: Está en función de cuanto es utilizado el carril que está dentro del grupo, ya que no todo el tráfico se distribuye por igual en cada uno de los carriles, es decir no tienen una distribución uniforme.

fLT = Factor de ajuste por giros a la izquierda. En caso de contar con grupos que tengan giros compartidos. Es el más complejo de todos, existiendo una metodología específica para la determinación de este factor en el anexo de Capítulo XVI del HCM.

fRT = factor de ajuste por giros a la derecha.

fLpb = factor de ajuste por peatones y bicicletas: Para vueltas vehiculares a la izquierda. Aplicable en sitios en los cuales los peatones tienen preferencia.

fRpb = factor de ajuste por peatones y bicicletas: Para vueltas vehiculares a la derecha.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACTOR	FÓRMULA	DEFINICIÓN DE VARIABLES	NOTAS			
Ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{W-3,6}{9}$	W = ancho de carril (m)	W ≥ 2,4m Si W ≥ 4,8 m, analizar como dos carriles			
Vehículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(ET - 1)}$	%HV = porcentaje de vehículos pesados del grupo.	ET = 2 – 2,5 autos/pesado			
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G = porcentaje de pendiente del acceso.	-6 ≤ %G ≤ + 10 Negativa en descenso			
Estacionamiento	$f_p = \frac{N - 0,1 - 18Nm/3600}{N}$	N = número de carriles del grupo. N _m = número de maniobras de estacionamiento.	0 ≤ Nm ≤ 180 f _p ≥ 0,050 f _p = 1.000 para sin estacionamiento.			
Bloqueo de Buses	$F_{bb} = \frac{N - 0,1 - (\frac{18Nm}{3600})}{N}$	N = número de carriles del grupo. N _b = número de buses que paran por hora.	0 ≤ N _b ≤ 250 F _{bb} ≥ 0,050			
Tipo de Área	f _a = 0,900 en CBD zonas centrales f _a = 1.000 en otras áreas.	CBD = Distrito Central de Negocios (centro de la ciudad).				
Utilización de Carriles	$f_{LU} = \frac{v_g}{v_{g1} N}$	V _g = tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril (veh/h) V _{g1} = tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen más alto del grupo N = número de carriles del grupo	MOVIMIENTOS	N	% v_{g1}	fLU
			Directos o Compartidos	1 2 3	100 52.5 36.7	1 0.952 0.908
			Giro Izquierdo exclusivo	1 2	100 51.5	1 0.971
			Giro Derecho exclusivo	1 2	100 56.5	1 0.885
Vueltas a la Izquierda	Fase Protegida: Carril Exclusivo : f _{LT} = 0,95 Carril Compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1,0+0,05 PLT}$ Ajuste por giros izquierdos (método simplificado giros no protegidos) $FE = \frac{1800}{1400 - V_0}$ $f_{LT} = \frac{1}{1,0 + PLT(FE-1)}$	PLT = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles. V ₀ = Flujo opuesto	Carril compartido, exclusivo, giros permitidos, procedimiento especial anexo c16-1 HCM Ajuste por giros izquierdos (método simplificado giros no protegidos) Asumir cada vehículo giro a la izquierda igual a: FE = 1.75 vehículos ó Calcularlo en función del flujo opuesto			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Vueltas a la Derecha	Carril Exclusivo: $f_{RT} = 0,85$ Carril Compartido : $f_{RT} = 1.0-0.15 PRT$ Carril Simple: $f_{RT} = 1.00.135PRT$	$PRT =$ proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles.	$f_{RT} = 0.050$
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste: LT $f_{Lpb} = 1.0-PLT (1-A_{pbT})(1-PLTA)$ Ajuste: RT $FR_{pb} = 1.0-PRT (1-A_{pbT})(1-PRTA)$	$PLTA =$ proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles $A_{pbT} =$ ajuste a la fase permitida. $PLTA =$ proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase protegida $PRTA =$ proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles $PRTA =$ proporción de vueltas a la derecha que usan la fase protegida	Refiérase al Apéndice D del capítulo 16 del HCM 2000 para el cálculo paso a paso de los factores de ajuste.

Tabla 3. Factores de ajustes de la ecuación del flujo de saturación

Fuente: HCM 2000

Una vez calculado el flujo de saturación, se puede diseñar la intersección, es decir determinar el tiempo de las fases y por ende del ciclo.

También se utilizó en los cálculos la relación v/c (volumen sobre capacidad) (HCM 2000), resultado de la misma que en el caso de ser 1,0 representa que el acceso intersección por cualquier carril o grupo está saturado. Además se utilizó la siguiente fórmula (HCM 2000):

$$Y_i = v/s \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

$Y_i =$ razón de flujo

$v =$ volumen veh/h

$s =$ flujo de saturación



Seguido por la comprobación del cálculo realizado mediante del uso del simulador Synchro 8, en el cual también se determina el “Nivel de Servicio” (LOS), y se lo realizó para el año 2015 (toma de datos), 2020 (año de posible terminación de la construcción del paso elevado), 2010, 2015, 2020, 2030 y 2035.

Una vez obtenidos los resultados de Niveles de Servicio no deseados como E o F, se debieron analizar posibles soluciones como el de optimización de tiempos en los semáforos de acuerdo a las fases, y de no mejorar los niveles de servicio se debe optar por soluciones como es construcción de un paso elevado vehicular.

3.6. CÁLCULO DE TIEMPOS

El tiempo entreverde se encuentra en función del tiempo ámbar y de todo rojo, más un tiempo de percepción, por lo tanto está en función de la velocidad de los vehículos que circulan por la intersección, del ancho de la misma y la longitud de la vía.

En definitiva, lo que se busca es que la intersección, en cada carril, quede libre de vehículos. La siguiente fórmula es la expresada por (Correa, 2012)

$$T_{ev} = T + \left(\frac{V}{2a+2Gg} \right) + \frac{w+1}{V} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

T = tiempo de percepción-reacción 1s. (Esperado).

V = velocidad del vehículo kph.

A = desaceleración 3.05 m/s²

G = gradiente (%).



$G =$ gravedad 9.8 m/s^2

$W =$ ancho intersección m.

$l =$ longitud de un vehículo 6.10 m .

Mientras, que los volúmenes de tránsito debieron ser proyectados hasta 20 años, es decir al 2035, mediante el escogimiento del método, entre los que se presentan en el manual HCM-2000, y autores como N. Garber y Car y Mayor, método que los tiene en su interior el software del Synchro 8.

Una vez obtenidos el nivel de servicio (LOS), se optimizaron los tiempos de las fases del sistema semaforizado y de no ser admisible este parámetro, se analizaron otras probables opciones técnicas de la solución al congestionamiento tales como rutas alternas u obras de infraestructura como por ejemplo el análisis, diseño y construcción de un paso elevado basado en las normas ya citadas.

3.7. EL SIMULADOR SYNCHRO 8

Es un programa informático gráfico y dinámico que sirve para observar lo que sucede o puede suceder en una vía, una intersección o varias intersecciones en lo que al movimiento de los vehículos se refiere. Todo depende de lo que el usuario desee. Es un software que sirve para modelar, optimizar, gestionar y simular sistemas de tráfico.

Los datos de entrada que necesita este software, entre otros, son: Datos geométricos y topográficos de la intersección, tales como: las pendientes de la vía y ángulos entre ellas, ancho de las vías, radios de giro de las esquinas, ancho de parterres o divisores de vía y carriles, ancho y sentido de carriles, volúmenes de tráfico por hora con indicaciones del tipo de vehículos, número de fases semaforicas, tiempos de los componentes de las fases, orden de inicio de cada fase, velocidad permitida en la vía y en los giros, giros permitidos, cantidad de peatones que cruzan en cada sentido.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Los datos que se ingresan en el simulador son procesados por éste y son aplicadas las fórmulas del HCM2000 que se han escrito en este documento en líneas anteriores, así lo expresa su manual.

Las respuestas que entrega el programa son, entre otras: tiempo verde efectivo, relación v/c, demoras en cada sentido y en la intersección, el nivel de servicio (LOS) en cada sentido y en la intersección, vehículos parados por hora por efectos de luz roja, combustible utilizado en cada hora por cada sentido, emisiones de CO, NO_x, VOC en galones por hora en cada sentido. También el programa puede optimizar los tiempos de las fases y dar nuevamente las respuestas anotadas con dichos tiempos optimizados.

Se puede observar objetivamente el movimiento vehicular y diferenciar los cambios que se producen al cambiar los datos de entrada principalmente del volumen por hora en cada período que proyectemos.

En el caso presente se realizaron simulaciones con el tráfico en tiempo presente, optimizado este, proyectado a 5, 10, 15 y 20 años asumiendo la existencia y la no existencia de un paso elevado, además otras opciones que serán descritas en el próximo capítulo..



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

4.1 TOMA DE DATOS

Para este efecto, se ubicaron dos cámaras de grabación del tránsito, la denominada número 1 grabó lo que sucedía en los sentidos SE-NW y NE-SW y la denominada 3 grabó los sentidos NW-SE y SW-NE. Se puede observar en la esquina superior izquierda que el video posee un cronómetro digital para utilidad del conteo horario.



Foto 4. Imagen captada por cámara 1



Foto 5. Imagen captada por cámara 3



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la siguiente tabla se anotaron los datos de las lecturas que se iban observando de los videos grabados por las cámaras ya mencionadas. Los observadores de los videos iban contando en lapsos de una hora entre las 00:00 y 07:00, y desde las 19:00 hasta las 24:00; y cada quince minutos entre las 07:00 y las 19:00 en un formulario como el que se presenta a continuación.

CALLE			
SENTIDO			
FECHA			
HORA			
			
MOTOCICLETA			
LIVIANO			
BUSES			
CAMION LIVIANO			
CAMION PESADO			
TANDEM			
TRIDEM			

Tabla 4. Formulario para anotar la cantidad de vehículos en un período determinado

El resumen de estos datos tomados de las cámaras se los pasó a un formulario preparado en Excel como el que se aprecia a continuación.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

RESUMEN DE CONTEO DE VOLUMENES VEHICULARES SENTIDO S-N																		
INTERSECCIÓN: AV. DEL EJERCITO Y AMERICA												ESTACIÓN 1						
FECHA: viernes 13/11/2015																		
ENCUESTADOR:																		
HORA	←						↑						→					
	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	CAMIONES DE TRES O MAS EJES	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	CAMIONES DE TRES O MAS EJES	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	CAMIONES DE TRES O MAS EJES
00:00-00:15																		
00:15-00:30																		
00:30-00:45																		
00:45-01:00																		
01:00-01:15																		
01:15-01:30																		
01:30-01:45																		
01:45-02:00																		
02:00-02:15																		
02:15-02:30																		
02:30-02:45																		
02:45-03:00																		
03:00-03:15																		
03:15-03:30																		
03:30-03:45																		
03:45-04:00																		
04:00-04:15																		
04:15-04:30																		
04:30-04:45																		
04:45-04:00																		
05:00-05:15																		
05:15-05:30																		
05:30-05:45																		
05:45-06:00																		
06:00-06:15																		
06:15-06:30																		
06:30-06:45																		
06:45-07:00																		
07:00-07:15																		
07:15-07:30																		
07:30-07:45																		
07:45-08:00																		
08:00-08:15																		
08:15-08:30																		
08:30-08:45																		
08:45-09:00																		
09:00-09:15																		
09:15-09:30																		
09:30-09:45																		
09:45-10:00																		
10:00-10:15																		
10:15-10:30																		
10:30-10:45																		
10:45-11:00																		
11:00-11:15																		
11:15-11:30																		
11:30-11:45																		
11:45-12:00																		
12:00-12:15																		
12:15-12:30																		
12:30-12:45																		
12:45-13:00																		
13:00-13:15																		
13:15-13:30																		
13:30-13:45																		
13:45-14:00																		
14:00-14:15																		
14:15-14:30																		
14:30-14:45																		
14:45-15:00																		
15:00-15:15																		
15:15-15:30																		
15:30-15:45																		
15:45-16:00																		
16:00-16:15																		
16:15-16:30																		
16:30-16:45																		
16:45-17:00																		
17:00-17:15																		
17:15-17:30																		
17:30-17:45																		
17:45-18:00																		
18:00-18:15																		
18:15-18:30																		
18:30-18:45																		
18:45-19:00																		
19:00-19:15																		
19:15-19:30																		
19:30-19:45																		
19:45-20:00																		
20:00-20:15																		
20:15-20:30																		
20:30-20:45																		
20:45-21:00																		
21:00-21:15																		
21:15-21:30																		
21:30-21:45																		
21:45-22:00																		
22:00-22:15																		
22:15-22:30																		
22:30-22:45																		
22:45-23:00																		
23:00-23:15																		
23:15-23:30																		
23:30-23:45																		
23:45-24:00																		

Tabla 5. Formulario para anotar el resumen de la cantidad de vehículos en un período determinado



4.2. CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.2.1. Cálculos en base a datos tomados de la “situación actual”

Se ubicaron imaginariamente ocho estaciones que consisten en los puntos referenciales del paso de cada vehículo los cuales al hacerlos son motivo de conteo de acuerdo a su tipo y hacia donde se dirigen.

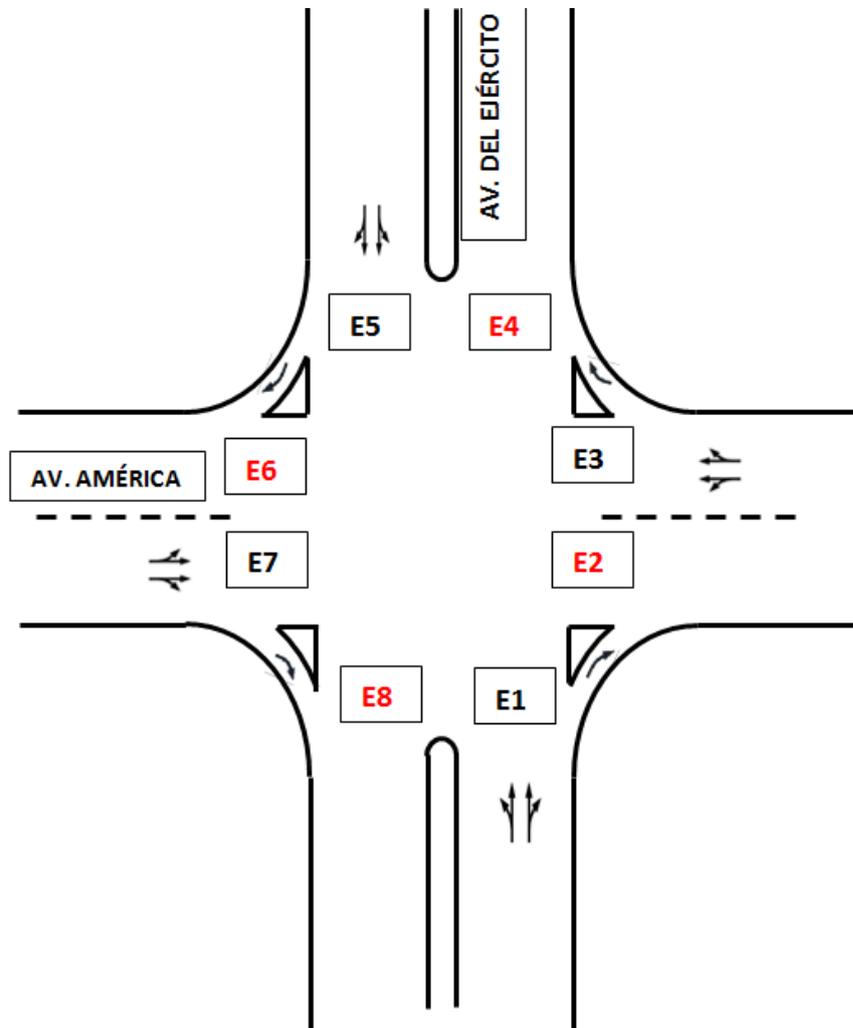


Gráfico 4. Ubicación de las estaciones



Una vez realizados los conteos de los siete días ya determinados, se tuvieron los siguientes resultados:

RESUMEN DE TRAFICO SEMANAL POR TIPO DE VEHICULO DE 00:00 A 24:00 HORAS

Día	Motos	Livianos	Camiones			Total	%	
			Buses	C. Liv	C. 2E			C. 3 o+E
Lunes 16	8.321	40.032	1.379	597	162	22	50.513	17,12%
Martes 17	7.694	33.871	1.335	452	230	20	43.602	14,78%
Miércoles 18	7.428	34.750	1.379	608	124	13	44.302	15,02%
Jueves 19	5.581	36.659	1.286	749	73	9	44.357	15,04%
Viernes 13	7.380	31.262	1.277	845	532	38	41.334	14,01%
Sábado 14	6.402	27.697	1.224	451	228	20	36.022	12,21%
Domingo 15	6.127	26.832	1.222	451	228	7	34.867	11,82%
Total	48.933	231.103	9.102	4.153	1.577	129	294.997	100,0%
%	16,59%	78,34%	3,09%	1,41%	0,53%	0,04%	100,0%	
	94,93%		%VP	5,07%				

Tabla 6. Volúmenes de tráfico diario del período viernes 13 al jueves 19 de noviembre

Nótese que el volumen vehicular mayor está el lunes 16 de noviembre y que la cantidad de motocicletas es importante.

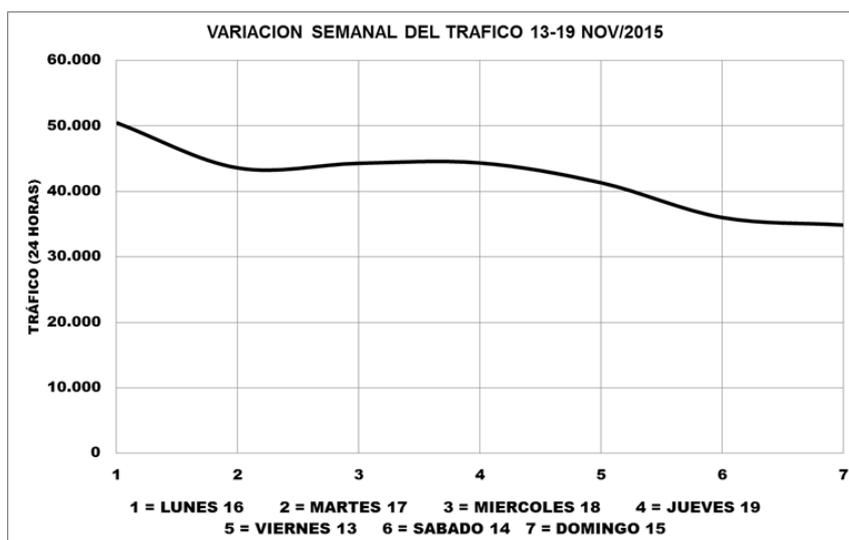


Gráfico 5. Variación del tráfico de acuerdo al día de la semana



Se observa que el lunes (1) es el día de mayor tráfico y el domingo (7) es el menor, esto debido a que se trata de una intersección donde la cruzan vehículos que se trasladan hacia el centro de la ciudad donde el tráfico mayor es en días laborables, pero no disminuye mucho en los fines de semana ya que por la intersección en análisis la cruzan los vehículos que ingresan y salen del centro de la ciudad, es decir que tiene un movimiento diario sostenido ya que entre el lunes de mayor tráfico y el domingo de menor tráfico hay aproximadamente 31% de diferencia; y el lunes con respecto al viernes de menor tráfico hay aproximadamente el 18% de diferencia lo cual no es muy significativo.

En cuanto a la variación por hora en los días acumulados de la semana, se puede observar en el siguiente gráfico que el tráfico mayor se da entre las 08:00 y las 20:00.



Gráfico 6. Variación horaria del tráfico acumulado en la semana



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El resumen de conteo del lunes 16 de noviembre de 2015 por cada hora entre las 00:00 y las 24:00, se muestran a continuación.

RESUMEN DE TRAFICO HORARIO EN LA INTERSECCION

Fecha: Lunes 16 -11-2015

Todas las Estaciones

Horas	Motos	Livianos	Camiones				Total
			Buses	C. Liviano	2 Ejes	3 o + Ejes	
00-01	103	577	1	2	0	0	683
01-02	101	731	3	1	0	0	836
02-03	133	861	6	0	0	0	1.000
03-04	220	924	6	0	0	0	1.150
04-05	225	1.072	10	5	0	0	1.312
05-06	272	1.299	15	4	0	0	1.590
06-07	329	1.681	47	10	0	0	2.067
07-08	405	1.905	92	32	5	0	2.439
08-09	366	1.712	115	36	6	0	2.235
09-10	449	1.674	108	37	5	0	2.273
10-11	296	1.888	111	61	12	0	2.368
11-12	372	2.008	102	65	15	4	2.566
12-13	507	2.119	93	54	4	1	2.778
13-14	469	2.081	105	54	6	0	2.715
14-15	426	2.051	103	62	11	1	2.654
15-16	445	2.081	110	63	7	4	2.710
16-17	398	2.088	88	44	15	2	2.635
17-18	478	2.294	105	25	33	0	2.935
18-19	536	2.651	92	24	36	10	3.349
19-20	502	2.380	35	9	0	0	2.926
20-21	434	1.988	14	4	5	0	2.445
21-22	358	1.737	6	4	2	0	2.107
22-23	269	1.313	6	0	0	0	1.588
23-24	228	917	6	1	0	0	1.152
Total	8.321	40.032	1.379	597	162	22	50.513
%	16,47%	79,25%	2,73%	1,18%	0,32%	0,04%	100,00%
%	95,72%		4,28%				100,00%

Tabla 7. Resumen de tráfico por cada hora de la intersección del día lunes 16 de noviembre de 2015



De la tabla anterior, se puede resumir lo siguiente:

- Motocicletas con 8321 unidades que representa el 16,47 %
- Número total de vehículos y motos que circulan por la intersección 50.513
- Livianos con 40.032 unidades que representa el 79,25 %
- Buses con 1.379 unidades que representa el 2.73 %
- Camiones con 781 unidades, donde están incluidos los camiones de 2 ejes hasta 6 ejes lo que representa el 1,54 %

Como ya se había notado que la cantidad de motocicletas es considerable, se ha revisado la base técnica para calcular un ponderado del “vehículo equivalente”, en los livianos habiendo encontrado lo siguiente:

A nivel nacional, el análisis de la motocicleta dentro de los estudios de tránsito se presenta en dos escenarios: uno en el cual la motocicleta no es tenida en cuenta en los análisis –al menos como porcentaje de un vehículo liviano-; y otro en el cual se utilizan equivalencias de motocicletas a vehículos livianos (sin saber de dónde se obtienen o por qué se usan). En ambos escenarios se está desconociendo el impacto de la operación de este medio de transporte dentro de las corrientes vehiculares. Un ejemplo de los factores empleados en Colombia se encuentra en ciudades como Medellín, en donde se utiliza un factor de 0,50 como equivalencia de una motocicleta con un vehículo liviano¹⁰ o en Manizales que se utiliza 0,75 (Agudelo, 2006).

¹⁰ Factor utilizado en Medellín por la Secretaría de Tránsito y Transportes para generar equivalencia de la motocicleta y se menciona en el documento del Carril Sólo Motos, prueba piloto de Septiembre de 2008.

Además (Nguyen C., Kazushi S., y otros, en “Estimating capacity and vehicle equivalent unit by motorcycles at road segments in urban road”) analizan lo que ellos denominan el MCU (Motorcycle equivalent unit) y concluyen lo siguiente:

“Los valores del MCU en vehículos livianos, buses, minibuses y bicicletas son 3.43, 10.48, 8.34, y 1.38, respectivamente”.



En virtud de que si se decide determinar un vehículo equivalente en base al “liviano” relacionado con motocicletas, también podemos relacionarlos con los vehículos pesados agrupando a este tipo los buses, camiones y vehículos de más de tres ejes.

Entonces, se calculará el total de los vehículos ponderando las motocicletas con un factor 0,50 y los vehículos pesados quedan con la misma cantidad ya que a simulador se lo carga con el porcentaje de vehículos pesados.

4.2.2. Determinación de la “hora pico”

La hora pico es el lapso de 60 minutos en que se produce la máxima demanda del tráfico, para este fin se debe seguir un procedimiento: Teniendo los volúmenes cada 15 minutos, se suman en una columna aparte y bajo una celda determinada, la sumatoria de cuatro cuartos de hora y así sucesivamente hacia abajo hasta determinar el volumen máximo para cada estación y el total.

RESUMEN DE LAS HORAS PICO EN CADA DIA DE LA SEMANA

DIA	HORA	VOLUMEN	Q15	VHD	FHP
LUNES	16 18:00-19:00	3349	912	3648	0,918
MARTES	17 18:00-19:00	2589	683	2732	0,948
MIERCOLES	18 18:00-19:00	2719	709	2836	0,959
JUEVES	19 17:00-18:00	2812	754	3016	0,932
VIERNES	13 12:30-13:30	2714	724	2896	0,937
SABADO	14 12:30-13:30	2141	551	2204	0,971
DOMINGO	15 14:45-15:45	2038	539	2156	0,945

Tabla 8. Determinación de la hora pico



De los datos que constan en la tabla anterior, se concluye que el flujo de tráfico mayor de 3.349 vehículos/hora que se da desde las 18H00 a las 19H00.

Además de la Tabla 8 se desprende que el Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD es 3.349 veh/h, siendo también este el Volumen Horario de Diseño, y que el $Q_{15}^{máx} = 912$ veh.

VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA PICO Lunes 16/11/2015							
	Motos	Livianos	Buses	Camiones Liviano	Camiones 2 Ejes	camiones 3 o + Ejes	Total
18:00-18:15	124	609	18	5	7	7	770
18:15-18:30	134	646	26	2	7	0	815
18:30-18:45	126	678	21	10	14	3	852
18:45-19:00	152	718	27	7	8	0	912
Total	536	2651	92	24	36	10	3349

Tabla 9. Volumen de tráfico en la hora pico incluidas las motocicletas

La cantidad de vehículos que transita por la intersección en la hora pico de 3349 veh, será disminuida luego en la matriz que representará los movimientos en las entradas pero sin las motocicletas.

RESUMEN MOVIMIENTOS DEL TRAFICO - Lunes 16/11/2017						
O \ D	E2	E4	E6	E8	Total	%
E1	551	6083	618		7252	14,36%
E3		929	8524	3520	12973	25,68%
E5	4886		1534	10593	17013	33,68%
E7	9721	1159		2395	13275	26,28%
Total	15158	8171	10676	16508	50513	100,0%
%	30,01%	16,18%	21,14%	32,68%	100,0%	

Tabla 10. Matriz origen-destino de movimientos diario del tráfico incluidas las motocicletas



De la Tabla 10 se desprende que las estaciones de entrada de la Av. América (E3 y E5) representan el 59,36% de los vehículos que se movilizan el día lunes 16 por la intersección, y también que las de salida (E2 y E6) de la Av. América movilizan el 51,15%.

En los volúmenes de la tabla anterior se muestran sumadas las motos como un vehículo más, pero debido al gran porcentaje (16,47%) se ha ponderado 2 motocicletas por un vehículo liviano quedando la tabla de la siguiente manera:

RESUMEN MOVIMIENTOS DEL TRAFICO - Lunes 16/11/2017						
O \ D	E2	E4	E6	E8	Total	%
E1	516	5699	567		6782	14,63%
E3		711	7976	3227	11914	25,70%
E5	4390		1381	9437	15208	32,81%
E7	9246	986		2220	12452	26,86%
Total	14152	7396	9924	14884	46356	100,0%
%	30,53%	15,95%	21,41%	32,11%	100,0%	

Tabla 11. Matriz de movimientos diario del tráfico ponderado en base al % de motocicletas

Los volúmenes de tabla anterior fueron reducidos a veh/h en la siguiente tabla, considerando la relación del volumen total en la hora pico 3.349 veh con relación del volumen total diario de 50.513 veh.



RESUMEN MOVIMIENTOS EN Hora Pico - Lunes 16/11/2017						
O \ D	E2	E4	E6	E8	Total	%
E1	34	378	38		450	0,89%
E3		47	529	214	790	1,56%
E5	291		92	626	1008	2,00%
E7	613	65		147	826	1,63%
Total	938	490	658	987	3073	6,08%
%	1,86%	0,97%	1,30%	1,95%	6,08%	6,08%

Tabla 12. Matriz de movimientos en la hora pico del tráfico ponderado

En la Tabla 12 muestra la matriz origen-destino de la hora pico del tráfico sucedido el día de mayor volumen en la intersección, esto es el lunes 16 de noviembre del 2015. Lo que denominamos “situación actual”, en la cual se muestran volúmenes ponderados habiendo aplicado la proporción de las motocicletas.

Los cuadros sombreados de celeste cuya suma es 1.142 son los vehículos que se dirigen directo por la Av. América, y los sombreados con verde 1.104 son los vehículos que se dirigen directo por la Av. Del Ejército, de tal manera que más vehículos viajan directo por la Av. América.

Otro dato importante que arroja la Tabla 12, es que existe una cantidad considerables de giro a la izquierda (color rosado) en las estaciones E3 y E5, lo



cual nos da la idea de que tal vez sea conveniente tener una opción adicional de crear fases especiales para estos giros izquierdos.

En los giros hacia la derecha (celdas blancas) no existen problemas, pues, no son muy considerables y tienen los conductores permitido ese giro con luz roja,

Con los datos de la Tabla 12 y los demás necesarios iniciarán las simulaciones en el programa Synchro 8 para las varias opciones que se pondrán a consideración para escoger la mejor tanto en el tiempo del ciclo, demoras, nivel de servicio y seguridad vial. Estas opciones son las siguientes:

- 1.- Con la situación actual, lunes 16 de noviembre de 2015, 4 fases
- 2.- Con la situación actual, optimizando los tiempos de las fases
- 3.- Con tres fases
- 4.- Con tres carriles en la Av. Del Ejército
- 5.- Con la combinación de 3.- y 4.-
- 6.- Con 4 fases, separando fases de giros izquierdos
- 7.- Con tres carriles en la Av. Del Ejército, cuatro fases, con 1 giro izquierdo independiente protegido
- 8.- Con dos fases y suprimir giros izquierdos
- 9.- Co tres carriles, tres fases y paso elevado

4.2.3. Determinación del nivel de servicio (LOS)

4.2.3.1. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 4 fases

En la siguiente Tabla se aprecian las fases, que son 4, y su sentido respectivo, y los tiempos de verde, ámbar y rojo en el momento de la toma de datos, estos tiempos fueron sometidos al proceso de cálculo correspondiente para conocer los tiempos optimizados y analizar y emitir la conclusión debida.

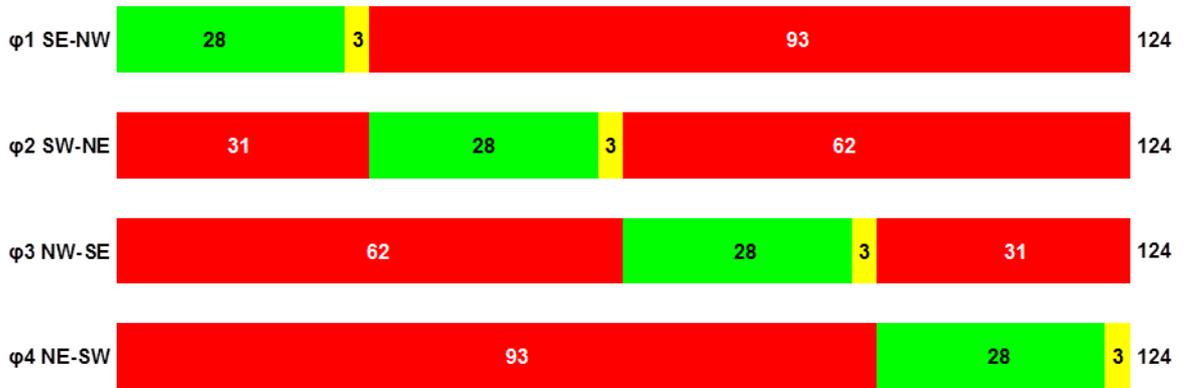


Tabla 13. Tiempos de las fases de “situación actual”

En el siguiente gráfico se muestra cada una de las cuatro fases individualizadas con que cuenta actualmente la intersección y los respectivos giros.

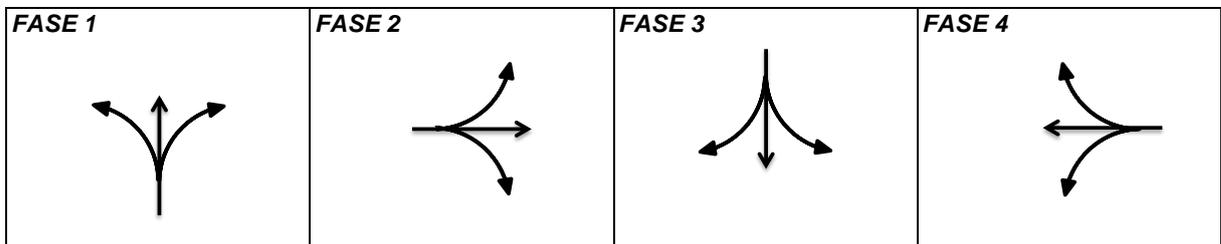


Gráfico 7. Fases del sistema semaforizado en la fecha de toma de datos

En el Gráfico 7 se observa que el sentido de sincronización de las fases es secuencial de acuerdo a las manecillas del reloj; en cada fase los vehículos pueden seguir directo por la vía o girar a la izquierda o a la derecha siendo este último giro permitido también con luz roja.



La siguiente imagen Foto 6 representa y evidencia el haber sometido los datos de volúmenes de tráfico obtenidos en el simulador Synchro 8, el mismo que automáticamente calcula el nivel de servicio y los tiempos de cada fase.

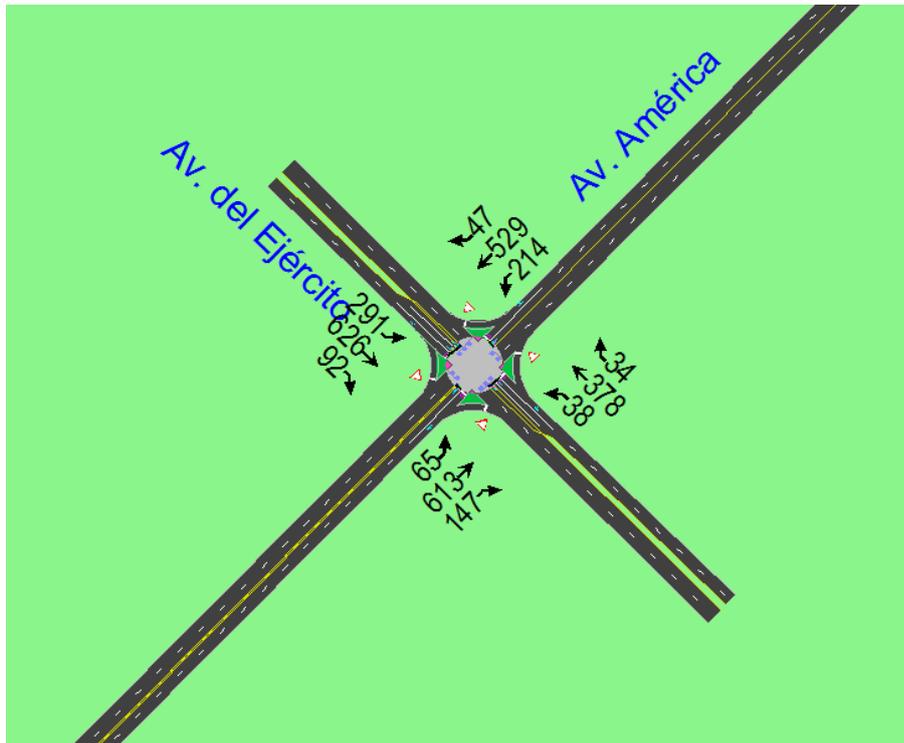


Foto 6. Datos de volúmenes ingresados al simulador para procesarlos en él

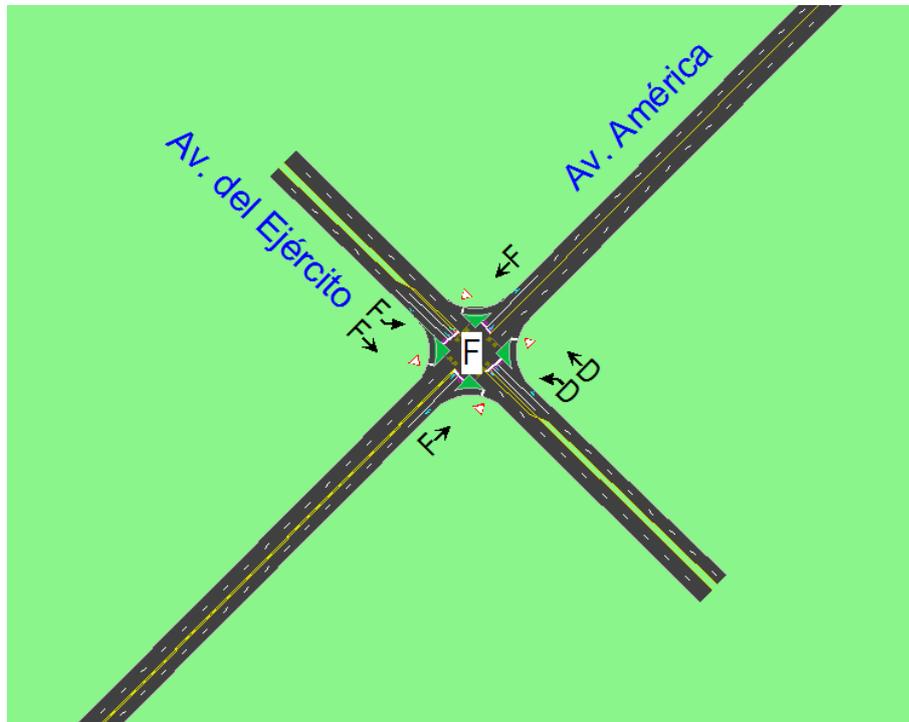


Foto 7. Niveles de servicio de las fases y la intersección según Sinchro 8 en cada sentido de la “situación actual”

El simulador nos da como respuesta los niveles de servicio por cada fase y por la intersección total. Todos son F, excepto la dirección directa y el giro a la izquierda de la estación 1 del sentido SE-NW que son D, esto debido a la poca cantidad de vehículos en este sentido. La demora total en la intersección es 168 seg y el consumo de combustible es 511 litros / hora de toda la intersección.

4.2.3.2. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 4 fases optimizado

El simulador Synchro 8 optimiza automáticamente los tiempos de las fases del ciclo, habiéndose obtenido los siguientes resultados en la siguiente tabla que se puede observar que los tiempos de las fases en la “situación



actual” y optimizados por medio del simulador difieren en aproximadamente en 21% como se muestra en el siguiente cuadro:

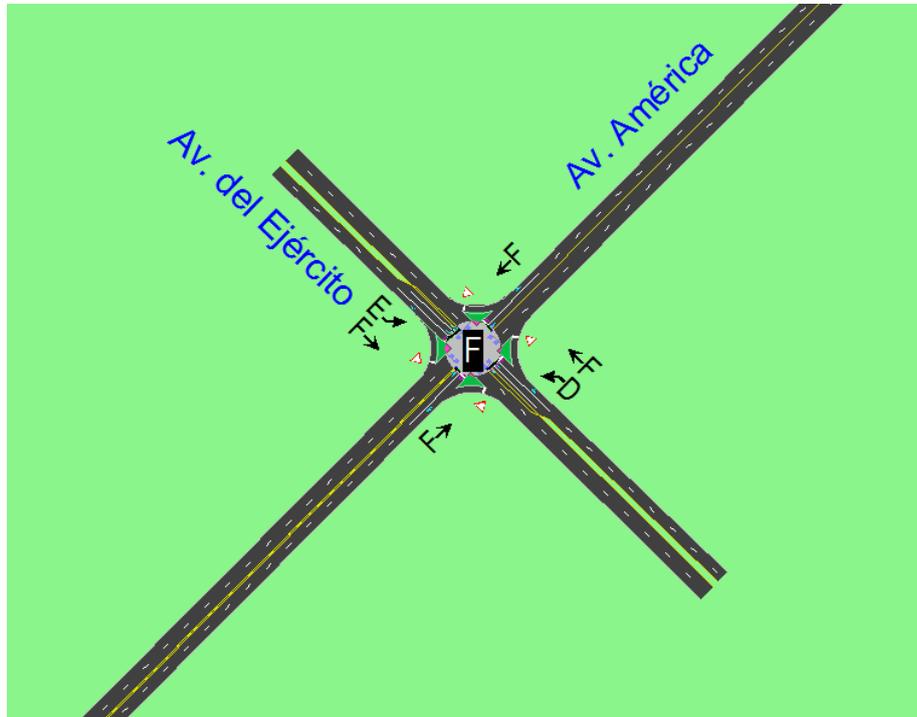


Foto 8. Niveles de servicio en la “situación actual” con el ciclo optimizado

Con el ciclo optimizado mejora la situación del tránsito ya que el ciclo baja a 120 s y aunque el nivel de servicio en el sentido directo de la estación E1 pasa de nivel D a F, en el giro a la izquierda de la estación E5 del sentido NW-SE mejora a nivel E. La demora total es 132 s y el consumo de combustible es 427 l/h.

Hasta ahora se han mostrado los resultados de la “situación actual” del tráfico de la intersección, en el que consta la determinación de la hora pico, las demoras, el nivel de servicio por cada sentido y de la intersección; todo esto de acuerdo a los datos de campo tomados tales como geometría, datos del tráfico, tiempos de fases, velocidad mínima. También fueron sometidos los datos para



optimizar los tiempos de las fases y del ciclo, los mismos que han sido señalados.

A continuación se presentarán varias opciones creadas para mejorar el nivel de servicio en base a los resultados que arroje el simulador, siendo estas opciones las siguientes: cambiando el número de fases semaforicas a tres, de la siguiente manera: una fase para los sentidos SE-NW y NW-SE, y los sentidos NE-SW y SW-NE cada uno con su fase; aumentando un carril en los sentidos SE-NW y NW-SE; N-S, esto en base a que el sentido SE-NW es de poco volumen y los carriles se desocuparán pronto lo que permitirá el giro a la izquierda de los vehículos que lo hagan en el sentido NW-SE; una combinación de las opciones anteriores de tres fases y tres carriles; y por último una opción de giros izquierda protegidos.

4.2.3.3. Determinación del nivel de servicio con el ciclo de 3 fases optimizado

Se programó el simulador con tres fases de la siguiente manera: La primera fase corresponde a los sentidos SE-NW y NW-SE lo que se decidió en base a que el volumen del sentido SE-NW no es muy significativo con respecto al sentido NE-SW y SW-NE lo que permitirá la evacuación para que los del sentido contrario puedan girar hacia la izquierda, habiendo ingresado los siguientes datos al simulador.

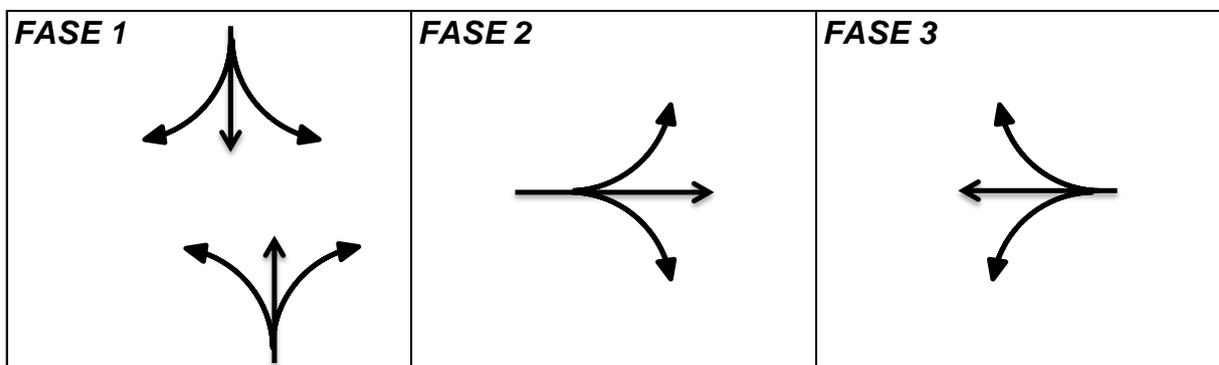


Gráfico 8. Fases en sistema de tres fases

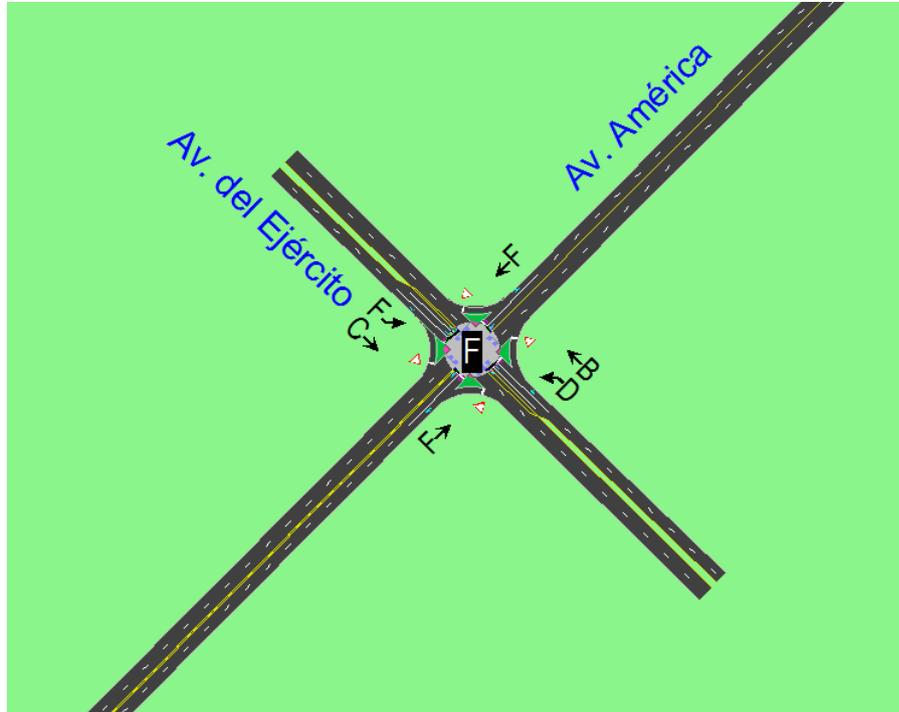


Foto 9. Niveles de servicio con tres fases

El ciclo mejoró, ya que según el resultado arrojado por el simulador dio 65 s, por lo que las demoras también disminuyeron a 99 s y el nivel de servicio en el sentido SE-NW mejoró a C lo cual se lo puede calificar como una mejora significativa. El consumo de combustible en la intersección es de 346 l/h.

4.2.3.4. Determinación del nivel de servicio la opción de tres carriles en los sentidos SW-NE y NE-SW

Se remplazaron los carriles que actualmente están destinados a estacionamiento por un carril adicional en cada sentido, de tal manera que esto pueda ayudar a mejorar en tiempo la desocupación de los vehículos esperando en la luz roja.

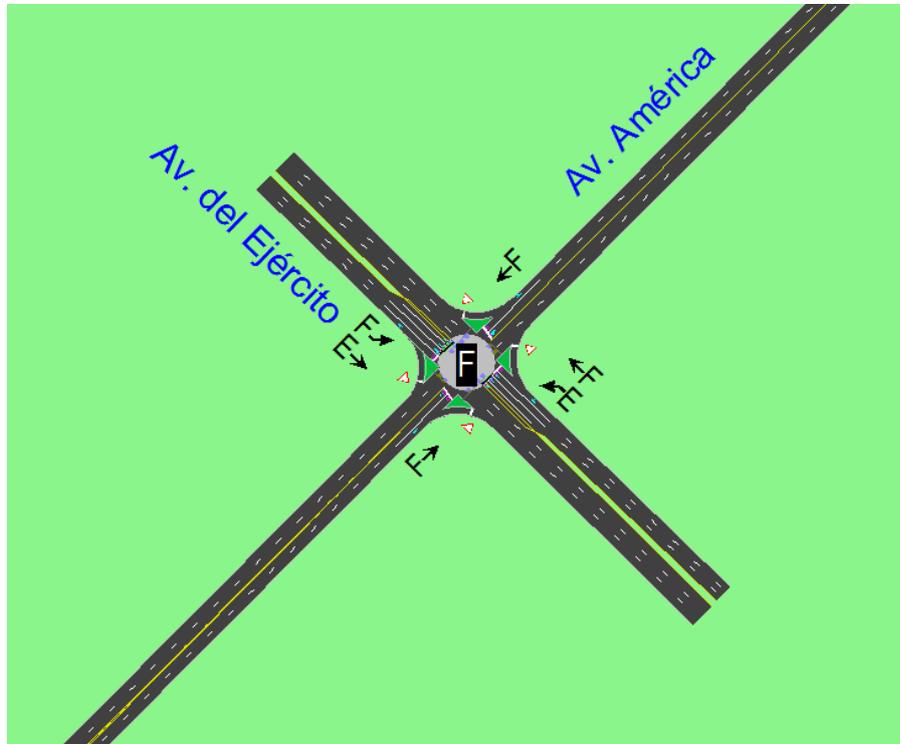


Foto 10. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE

El ciclo aumentó a 140 s pero la demora mejoró a 91 s y el nivel de servicio en el sentido SE-NW quedó en E lo cual se lo puede calificar como no aceptable, no obstante en el transcurso de la animación se observa que todas las entradas en todas las estaciones se desocupan. El consumo de combustible en la intersección es de 335 l/h.

4.2.3.5. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases

Se realizó una combinación de las dos opciones anteriores obteniéndose los siguientes resultados:

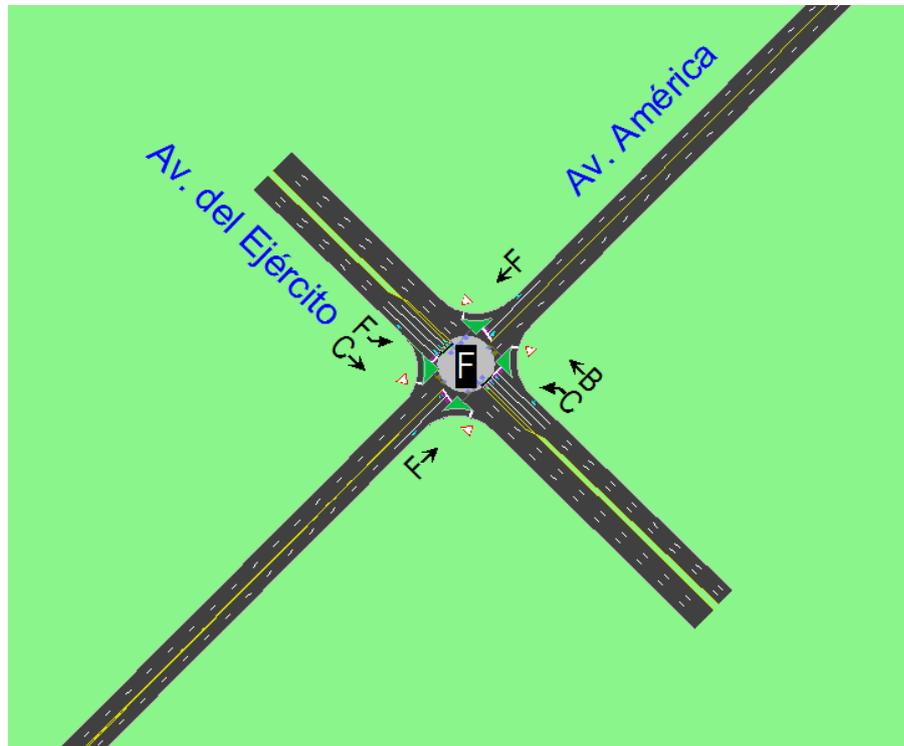


Foto 11. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases

Con esta opción bajó el ciclo a 75 s y la demora total es de 87 s. Esta, al parecer, es la mejor opción ya que mejoran los niveles de servicio tal como se observa en la Foto 11 pero se debe analizar el aspecto de que puede desmejorar la seguridad vial ya que en este caso se pueden producir conflictos de cruces y por ende posibles accidentes. El consumo de combustible es 318 l/h.

4.2.3.6. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y cuatro fases, con dos giros independientes protegidos,

Esta opción permitirá que los vehículos que transitan por ambas avenidas tengan el giro izquierdo protegido en las fases 3 y 4, de tal manera

que se tratará de que se evacúen independientemente los carriles de giro a la izquierda.

El siguiente gráfico muestra la secuencia de direccionalidad del tráfico en cada fase.

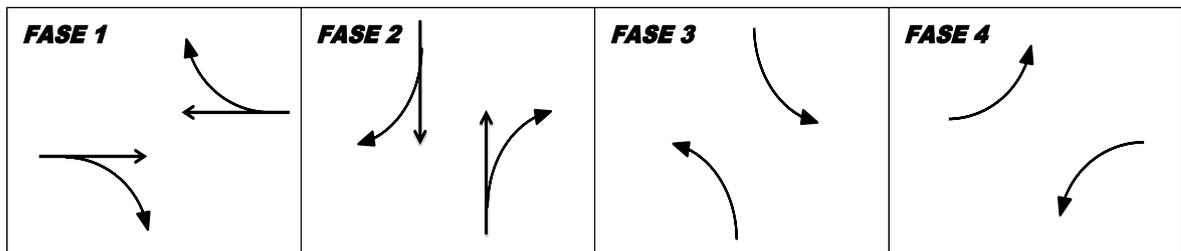


Gráfico 9. Direccionalidad del tráfico para esta opción de tres carriles, cuatro fases y dos giros independientes protegidos

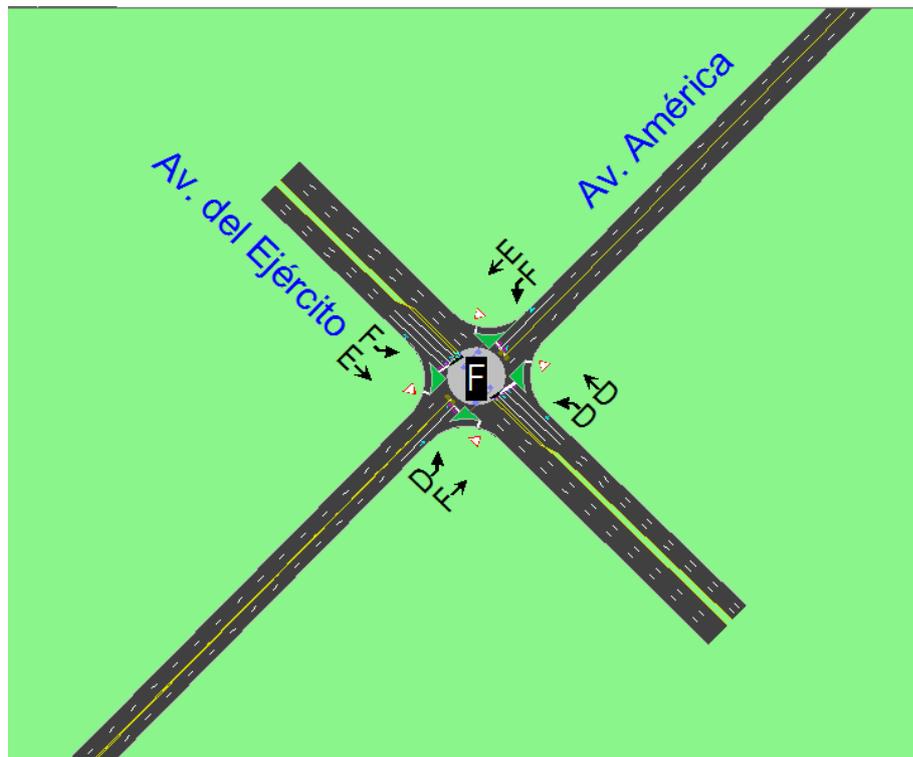


Foto 12. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, cuatro fases y con dos giros izquierdos independientes protegidos



En esta opción el problema es que sobre la Av. América solamente puede disponerse de dos carriles por sentido de tal manera que al proteger el carril izquierdo se forman grandes colas, de esa manera se lo observa en la animación del simulador, siendo el ciclo de 130 s, la demora total de 106 s y el consumo de combustible de 439 l/h.

4.2.3.7. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y cuatro fases, con 1 giro independiente protegido

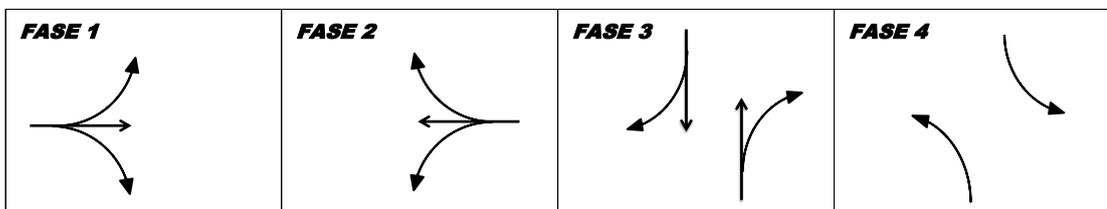


Gráfico 10. Direccionalidad del tráfico para esta opción

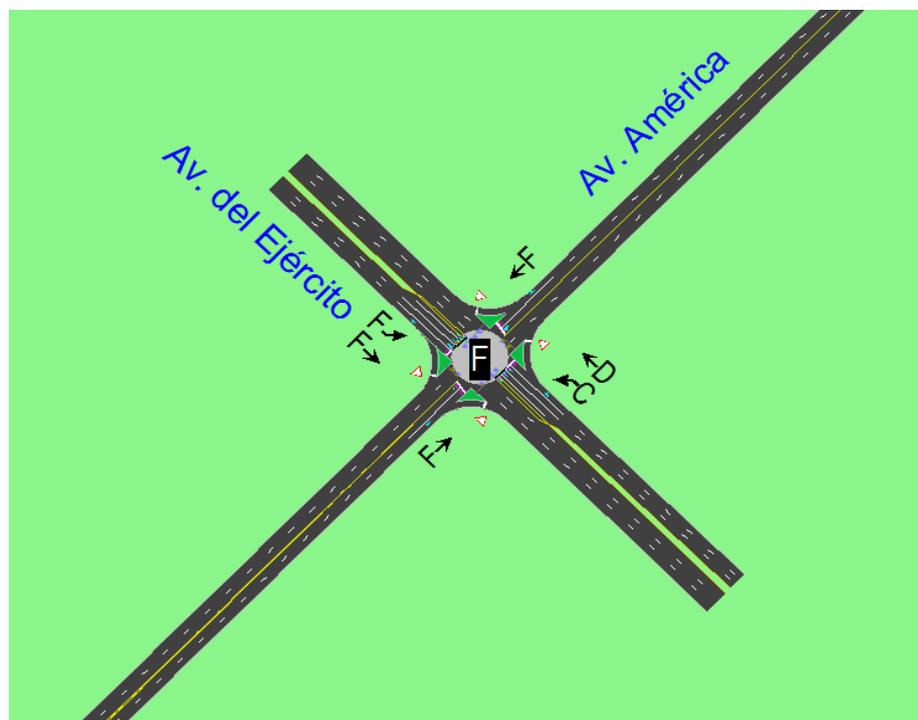


Foto 13. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, tres fases y giros izquierdos independientes protegidos



En esta opción hay un solo giro protegido, el motivo es que solamente sobre la Av. Del Ejército se puede crear un carril adicional y es el de parqueo, además tiene una caja exclusiva para vehículos que giran izquierdo.

4.2.3.8. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y dos fases y con giros izquierdos no permitidos

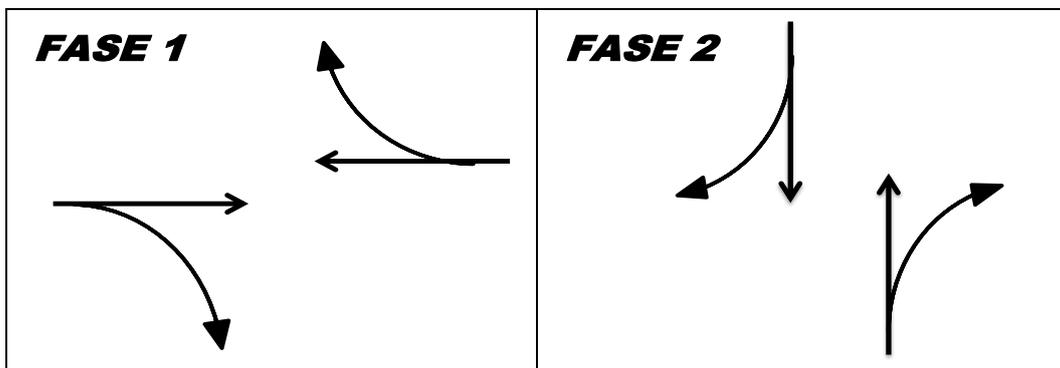


Gráfico 11. Direccionalidad del tráfico para esta opción de dos fases y giros izquierdos no permitidos

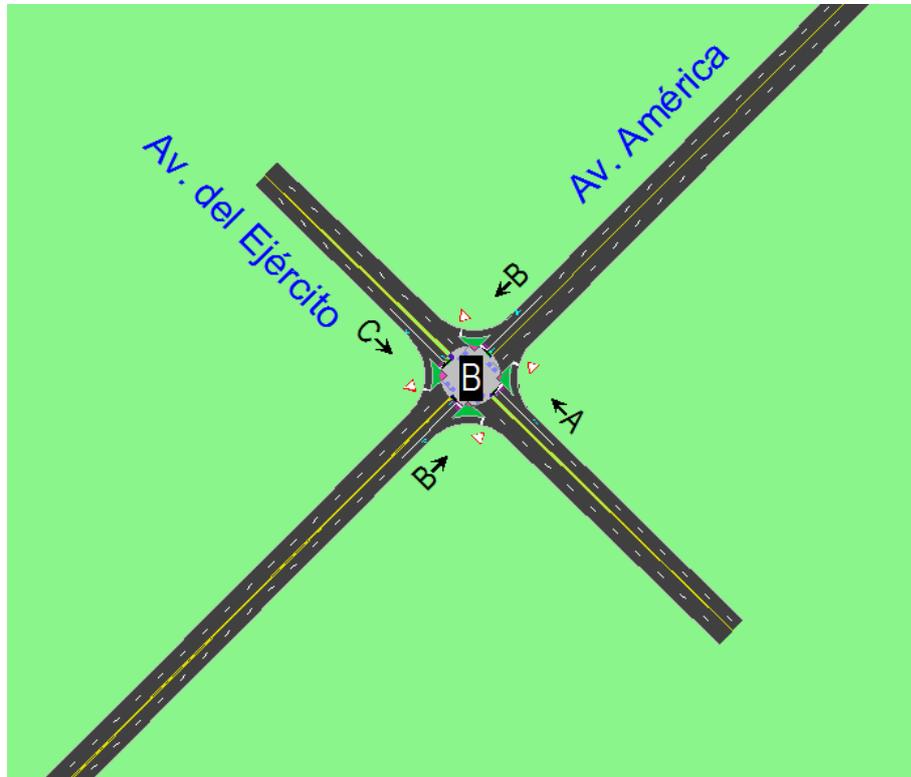


Foto 14. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, dos fases y giros izquierdos no permitidos

Esta opción aparentemente es la mejor ya que el nivel de servicio de la intersección es B, el ciclo es de 45 s, la demora de la intersección es de 16 s y el consumo de combustible es de 148 l/h, pero los conductores (19,79%) deberán utilizar otra ruta para ir hacia su destino final, lo que les llevará un mayor tiempo que el de esperar en la intersección y recorrer una longitud mayor; además, tal vez provocará problemas en otras calles y otras intersecciones lo que deberá ser analizado en otra ocasión.

El autor de este documento, conocedor del sector en análisis, recomendaría esta opción siempre y cuando las calles por donde deben dirigirse los conductores hacia su destino final, sean reconstruidas para



soportar el tráfico adicional que vendrá por motivo de la medida de gerencia de tránsito propuesta.

En virtud de que hasta el momento no haber conseguido mejorar el nivel de servicio con las opciones propuestas y desarrolladas, a continuación se propone el análisis de la intersección suponiendo que existe la construcción de un paso elevado sobre la Av. América solamente para vehículos livianos, de tal manera que en el simulador simplemente se eliminan los vehículos livianos que van a cruzar la intersección en forma directa.

4.2.3.9. Determinación del nivel de servicio con la opción con tres carriles en los sentidos SE-NW y NW-SE y tres fases y paso elevado sobre la Av. América

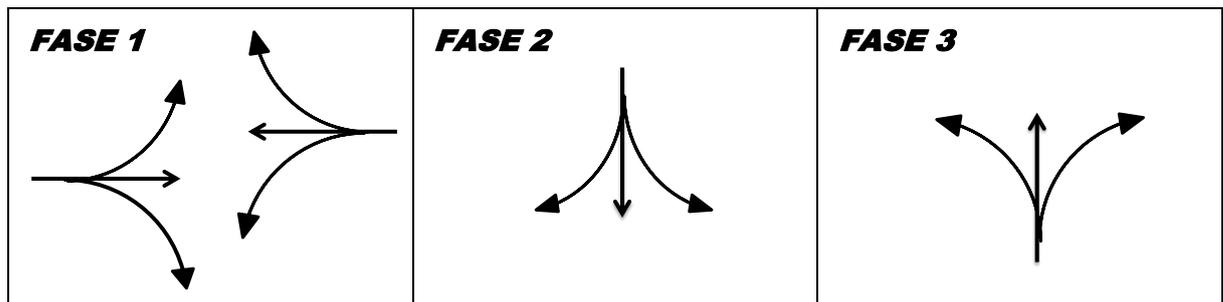


Gráfico 12. Direccionalidad del tráfico para esta opción de tres fases para la opción de implantar un paso elevado vehicular

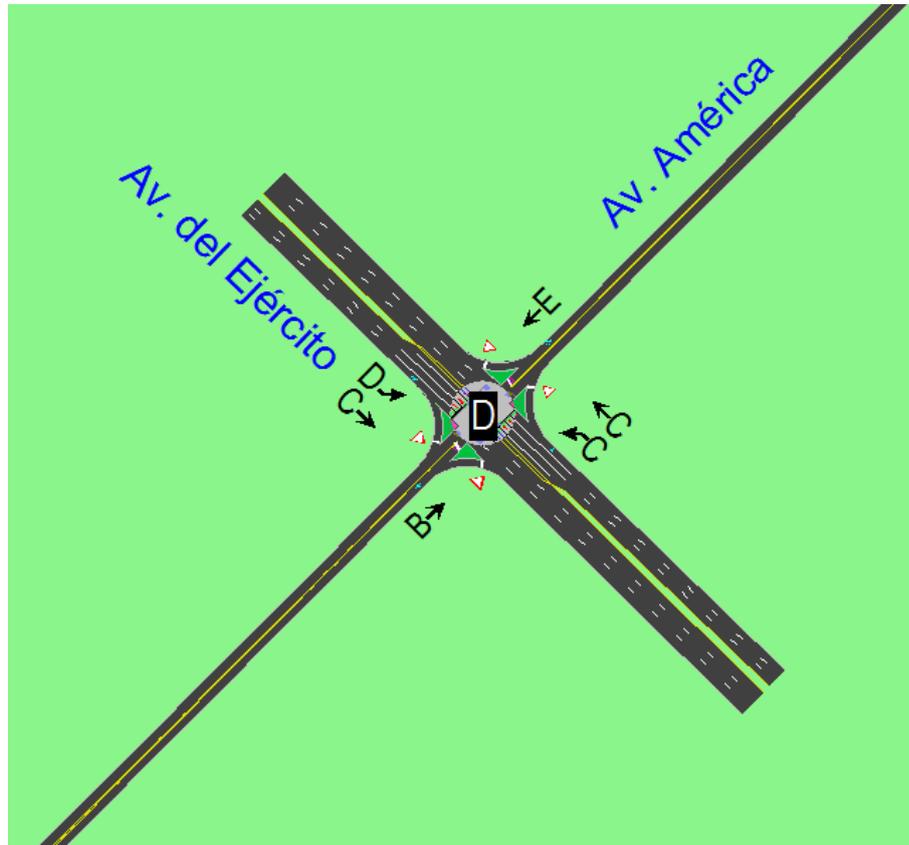


Foto 15. Niveles de servicio con tres carriles en sentidos SE-NW y NW-SE, tres fases y paso elevado

En esta opción se la trabajó con tres fases puesto que los vehículos que transitan por la calzada de la Av. América son un porcentaje menor (35,77%) y de ellos tienen un giro izquierdo el 53,45% (19,12% del total), de tal manera que se considera que no es de mucho peligro el giro izquierdo. El ciclo quedó en 90 s, la demora total de la intersección en 36 s, y el consumo de combustible en 120 l/h.



4.2.3.10. Resumen de todas las opciones analizadas

En la siguiente tabla se muestran los niveles de servicio obtenidos en el simulador para las tres opciones propuestas para el mejoramiento de las condiciones de tránsito en la intersección.

FASES	SENTIDO	NIVELES DE SERVICIO 2015								
		(1) ACTUAL	(2) OPTIMIZADO	(3) TRES FASES	(4) TRES CARRILES	(5) TRES FASES TRES CARRILES	(6) DOS GIROS IZQ. PROTEGIDOS	(7) UN GIRO IZQ. PROTEGIDO	(8) SIN PERMITIR GIROS A LA IZQUIERDA	(9) 3 CARRILES 2 FASES Y PASO ELEVADO
Φ 1	SE-NW	D	F	C	F	C	F	F	A	C
Φ 2	SW-NE	F	F	F	F	F	E	F	B	E
Φ 3	NW-SE	F	F	F	F	F	F	F	C	D
Φ 4	NE-SW	F	F	F	F	F	F	F	B	B
INTERSECCION		F	F	F	F	F	F	F	B	D
TIEMPO DE CICLO		124	120	65	140	75	130	95	45	90
DEMORA EN CICLO		168	132	99	91	87	106	126	16	36
CONSUMO COMBUSTIBLE		511	427	346	335	318	439	413	148	120

Tabla 14. Niveles de servicio para las diferentes opciones analizadas con ciclo optimizado

En la tabla anterior se puede apreciar en forma global las diferentes magnitudes que se pueden tomar en cuenta para decidir cuál es la mejor



opción para dar una solución al congestionamiento o por lo menos mitigar los efectos del alto volumen de vehículos que transitan por esta intersección. Se puede considerar que el de menor tiempo del ciclo es el mejor, o que es mejor tener menor demora o tal vez que haya un menor consumo de combustible, sin embargo de lo observado en la animación del simulador llama la atención que en la opción (4) cuyo ciclo dura 140 s y la demora de 91 s, que es algo mayor que la menor de 87 s, los vehículos en cola todos pasan, de tal manera que solamente deben esperar un tiempo de luz roja, además que el consumo de combustible es el segundo menor.

En los siguientes análisis de las proyecciones se utilizará la modalidad de la opción (9) para las simulaciones del tráfico.

4.2.4. Proyecciones de matriz de demanda en la hora pico a 5, 10, 15 Y 20 años

El análisis integral de la intersección involucra un período de 20 años, por lo tanto los volúmenes contenidos en la Tabla 12 se los han proyectado hasta al 2020, 2025, 2030 y 2035, debiendo realizar un análisis para el caso de la situación actual y para el caso de que se construya un paso elevado vehicular en el sentido más conveniente.

Para el efecto, se han tomado datos del portal del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) en el que se obtuvo la cantidad de vehículos matriculados en la provincia de Manabí desde el 2008 hasta 2014.



AÑO	TOTAL
2008	58217
2009	55169
2010	90530
2011	112757
2012	123125
2013	147746
2014	165783

Tabla 15. Cantidad de vehículos matriculados por año en Manabí

Fuente: INEC

Estos datos fueron sometidos a proyección en el Excel, obteniendo sendas curvas, ecuaciones y el parámetro R^2 , que determina el factor de dispersión, el cual no debe ser menor que 0,9 para su confiabilidad.

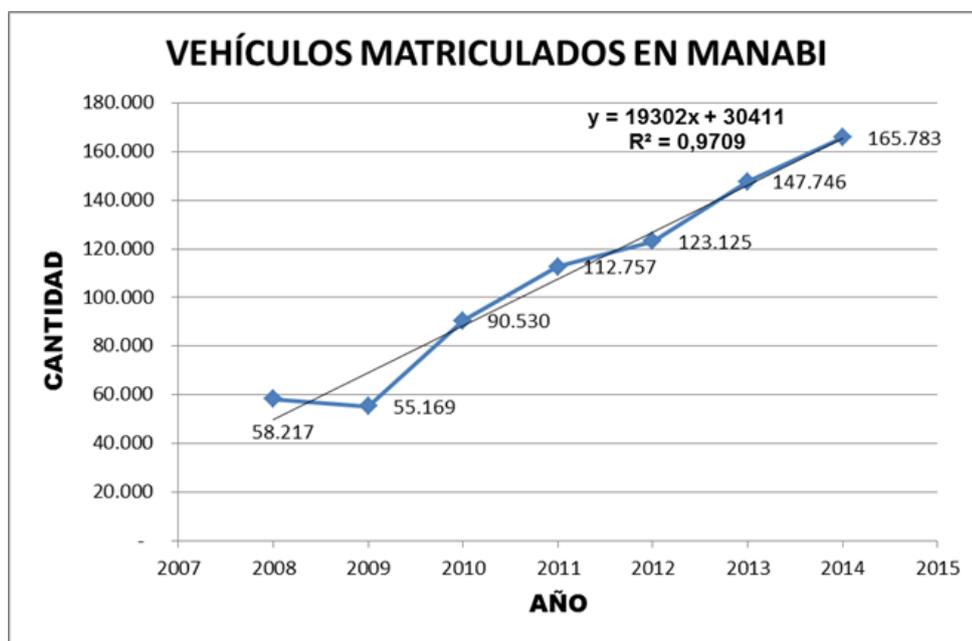


Gráfico 13. Curva, línea de tendencia y ecuación de proyección de vehículos matriculados en Manabí

Con la ecuación de tendencia obtenida se calculó la proyección de vehículos matriculados en Manabí para después de 5, 10, 15 y 20 años, esto es para 2020, 2025, 2030 y 2035, dando los siguientes porcentajes de crecimiento con respecto al año 2015.

AÑO	TOTAL	FACTOR DE CRECIMIENTO
2015	184827	1,000
2020	281337	1,522
2025	377847	2,044
2030	474357	2,566
2035	570867	3,089

Tabla 16. Total de vehículos proyectados y factor de crecimiento



Ya se mencionó anteriormente que sobre la Av. América o sea los sentidos SW-NE y NE-SW transitan en forma directa más vehículos livianos y motos que sobre la Av. Del Ejército, o sea, en los sentidos NW-SE y SE-NW, por este motivo y además, del conocimiento que tiene el autor sobre el sistema de tránsito del sector y las prioridades de viaje ya que esa direccionalidad es de salida de la ciudad y que también por la Av. Del Ejército pasa un emisario importante de AASS, se decide proyectar sobre ella (Av. América) una estructura de paso elevado vehicular.

4.2.4.1. Proyección a 5 años

Los siguientes cuadros muestran los volúmenes de tráfico ponderado proyectados al 2020.

O \ D	E2	E4	E6	E8	TOTAL
E1	163	755	90		1008
E3		88	839	286	1213
E5	346		122	877	1344
E7	1094	346		245	1685
TOTAL	1603	1189	1050	1408	5250

Tabla 17. Cálculo de volúmenes proyectados al 2020

Procesados estos datos de la Tabla 17 en el simulador, obtenemos además de otros resultados que en todos los sentidos y en la intersección el nivel de servicio es F, por lo que se lo sometió al proceso del simulador sin los datos de los volúmenes de las motos y vehículos livianos que transitan derecho por la Av. América, siendo esto lo que pasaría si existiera un paso elevado.



O \ D	E2	E4	E6	E8
E1	163	755	90	0
E3	0	88	52	286
E5	346	0	122	877
E7	169	346	0	245

Tabla 18. Matriz O-D de los volúmenes de la hora pico proyectados al 2020 simulando existir un paso elevado

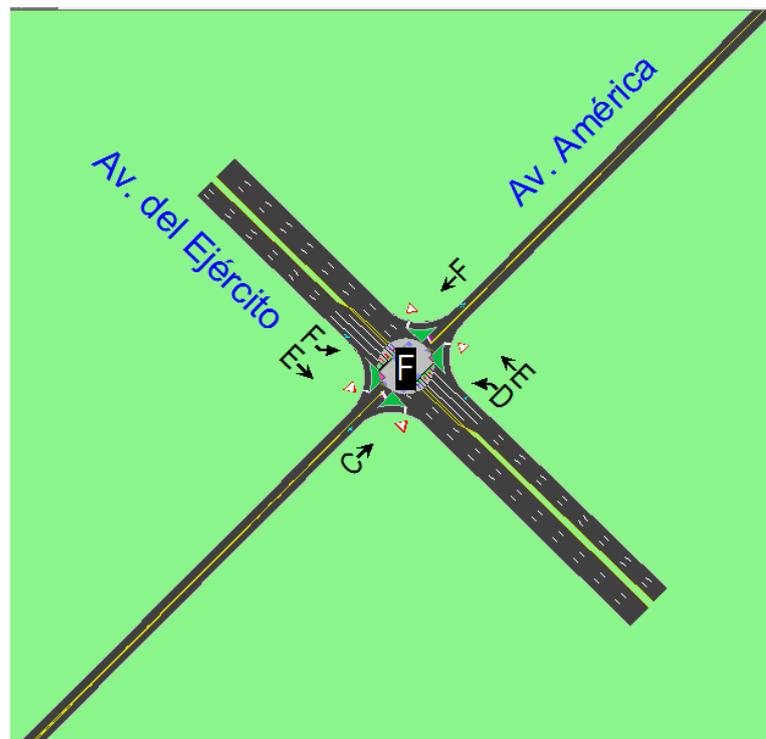


Foto 16. Niveles de servicio de los volúmenes proyectados al 2020 simulando existir un paso elevado



De acuerdo a los cálculos realizados hasta ahora, a pesar de construir el mencionado paso elevado, se observa en la Foto 16 que la intersección se presenta con un nivel de servicio F, de tal manera que se necesitan tomar medidas de gerencia de tránsito con otras opciones, que se mencionarán en el capítulo final.

4.2.4.2. Proyección a 10 años

El siguiente cuadro corresponde a los volúmenes de tráfico proyectados al 2025 simulando existir la construcción del paso elevado mencionado.

O \ D	E2	E4	E6	E8
E1	219	1014	121	
E3		119	70	384
E5	464		164	1178
E7	227	464		329

Tabla 19. Matriz O-D de los volúmenes de la hora pico proyectados al 2025 simulando existir un paso elevado

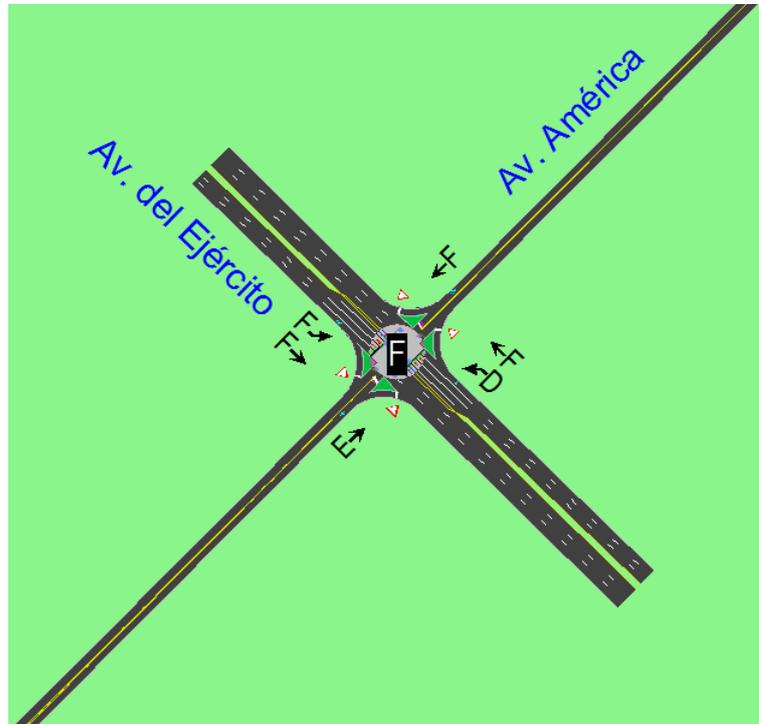


Foto 17. Niveles de servicio de los volúmenes proyectados al 2025 simulando la construcción de un paso elevado

Para estos casos de volúmenes proyectados al 2020 y 2025 se han utilizado en el simulador como referencia inicial un ciclo de 150 seg. (HCM 10-45), resultan todos los niveles de servicio F y el parámetro $X=v/c$ demasiado alto; se presentan demoras excesivamente altas lo que convierte a la intersección en inviable, al menos en la hora pico, por lo que el tránsito debe “evaporarse” por otras vías.

Con la construcción del paso elevado, mejoraron las condiciones en cuanto a demoras, pero igualmente, el tránsito se hace inviable, todas las entradas tienen un nivel de servicio F y por lo tanto se deben tener en consideración las conclusiones y recomendaciones de este documento.

No se realizaron los cálculos con las proyecciones al 2030 porque continuaría el resultado de nivel F para todas las entradas.



4.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se necesita calcular el volumen del Tráfico Promedio Diario Anual de la intersección y para el efecto se utilizará el tráfico total semanal obtenido en el conteo de la semana desde el viernes 13 al jueves 19 de noviembre del 2015.

Este se lo calculará a partir de los volúmenes diarios obtenidos en la semana de conteo, los cuales se encuentran en la Tabla 6, siendo el cálculo de la siguiente manera:

$$TPDA_{2015} = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

T_o es el Tráfico Promedio Diario Semanal obtenido de la división del total semanal tomado para los siete días en la Tabla 6, es decir $294.997 \div 7 = 42.142$ veh, y es por ese motivo que en la aplicación de la ecuación que antecede los valores de F_h (Factor horario) y F_d (Factor diario) son igual a 1.0000. F_s fue obtenido en la Tabla 20 y F_m en la Tabla 21

Mes	cantidad de días	cantidad de semanas	Fs
Enero	31	4,4286	1,1071
Febrero	28	4,0000	1,0000
Marzo	31	4,4286	1,1071
Abril	30	4,2857	1,0714
Mayo	31	4,4286	1,1071
Junio	30	4,2857	1,0714
Julio	31	4,4286	1,1071
Agosto	31	4,4286	1,1071
Septiembre	30	4,2857	1,0714
Octubre	31	4,4286	1,1071
Noviembre	30	4,2857	1,0714
Diciembre	31	4,4286	1,1071

Tabla 20. Cálculo del factor semanal F_s para el cálculo del TPDA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Tabla 20 se hizo una relación del número de semanas que tiene el mes de noviembre en base al número de semanas exacto que tiene el mes de febrero y de esta manera el Factor semanal es $F_s = 1,0714$.

Mes	ESTACION DE COMBUSTIBLE 1	ESTACION DE COMBUSTIBLE 2	PROMEDIO
Enero	183736	148472	166.104
Febrero	168429	141710	155.070
Marzo	164242	159633	161.938
Abril	156851	151940	154.396
Mayo	161055	161006	161.031
Junio	189784	152702	171.243
Julio	248202	155608	201.905
Agosto	274111	154143	214.127
Septiembre	268409	152951	210.680
Octubre	279907	152253	216.080
Noviembre	254415	144485	199.450
Diciembre	273799	156027	214.913
TOTAL			2.226.935
PROMEDIO			185.578
Fm			0,9304

Tabla 21. Cálculo del factor mensual Fm para el cálculo del TPDA

En la Tabla 21, al no poder obtener datos del consumo mensual de combustibles del año 2015 de la ciudad de Portoviejo, se investigó en dos estaciones de servicio sus ventas mensuales habiéndose obtenido el valor del Factor mensual $F_m = 0,9304$ en base a la división del promedio de ventas en el



año dividido para el promedio de ventas de las dos estaciones de combustibles en el mes de noviembre del 2015.

Por consiguiente, el $TPDA_{2015}$ fue calculado de la siguiente manera:

$$TPDA_{2015} = T_o \quad F_h \quad F_d \quad F_s \quad F_m$$

$$TPDA_{2015} = 42142 \quad 1,0000 \quad 1,0000 \quad 1,0714 \quad 0,9304$$

$$TPDA_{2015} = 42012$$

El simulador Synchro 8 nos entrega los resultados del consumo de combustible en litros por cada sentido o grupo de carriles y por cada hora, es así como en el siguiente cuadro, después de obtener datos de los varios procesos efectuados en el simulador, se muestra una línea de tendencia sobre tasa de consumo de combustible.

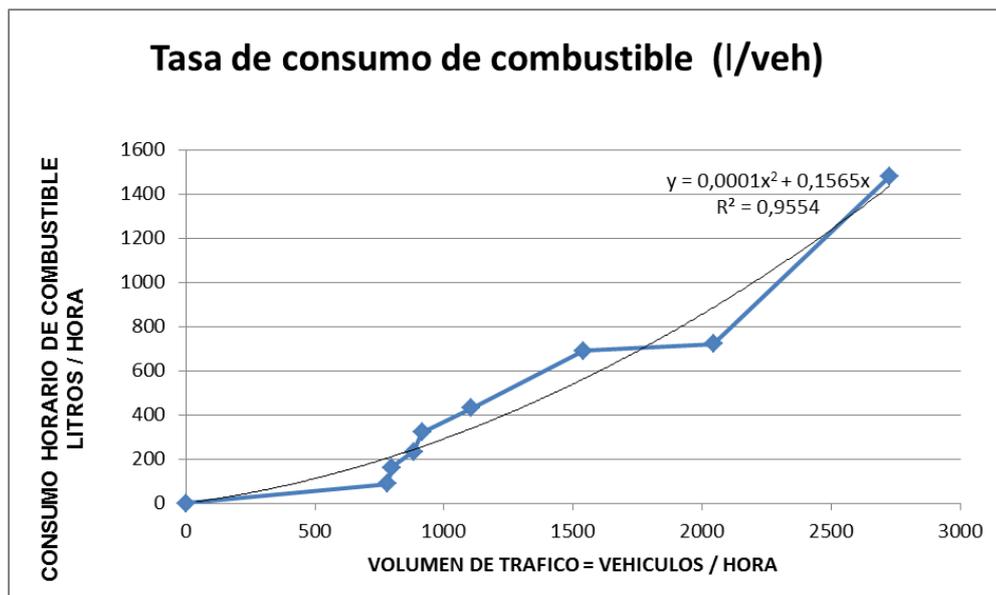


Gráfico 14. Tasa de consumo de combustible



Obtenida la línea de tendencia y por lo tanto la ecuación correspondiente, se procedió a calcular el consumo horario en base a la línea de tendencia en un día tipo del año 2015 que lo consideramos el TPDA₂₀₁₅ y sus proyecciones a los años 2020, 2025, 2030 y 2035.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
AÑO	TPDA	SIN PASO ELEVADO	CON PASO ELEVADO	SIN PASO ELEVADO	CON PASO ELEVADO	DIFERENCIA (gal/año)	DIFERENCIA ACUMULADA (gal/año)
		veh / h	veh / h	gal / año	gal / año		
2015	42.012	1751	1128	1.343.813	703.305	640.509	640.509
2020	63.949	2665	1717	2.609.010	1.304.495	1.304.516	1.945.024
2025	85.887	3579	2306	4.260.895	2.066.243	2.194.653	4.139.677
2030	107.824	4493	2895	6.299.469	2.988.548	3.310.920	7.450.597
2035	129.761	5407	3484	8.724.729	4.071.412	4.653.317	12.103.914

Tabla 22. Consumo de combustible

En esta Tabla, en la columna (3) están los volúmenes por hora en la intersección, lo que resultó de la división del TPDA, calculado en la Tabla 6, para 24 horas; en la columna (4) se han restado de la columna (3) los vehículos livianos que se dirigen por ambos sentidos de la Av. América en sentido directo; estos valores fueron sometidos a la ecuación de la línea de tendencia del gráfico 12, resultando un consumo de litros/h que al transformarlo a gal/año nos dan los resultados que aparecen en la última columna (8).

Esta Tabla 22 nos proporciona una idea de lo que se podría ahorrar con la construcción de un paso elevado vehicular sobre la avenida América.

Se ha realizado un análisis en la presente investigación, acerca de la diferencia de consumo de combustible, entre existir o no el paso elevado



vehicular, con el concurso de los programas Excel y Synchro 8, determinando una cantidad aproximada y sorprendente como es la de 640.509 galones de combustible de diferencia en el año de la toma de datos y dentro de 5, 10, 15 y 20 años, lo que justifica la construcción de la estructura, ya que el precio internacional del diesel está en un precio aproximado a 2,50USD y en el país se lo expende a 1,05USD.

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

El presente sub capítulo tiene como finalidad determinar la posibilidad física de poder diseñar y construir una estructura consistente en un paso elevado vehicular sobre la calzada de la avenida que mayor volumen de tráfico soporta que es la Av. América.

Para lo cual se ha realizado un levantamiento topográfico tanto planimétrico como altimétrico y se ha investigado acerca de las dimensiones que deben tener: en ancho de carriles, gálibo o altura libre, pendiente de rampas, luz libre de las vigas centrales, radio de giro de los vehículos que giran en la calzada, radio de giro de retornos, entre otros.

4.4.1. Gálibo o distancia libre vertical

En la Norma del MOP de 1986, en el capítulo IV página 6 determina la altura del vehículo de diseño, siendo la mayor de 4,12 m; en esta misma Norma en el capítulo VIII página 16 se menciona que la altura mínima debe ser 4,50 m más 0,12 m para posibles repavimentaciones; la Norma de Diseño Geométrico del MOP 2003, en su página 24 determina la altura del vehículo de diseño en 4,10 m; en el HCM 2000 en su página 510, determina una altura mínima de 4,90 m para este tipo de estructuras; en la Norma RTE INEN del 2011, en el capítulo de "Señalización Vertical", página 93, señala que la altura libre en los "Soportes tipo Pórticos", la altura varía entre 5,30 m y 6,20 m



mínima y máxima en su orden; la Norma NEVI-12 en el volumen 2A indica que la altura libre debe al menos ser de 6,00 m.

Atendiendo todas estas normas y con un buen criterio concluyo que la altura que se propone en el presente documento es de 5,30 m.

4.4.2. Pendiente de rampa

Atendiendo a la velocidad de diseño utilizada en este documento, o sea, 50 km/h, en la Norma del MOP de 1986, en el capítulo VIII página 13 existe un cuadro en el que se relaciona la velocidad de diseño con la altura del gálibo, dando como resultado una pendiente máxima a utilizar del 7,5%; de acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico del MOP 2003, en su página 24 determina que la pendiente mínima en una vía diseñada para 50 km/h es de 7%; en este mismo documento, en el cuadro A3.8 se indica que la pendiente máxima es del 6%; en la Ley de Caminos del Ecuador se especifica que en vías urbanas principales y secundarias, sus pendientes máximas deben ser del 6% y 8% en su orden; en el libro de Diseño Geométrico de Vías de Raúl Benítez, en la Tabla 1.10 indica que las rampas pueden alcanzar hasta un 8% de pendiente.

En base a lo expresado por las normas y autor invocados, se toma la decisión de proyectar una rampa de pendiente 7%.

En este caso y teniendo en cuenta la altura libre del paso elevado, más la altura de las vigas centrales y la losa, resultan rampas de 85m para cada lado.

4.4.3. Altura de viga y losa de la estructura

La estructura del puente elevado vehicular constará de tres conjuntos de vigas: dos inclinadas en las rampas y un conjunto de vigas horizontales en el cruce de la avenida.

De acuerdo a la norma AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications Tabla 2.5.2.6.3.1 la altura de las vigas de concreto postensado



simplemente apoyadas pueden tener un mínimo de 0,045 L, y en concreto reforzado 0,06 L; y el espesor de la losa de concreto reforzado de 16,5 cm, o sea que las vigas de acceso que tienen 13,80 m de luz, pueden tener un mínimo de 85 cm en concreto reforzado y 65 cm en postensado, y la viga central de 28,30 m, 130 cm en postensado.

En cuanto a la viga transversal, de acuerdo con el Reglamento ACI 318, teniendo una luz de 2,93 m, se la puede construir a partir de 1,00 m de ancho por 50 cm de altura.

4.4.4. Diámetro de las pilas

Estas van a soportar el peso de: su peso propio, vigas transversales, vigas longitudinales, losa y el peso de los vehículos livianos, dando un total de aproximadamente 260.000 kg, por lo que aplicando los factores de mayoración por carga muerta, carga viva, efecto de esbeltez y sísmicas, se concluye que se puede utilizar una pilas de 1,00 m de diámetro.

4.4.5. Espesor de los muros y zapatas

En los laterales de las rampas y en el extremo alto se deben construir muros de hormigón armado, los mismos que han sido diseñados en tramos de 15 metros de longitud con la finalidad de ahorrar hormigón y acero debido a la diferencia de alturas en cada tramo. Se los han pre dimensionado estructuralmente cumpliendo con las normas NEC y ACI. Se consideró una resistencia del suelo de 0,8 kg/cm² para el cálculo de áreas las zapatas.

4.4.6. Ancho de carriles

El ancho de carriles en el paso elevado vehicular debe cumplir las normas determinadas en los textos de diseño geométrico, esto es un ancho de 3,60m. Sin embargo, en el HCM-2000 en la página 10-24 expresa que en vías urbanas se pueden admitir hasta 3,0 m., empero en la misma norma página 22-8 se incluyen factores de reducción de en el flujo de saturación para carriles de



ancho hasta 2,75 m., también podemos mencionar que de acuerdo al AASHTO Geometrics Design of Highways and Streets página 315, el ancho de vía recomendable es de 3,60 m, sin embargo, es aceptable establecer anchos hasta de 2,70 m para vías de poca velocidad.

En el presente proyecto el ancho de carriles en el paso elevado vehicular, por efecto de la topografía existente y consolidada de la vía, resulta un ancho de 3,00 m, lo cual es factible, pues solamente será permitido el tránsito de vehículos livianos.

Este ancho de carriles es posible obtenerlo disminuyendo el ancho de las aceras, que en el sentido NE-SW (Av. América) tiene 2,09 m a la derecha y 3,22 m a la izquierda, y en el sentido SW-NE tiene 1,95 m a la derecha y 3,07 a la izquierda.

El ancho total de la estructura del paso elevado quedaría de las siguientes dimensiones: dos muros laterales de 0,20 m y dos muros bajos adicionales de seguridad de 0,20 m, dos carriles de 3,00 m y la división con tachas de 0,15 m, sumando un total de 6,95 m.

En vista que la calzada del sentido SW-NE (Av. América) tiene 13,02 m y se necesita 6,95 m para la estructura del paso elevado más 0,20 m para dos muros de seguridad junto a los muros de las rampas y 3,60 de cada carril de la vía, se necesitaría un ancho total de calzada de 14,65 m, o sea se tendría que disminuir las aceras en 0,45 en el lado derecho y 1,18 en el lado izquierdo. En el sentido NE-SW el ancho es de 13,22 m pero como se necesita un ancho de calzada total de 14,65, se tendría que disminuir las aceras en 0,59 la derecha y 0,84 la izquierda.

El diseño geométrico del paso elevado vehicular se muestra en el plano de la página siguiente y en base a esas dimensiones se calcularon las cantidades de obra para la elaboración del presupuesto de la ejecución de la misma.

**PROYECTO DE PASO ELEVADO EN LA INTERSECCION
AV DEL EJERCITO Y AV AMERICA**

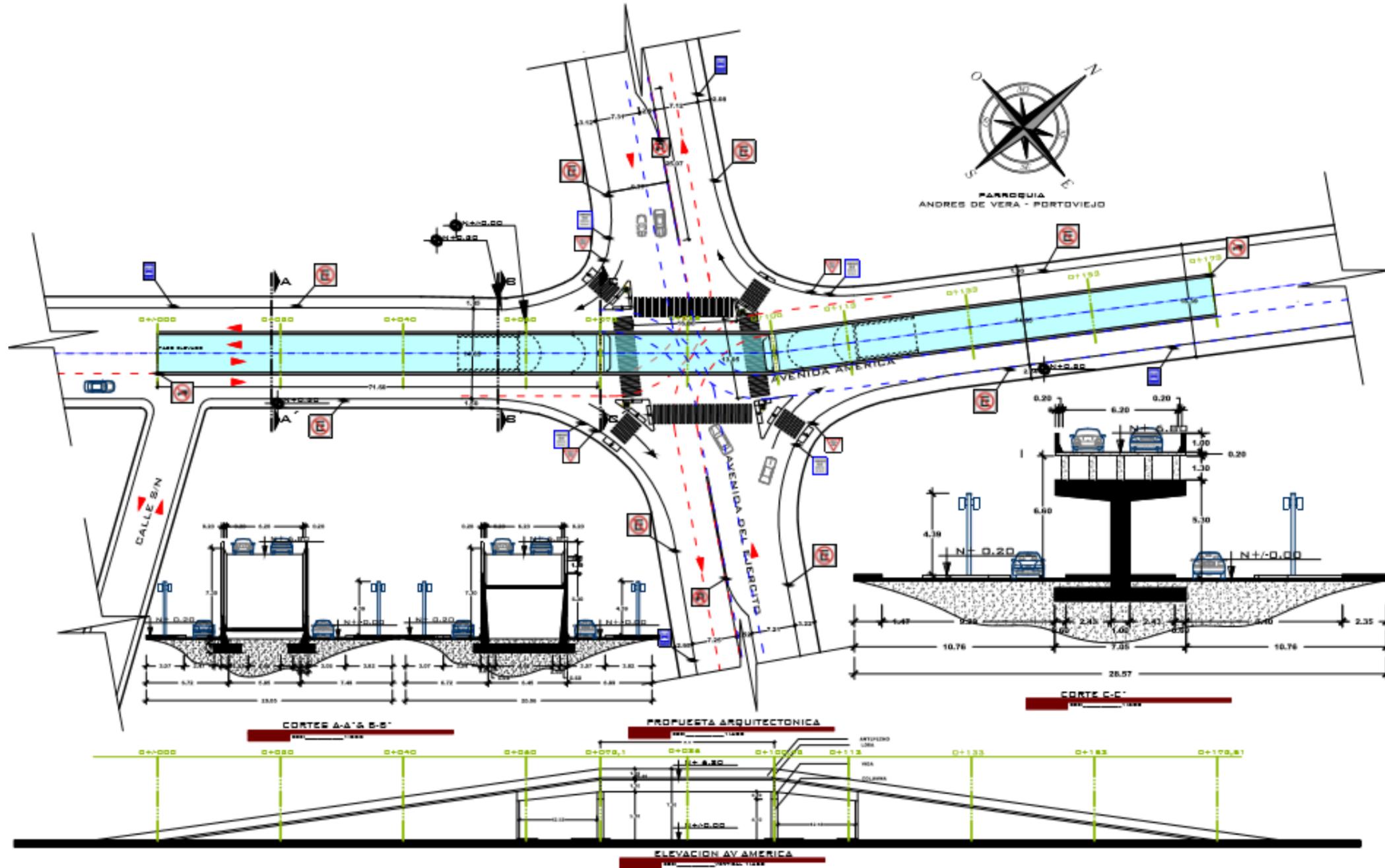


Gráfico 15. Plano de la estructura del paso elevado vehicular sobre la Av. América

4.5. PRESUPUESTO

Ha sido elaborado un presupuesto, en cuanto al cuadro de cantidades, con los datos y dimensiones obtenidos en el sub capítulo 4.4., esto basado en las normas vigentes ya mencionadas y asumiendo una resistencia de suelo de 8 T/m². Los precios unitarios han sido calculados de acuerdo al costo de los equipos, la mano de obra, materiales y transportes actual (Julio 2017) de la localidad.

En cuanto al plazo de ejecución de los trabajos se ha considerado doscientos cuarenta días u ocho meses, tomando en consideración que las reubicaciones de las instalaciones pueden presentar ciertas complicaciones.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

PRESUPUESTO

OBRA: PASO ELEVADO AVE. AMERICA Y AVE. DEL EJERCITO

ELABORADO POR: ING. MIGUEL BARCIA MENDOZA

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1	CERRAMIENTO DE MADERA PERIMETRAL	GLOBAL	1,00	2.500,00	2.500,00
2	CASETA DE BODEGA Y OFICINA	GLOBAL	1,00	750,00	750,00
3	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	3.400,00	2,00	6.800,00
4	EXCAVACION A MAQUINA	M3	2.520,00	7,50	18.900,00
5	CARGADO Y DESALOJO	M3	2.205,00	2,40	5.292,00
6	REUBICACION DE TUBERIAS DE AA.SS	GLOBAL	1,00	20.500,00	20.500,00
7	REUBICACION DE TUBERIAS DE AA.LL	GLOBAL	1,00	12.500,00	12.500,00
8	REUBICACION DE TUBERIAS DE AP	GLOBAL	1,00	5.500,00	5.500,00
9	REUBICACION DE POSTES Y CABLEADO	GLOBAL	1,00	17.500,00	17.500,00
10	PILOTAJE DE H.A.	M	320,00	460,00	147.200,00
11	ZAPATA DE H.A.	M3	43,20	625,00	27.000,00
12	MUROS DE H.A.	M3	758,82	425,00	322.498,50
13	ENCOFRADO (2 USOS)	M2	1.240,00	15,50	19.220,00
14	RELLENO DE MATERIAL SELECCIONADO	M3	4.071,50	25,00	101.787,50
15	PILAS Y VIGAS DE H.A.	M3	18,00	730,00	13.140,00
16	VIGAS DE HORMIGON POSTENSADO	M	279,50	575,00	160.712,50
17	LOSA DE HORMIGON ARMADO	M3	82,73	545,00	45.088,94
18	PAVIMENTO RIGIDO EN ACCESOS	M3	177,60	245,00	43.512,00
19	BARANDAS DE H.A.	M	351,80	65,00	22.867,00
20	JUNTAS DE DILATAION	M2	28,00	500,00	14.000,00
21	CHIRIMOYAS SEPARADORAS DE CARRIL	M	750,00	25,00	18.750,00
22	ILUMINACION DEL PUENTE Y SUS ACCESOS	GLOBAL	1,00	85.000,00	85.000,00
23	SEÑALIZACION VERTICAL	U	40,00	80,00	3.200,00
24	REPOSICION DE PAVIMENTO ASFALTICO	M2	500,00	16,00	8.000,00
25	RECONSTRUCCION DE ISLAS Y ACERAS	GLOBAL	1,00	25.000,00	25.000,00
26	REUBICACION DE SEMAFOROS	GLOBAL	1,00	15.000,00	15.000,00
27	SEÑALIZACION HORIZONTAL	M2	350,00	16,00	5.600,00
28	RUBROS AMBIENTALES	GLOBAL	1,00	15.500,00	15.500,00
				TOTAL	1.183.318,44

Tabla 23. Cuadro de cantidades, precios unitarios y total



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez concluido el trabajo de análisis de la “situación actual” de la intersección y lo que pueda suceder en el futuro, al incrementarse el parque automotor en la ciudad de Portoviejo, concluyo que:

Es necesario acometer de inmediato proponiendo una solución integral al problema del congestionamiento vehicular en la intersección materia de este documento, ya que en la actualidad se presentan niveles de servicio altos lo que conllevan al congestionamiento.

De acuerdo a los análisis cuantitativos y cualitativos realizados en cuanto al movimiento del tránsito presente y futuro de la intersección analizada, se concluye que es una intersección inviable actualmente, que no se puede continuar con este estado ya que se presentan demoras muy significativas en el tránsito vehicular y por ende pérdidas económicas y producción de grandes cantidades de gases contaminantes.

Se puede concluir además, que los datos ingresados al simulador Synchro 8 son confiables, ya que son fiel reflejo de lo que sucede en la realidad visualizando objetivamente el movimiento de tráfico.

Del análisis realizado en una proyección hasta el año 2035 se puede concluir que se necesitan implementar soluciones de carácter físico tanto en las vías de la presente intersección como en los sectores de influencia de la misma.

El “Nivel de Servicio” (LOS) en la intersección es F, y en todos los sentidos es también F, por lo tanto se deben implementar medidas de “Gerencia de Tránsito” y señalización para disminuir las demoras. El nivel de servicio, manteniendo la política de la autoridad de tránsito de mantener siempre en esta y otras



intersecciones el sistema de cuatro fases semaforizadas, difícilmente mejore ya que siempre habrá que esperar tres fases para cruzar la intersección.

En cuanto a la seguridad vial, se concluye que debido a que existe un ciclo semafórico de cuatro fases bien coordinadas, no se presentan casos de conflictos y por lo tanto es muy baja la accidentabilidad en esta intersección. Los pocos accidentes reportados que existen, son por la inobservancia de las señales, la impericia de conductores o peatones, mas no por la posibilidad de conflictos en el cruce vehicular.

En cuanto a la situación ambiental, en la Tabla 22 se puede anotar lo siguiente:

a) Que al optimizar los tiempos de las fases (En el simulador Synchro 8) se nota que hay un menor consumo de combustible que con los tiempos de fases en el momento de la toma de datos.

b) Que la construcción de un paso elevado vehicular es necesaria para disminuir las demoras y mejorar los niveles de servicio, ya que esto repercute en el menor consumo de combustible y la menor producción de gases contaminantes.

En lo que se refiere al tema económico, se concluye que se producirán ahorros tanto para los propietarios, conductores y usuarios de los vehículos, la población y el estado, de la siguiente manera; los usuarios y conductores podrán gozar de un mayor tiempo para otras actividades, los propietarios de los vehículos, en el tema de consumo de combustible e insumos automotrices, ahorrarán, el estado utilizará una menor cantidad de recursos para el subsidio, la población en un menor consumo de gases contaminantes y por ende lo que repercute en su salud.

5.2. RECOMENDACIONES

Como consecuencia de las conclusiones expresadas, se deducen las recomendaciones siguientes:



A la autoridad de tránsito municipal:

1. Analizar, por lo menos, las demás intersecciones conflictivas de la ciudad de Portoviejo, en especial una que tiene relación directa con la analizada, esto es las intersecciones de la Av. América con la Av. 5 de Junio y con la Av. Manabí.
2. Optimizar el tiempo de las fases del ciclo semafórico actual
3. Señalizar la intersección y su área de influencia para evitar problemas de estacionamiento indebido de vehículos particulares y buses de transporte público.

Al GAD Municipal:

1. Mejorar el diseño geométrico de la intersección en cuanto a las “islas” esquineras y al radio de curvatura.
2. Construcción de un paso elevado vehicular sobre la avenida América, y en este proceso, mejorar las condiciones de las vías por donde se evaporará el tránsito involucrado.
3. Crear nuevas vías que unan el ingreso a la ciudad desde la vía Manta hacia el centro, lo que implica construir un mayor número de puentes que unan los márgenes derecha e izquierda del río Portoviejo, con sus obras adicionales. En la foto 18 se presentan dos propuestas en este sentido.

Para este efecto, el autor entregará una copia del presente documento a los representantes legales de las instituciones nombradas.



Foto 18. Propuesta para crear nuevas opciones de ingreso a la ciudad



BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R. (1995). *Mejoramiento del sistema de circulación urbana en el Centro Histórico de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Particular de Loja.
- Bull, A. (2003). *La Congestión: el problema y como enfrentarlo*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Cárdenas, J. (2011). *Diseño geométrico de las carreteras*. Santan Fé de Bogota, Colombia: Ediciones ECOE.
- CEPAL. (2013). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. México D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Chocontá, P. (2009). *Diseño geométrico de las vías*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Choez, G. (2012). *El tránsito vehicular en Portoviejo*. Portoviejo, Manabí: UTM.
- Cueva. (s.f.). *Apuntes, herramientas y temas de Ingeniería Civil*.
- Diario, L. H. (2010). *Exceso de vehiculos ahoga a Portoviejo*. Portoviejo, Manabí: Diario La Hora.
- Espinales. (2011). *Condiciones del tránsito en la ciudad de Portoviejo*. Portoviejo, Ecuador: UTM.
- Fernández. (2010). Magnitudes del concepto de congestión. *Revista Eure*, Pág. 96.
- FLACSO. (2012). *El Tránsito caotico en la ciudad de Portoviejo*. Quito, Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede en Ecuador.
- Garber. (2014). *El Conteo vehicular*. Méxoco D.F.: Ediciones Trillas.
- García. (2012). *La semaforacización en Portoviejo*. Portoviejo, Manabí: UTM.
- Godoy. (2010). *Estudios de costos de operaciónb de cooperativa de taxis, buses y colectores de la ciudad de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Kraemer. (2012). *Ingeniería de carreteras*. Madrid, España: McGrawHill/Interamericana.
- Mayor, C. y. (2010). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Editorial Alfaomega Colombiana S.A.
- Ortúzar, J. (2011). *Modelos de demanda de transporte*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Dpto de Ingeniería de Transporte.
- Pardo. (2011). *Medidas de control de la congestión vial urbana actuando sobre la oferta*. México D.F.: Editorial Thomson.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Policía Nacional de Manabí. (2011). *El congestionamiento vehicular en la ciudad de Portoviejo*. Portoviejo, Ecuador: Policía Nacional de Manabí.
- PORTOVIAL. (2013). *El congestionamiento vehicular en la ciudad de Portoviejo*. Portoviejo, Manabí: GAD Municipal de Portoviejo.
- Rojas. (2009). *Crecimiento y concentración vehicular en el centro de la ciudad de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Terán. (2012). *La seguridad del tránsito en la ciudad de Portoviejo*. Portoviejo, Ecuador: UTM.
- Thomson. (2010). *La congestión vehicular*. Madrid, España: Editorial Aedos.
- Thomson, I. B. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Voorhees and Associates, I. A. (1973). *Cargas impositivas a los usuarios de la vialidad del área metropolitana de Caracas*. Caracas, Venezuela: Ministerio de Obras Públicas de Venezuela.
- Zunino. (2013). *El Congestionamiento Vehicular en Buenos Aires*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Quilmes.