



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y DISEÑO
SEMAFÓRICO DE LA AVENIDA UNIDAD NACIONAL ENTRE
AVENIDA MÉXICO Y CALLE DEL BATÁN
(LONGITUD = 1050 m) EN LA CIUDAD DE CUENCA

Trabajo de grado previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones

AUTORES:

Juan Gabriel Aguirre Mejía
Diana Gisella Maita León

DIRECTOR:

Christian Marcelo Moyano Tobar

Cuenca – Ecuador

2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi papá Iván, fuerte roble del cual me apoyo todos los días;
a mi mamá Cecilia, fuente inagotable de amor, paciencia e incondicional sacrificio;
a mi hermana Magu, la mejor amiga que este mundo me pudo dar;
a mi cuñado, sobrinos, familia y amigos, mi motivación para este proceso.

Este logro es para ustedes, con ustedes y de ustedes, mil gracias.

Gabriel Aguirre Mejía

Dedico este trabajo a mis padres, Maruja y Segundo, quienes han sido y serán siempre mi apoyo incondicional; con gran amor, sabiduría y con su ejemplo de superación y entrega me han guiado, gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada esta meta;
a mis hermanos Gabriel y Pilar que han estado conmigo en todo momento, compartiendo alegrías y tristezas, dándome ánimos para continuar;
a mi novio Esteban, a mi familia y amigos, que con su alegría y entusiasmo me han acompañado durante todo este proceso.

Con amor les dedico el resultado de mi esfuerzo y trabajo a lo largo de todos estos años,
muchas gracias.

Gisella Maita León

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a todos los compañeros, profesores y personal administrativo de la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones y de la Facultad de Ciencia y Tecnología, que con el transcurso del tiempo se convirtieron en nuestros valiosos amigos.

En especial al Ing. Christian Moyano Tobar, director de tesis que aportó muchos de sus conocimientos para el éxito del presente trabajo.

Muchas gracias por su apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. JUSTIFICACION.....	3
1.3. ALCANCE.....	4
1.4. MARCO TEORICO.....	5
CAPITULO 2: EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL	
2.1. ANALISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR.....	9
2.1.1. ANÁLISIS MACROSCOPICO.....	9
2.1.2. ANÁLISIS MESOSCOPICO.....	11
2.1.3. ANÁLISIS MICROSCOPICO.....	12
2.2. CONDICIONES GEOMETRICAS ACTUALES.....	13
2.2.1. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	13
2.2.2. INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS.....	18
2.2.3. INTERSECCIONES ROTATORIAS.....	20
2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO DE VOLÚMENES DE TRANSITO.....	26
2.3.1. Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.....	26
2.3.2. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo.....	29
2.3.3. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.....	31
2.3.4. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas.....	35
2.3.5. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. México.....	38
CAPITULO 3: ANALISIS DE LAS INTERSECCIONES	
3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	41
3.1.1. Análisis del Nivel de Servicio de Intersecciones SemafORIZADAS.....	42
3.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS.....	54
3.2.2 Análisis de Intersecciones No SemafORIZADAS: Metodología TWSC (Two Way Stop Controlled Intersections).....	55

3.3	METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES ROTATORIAS.....	65
3.4	CÁLCULO DE NIVELES DE SERVICIO CON PROCEDIMIENTO MANUAL.....	67
3.4.2	Intersecciones semaforizadas.....	67
3.4.4	Intersecciones no semaforizadas.....	82
3.5	DESCRIPCION Y USO DE SOFTWARE “SIDRA INTERSECTION 5.1”	87
3.5.2	DESCRIPCION DEL SOFTWARE	87
3.5.3	ALCANCE DEL SOFTWARE	88
3.5.4	GUIA DE USO DEL SOFTWARE:	88
3.5.5	INGRESO DE DATOS:	92
3.5.6	INTERPRETACION DE RESULTADOS:	100
3.6	CALCULO DE NIVELES DE SERVICIO CON USO DE SOFTWARE	104
3.6.2	INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATAN	104
3.6.3	INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO.....	108
3.6.4	INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA.....	112
3.6.5	INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. AMAZONAS	116
3.6.6	INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MEXICO	119

CAPITULO 4: DISEÑO DEL CORREDOR

4.2	Semaforización.....	122
4.2.2	Generalidades	122
4.2.3	Ventajas y Desventajas.....	122
4.2.4	Tipos de semáforos.....	123
4.3	Distribución de los tiempos del semáforo	125
4.3.2	Metodología del cálculo de los tiempos para el semáforo	126
4.3.3	Intervalo de cambio de fase	127
4.3.4	Longitud del ciclo.....	128
4.3.5	Vehículos Equivalentes	128
4.3.6	Flujo de saturación y tiempo perdido	130
4.4	PROPUESTAS DE REFORMAS	132
4.4.2	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	132
4.4.3	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo...	133
4.4.4	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.....	136
4.4.5	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas	137
4.4.6	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México	138
4.5	EVALUACION DE PROPUESTAS	141
4.5.2	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	141
4.5.3	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo...	144
4.5.4	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	152

4.5.5	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas	155
4.5.6	Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México	158
4.6	PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO Y EVALUACIÓN DE INTERSECCIONES	167
4.6.2	Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.....	168
4.6.3	Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo .	172
4.6.4	Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	175
4.6.5	Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas	179
4.6.6	Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México.....	183
4.7	COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS.....	186
4.7.2	Sistema simultáneo	186
4.7.3	Sistema alternado	186
4.7.4	Sistema progresivo simple o limitado.....	187
4.7.5	Coordinación semafórica del corredor	187
4.8	ANÁLISIS ECONOMICO	193
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		202
CONCLUSIONES		202
RECOMENDACIONES		211
REFERENCIAS		215
ANEXOS		216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características geométricas y de fases fijas de sistema de semaforización de la intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.	14
Tabla 2: Características geométricas y de fases fijas de sistema de semaforización de la intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.	17
Tabla 3: Características geométricas de la intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.	20
Tabla 4: Características geométricas de la intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo	23
Tabla 5: Características geométricas de la intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. México	25
Tabla 6: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN	28
Tabla 7: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. REMIGIO CRESPO	30
Tabla 8: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. PICHINCHA	33
Tabla 9: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS	36
Tabla 10: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. MÉXICO	39
Tabla 11: FORMULACIÓN PARA OBTENCIÓN DE FACTORES	47
Tabla 12: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHÍCULO	49
Tabla 13: PROPORCIÓN DE VERDE DISPONIBLE	50
Tabla 14: Intervalos críticos bases y tiempos continuos bases	60
Tabla 15: Ajustes para el intervalo crítico y tiempos continuos	60
Tabla 16: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHÍCULO INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	65
Tabla 17: CONDICIONES DE TRÁNSITO AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN	68
Tabla 18: FASE SEMAFÓRICA AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN.....	70
Tabla 19: FMHD AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN.....	71
Tabla 20: Agrupación de carriles Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	71
Tabla 21: TPDA acceso 1 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	72
Tabla 22: Distribución del volumen frontal y del porcentaje de vehículos pesados Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	72
Tabla 23: Ajuste de Volúmenes Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	73
Tabla 24: Factores de ajuste Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	75
Tabla 25: Análisis de capacidad y relación volumen/capacidad Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	77
Tabla 26: Análisis de Nivel de Servicio	79
Tabla 27: Nivel de servicio método manual Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.....	81

Tabla 28: Flujos en hora pico de intersección	82
Tabla 29: Determinación de volúmenes de conflicto en calle principal y secundaria.....	82
Tabla 30: Pendientes y Proporción Vehículos Pesados intersección	83
Tabla 31: Cálculo de intervalo crítico, t_c y tiempo continuo, t_f de movimientos	83
Tabla 32: Cálculo de capacidad potencial de movimientos	84
Tabla 33: Capacidad de movimiento para Jerarquía 2: cmj	84
Tabla 34: Capacidad de movimiento para Jerarquía 3: cmk	84
Tabla 35: Capacidad de movimiento para Jerarquía 4: cml	85
Tabla 36: Resumen de capacidad de movimiento para cada flujo	85
Tabla 37: Tasa de flujo de cada movimiento en calle secundaria	85
Tabla 38: Capacidad del carril compartido para cada acceso de calle secundaria.....	86
Tabla 39: Tasa de flujo de cada movimiento en calle principal	86
Tabla 40: Determinación del Nivel de servicio en calles principales y secundarias	86
Tabla 41: Determinación del nivel de servicio del carril compartido en calle secundaria.....	87
Tabla 42: TABLA DE SIGNIFICADOS DE COMANDOS	91
Tabla 43: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN	98
Tabla 44: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN	105
Tabla 45: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN	105
Tabla 46: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO	109
Tabla 47: PORCENTAJES DE FLUJO AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO	109
Tabla 48: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA.....	112
Tabla 49: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA....	112
Tabla 50: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. AMAZONAS	116
Tabla 51: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MÉXICO	119
Tabla 52: PORCENTAJES DE FLUJO AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MÉXICO	119
Tabla 53: AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES PARA VUELTAS A LA IZQUIERDA, <i>EVI</i>	129
Tabla 54: AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES PARA VUELTAS A LA DERECHA, <i>EVD</i>	129
Tabla 55: CUADRO DE DECISIÓN PARA REFORMAS.....	132
Tabla 56: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN CALLE DEL BATÁN	168

Tabla 57: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRAFICO INTERSECCIÓN AV. REMIGIO CRESPO	172
Tabla 58: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRAFICO INTERSECCIÓN AV. PICHINCHA.....	175
Tabla 59: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS	179
Tabla 60: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN AV. MÉXICO	183
Tabla 61: TIEMPOS EMPLEADOS PARA CIRCULAR ENTRE INTERSECCIONES.....	188
Tabla 62: Tiempos acumulados empleados para circular entre intersecciones	188
Tabla 63: Niveles de servicio intersección Calle del Batán.	202
Tabla 64: Niveles de servicio intersección Av. Remigio Crespo.....	203
Tabla 65: Niveles de servicio intersección Av. Pichincha.	203
Tabla 66: Niveles de servicio intersección Av. Amazonas	204
Tabla 67: Niveles de servicio intersección Av. México.	204
Tabla 68: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Calle del Batán.	206
Tabla 69: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Remigio Crespo.	207
Tabla 70: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Pichincha.	208
Tabla 71: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Amazonas	208
Tabla 72: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. México.....	209

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recorrido desde Av. 1ero de Mayo hacia Calle Gran Colombia – Google Maps (Tomada el 08 de octubre de 2013).....	9
Figura 2: Recorrido desde Av. Loja hacia Calle Gran Colombia (Fuente: Google Maps) (Tomada el 08 de octubre de 2013).....	10
Figura 3: División territorial de Cuenca, parroquias urbanas (Fuente: es.wikimedia.org) (Tomada el 09 de octubre de 2013).....	11
Figura 4: Esquema del corredor de la Av. Unidad Nacional (Fuente: Google Maps).....	12
Figura 5: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán – Google Maps (Tomada el 09 de octubre de 2013)	13
Figura 6: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	14
Figura 7: No estacionar – Entrada Sur	14
Figura 8: No estacionar – Entrada Norte	14
Figura 9: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Google Maps).....	15
Figura 10: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	15
Figura 11: Pare – Entrada Oeste	16
Figura 12: Ceda el paso – Entrada Oeste	16
Figura 13: Salida Escuela – Salida Norte	16
Figura 14: No estacionar – Entrada Norte	16
Figura 15: Velocidad máx. – Salida Sureste	16
Figura 16: No virar en U – Entrada Sureste	16
Figura 17: Paso Cebra – Salida Sureste	17
Figura 18: Paso Cebra – Entrada Sureste	17
Figura 19: Paso peatonal – Entrada Noroeste.....	17
Figura 20: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Google Maps)	18
Figura 21: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	19
Figura 22: Velocidad Max. – Entrada Noreste	19
Figura 23: Pare – Entrada Suroeste	19
Figura 24 : Pare – Entrada Noroeste	19
Figura 25: No estacionar – Salida Noreste	19
Figura 26: No virar en U – Salida Noreste	20
Figura 27: Parada de Bus – Entrada Suroeste	20
Figura 28: Intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Google Maps)	21
Figura 29: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	21
Figura 30: Velocidad máx. 50 Km/h – Entrada Sur	22
Figura 31: No estacionar – Entrada Sur	22
Figura 32: Ceda el paso – Entrada Sur	22
Figura 33: Parada de Bus – Entrada Este	22

Figura 34: Ceda el paso – Entrada Este	22
Figura 35: No estacionar – Entrada Norte	22
Figura 36: No estacionar – Entrada Oeste	22
Figura 37: Intersección rotativa – Entrada Oeste	22
Figura 38: Ceda el paso – Entrada Oeste	23
Figura 39: Parada de bus – Salida Oeste	23
Figura 40: Intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Google Maps) (Tomada el 11 de octubre de 2013).....	24
Figura 41: Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.....	24
Figura 42: Parada de Bus – Entrada Noreste	24
Figura 43: Ceda el paso – Entrada Noreste	24
Figura 44: Parada de Bus – Entrada Noroeste.....	25
Figura 45: Ceda el paso – Entrada Noroeste	25
Figura 46: No estacionar – Salida Sur	25
Figura 47: Ceda el paso – Entrada Sur	25
Figura 48: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán 1	27
Figura 49: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán 2	27
Figura 50: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo 1.....	29
Figura 51: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo 2.....	30
Figura 52: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha 1	32
Figura 53: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha 2	33
Figura 54: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas 1.....	35
Figura 55: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas 2.....	36
Figura 56: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. México	39
Figura 57: Jerarquía para cada movimiento direccional (Fuente: HCM2000 Cap. 17)	56
Figura 58: Movimientos conflictivos en calle principal (Fuente: HCM2000 Cap. 17)	57
Figura 59: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Derecho) Fuente: HCM2000 Cap. 17)	57
Figura 60: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Frontal) (Fuente: HCM2000 Cap. 17)	58
Figura 61: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Izquierdo) (Fuente: HCM2000 Cap. 17)	59
Figura 62: Condiciones geométricas Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	67
Figura 63: Movimientos permitidos en Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.....	68
Figura 64: Fase semafórica 2 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.	70
Figura 65: Fase semafórica 1 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.	70
Figura 66: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	81
Figura 67: Imagen de entrada del software (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	89

Figura 68: Ventana principal de software (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)	90
Figura 69: Vista de submenú (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)	90
Figura 70: Cuadro de dialogo tipo de intersecciones (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	91
Figura 71: Vista de ventana de tareas	91
Figura 72: Ventana Intersection (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)	92
Figura 73: Ventana Geometry (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)	93
Figura 74: Ventana Volumes (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)	94
Figura 75: Ventana Path Data (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)	95
Figura 76: Ventana Phasing & Timing (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)	97
Figura 77: Ventana Model Settings (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)	98
Figura 78: Ventana Demand & Sensitivity	99
Figura 79: Ventana de tareas "Output" (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	100
Figura 80: Ventana de resultados "Lane summary" (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)	101
Figura 81: Ventana de resultados "Level of service summary" (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)	102
Figura 82: Ventana de resultados "Phasing summary" (Fuente: Sidra Intersection 5.1) ...	103
Figura 83: Resultados Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013).....	106
Figura 84: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	107
Figura 85: Fases de semaforización Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	108
Figura 86: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013).....	110
Figura 87: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo	111
Figura 88: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013).....	113
Figura 89: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	114
Figura 90: Fases de semaforización Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	115

Figura 91: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013).....	117
Figura 92: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	118
Figura 93: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 25 de octubre de 2013).....	120
Figura 94: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	121
Figura 95: Intervalo de cambio de fase.....	127
Figura 96: Propuesta intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	133
Figura 97: Propuesta intersección rotatoria semaforizada	134
Figura 98: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013).....	135
Figura 99: Propuesta intersección rotatoria ampliada Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1).....	136
Figura 100: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	137
Figura 101: Propuesta intersección semaforizada	138
Figura 102: Propuesta intersección rotatoria semaforizada	139
Figura 103: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. México	140
Figura 104: Propuesta intersección rotatoria ampliada	141
Figura 105: Resultados propuesta intersección Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)	142
Figura 106: Niveles de servicio propuesta intersección Calle del Batán	143
Figura 107: Fase semafórica propuesta intersección Calle del Batán	144
Figura 108: Resultados propuesta intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 30 de octubre de 2013).....	145
Figura 109: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo	146
Figura 110: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013) ..	147
Figura 111: Resultados propuesta intersección semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)	148
Figura 112: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Remigio Crespo.....	149
Figura 113: Fase semafórica intersección semaforizada Av. Remigio Crespo	150
Figura 114: Resultados propuesta intersección rotatoria ampliada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)	151
Figura 115: Niveles de servicio intersección rotatoria ampliada Av. Remigio Crespo	152

Figura 116: Resultados propuesta intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013).....	153
Figura 117: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Pichincha	154
Figura 118: Fase semafórica intersección semaforizada Av. Pichincha	155
Figura 119: Resultados propuesta intersección Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013).....	156
Figura 120: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Amazonas	157
Figura 121: Niveles de servicio y fase semafórica intersección semaforizada Av. Amazonas	158
Figura 122: Resultados propuesta intersección rotatoria semaforizada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)	159
Figura 123: Niveles de servicio intersección rotatoria semaforizada Av. México	160
Figura 124: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. México	161
Figura 125: Resultados propuesta intersección semaforizada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013).....	162
Figura 126: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. México	163
Figura 127: Niveles de servicio y fase semafórica intersección semaforizada Av. México.	164
Figura 128: Resultados propuesta intersección rotatoria ampliada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013).....	165
Figura 129: Niveles de servicio intersección rotatoria ampliada Av. México	166
Figura 130: Resultados proyección intersección Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013).....	169
Figura 131: Niveles de servicio intersección Calle del Batán	170
Figura 132: Fase semafórica intersección Calle del Batán	171
Figura 133: Resultados proyección intersección Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013).....	173
Figura 134: Niveles de servicio intersección Av. Remigio Crespo	174
Figura 135: Resultados proyección intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013).....	176
Figura 136: Niveles de servicio y fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	177
Figura 137: Fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	178
Figura 138: Resultados proyección intersección Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013).....	180
Figura 139: Niveles de servicio intersección Av. Amazonas, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	181
Figura 140: Fase semafórica intersección Av. Amazonas, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	182

Figura 141: Resultados proyección intersección Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 12 de noviembre de 2013).....	184
Figura 142: Niveles de servicio intersección Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) ..	185
Figura 143: Diagrama Distancia vs. Tiempo Av. Pichincha (no coordinado)	189
Figura 144: Resultados intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1).....	190
Figura 145: Niveles de servicio intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)	191
Figura 146: Fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) .	192
Figura 147: Diagrama Distancia vs. Tiempo Av. Pichincha (coordinado)	193

Handwritten signature and date: 11/02/14

RESUMEN

Evaluación del estado actual y diseño semafórico de la Av. Unidad Nacional entre Av. México y Calle del Batán (Longitud= 1050 m) en la ciudad de Cuenca

La importancia de este proyecto está enfocada en analizar y evaluar el estado actual del corredor vial ubicado en la Av. Unidad Nacional, entre Av. México y Calle del Batán. Para elaborar el presente trabajo se determinaron las características geométricas y flujos vehiculares actuales del tramo objeto de estudio; con ello analizar su capacidad vial, niveles de servicio y realizar las reformas geométricas necesarias. Usando datos de la consultoría "Estudio de Volúmenes de Transito en Diferentes Intersecciones de la Ciudad de Cuenca" autorizados por el GAD Municipal del Cantón Cuenca y realizando levantamiento de datos en campo, se efectuaron cálculos manuales y procesamiento de datos por medio de un software profesional especializado; obteniendo resultados para evaluar los niveles de servicio en la intersecciones para el estado actual y proyectados para tres años. Concluyendo con modificaciones geométricas y semafóricas para garantizar un mejor servicio por intersección; coordinación semafórica en un tramo establecido y presupuesto económico referencial para su ejecución.

PALABRAS CLAVE

Intersección semafórica, intersección no semafórica, intersección rotatoria, nivel de servicio, capacidad vial, corredor vial, HCM 2000, Sidra Intersection 5.1.



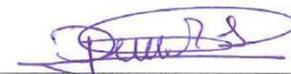
Ing. Paúl Cordero D.
DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. Christian Moyano T.
DIRECTOR DE TESIS



Gabriel Aguirre M.
COAUTOR



Gisella Maita L.
COAUTORA

Handwritten signature and date: 11/02/14

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATUS AND TRAFFIC LIGHT DESIGN AT UNIDAD NACIONAL AVENUE, BETWEEN MEXICO AVENUE AND BATÁN STREET INTERSECTIONS (LENGTH = 1050 METERS) IN THE CITY OF CUENCA.

The importance of this project is focused on analyzing and evaluating the current state of the road corridor at *Unidad Nacional* Avenue, between *Mexico* Avenue and *Batán* Street. In order to make this work the geometric characteristics and traffic flow of the current section under study were determined, in that way analyze its road capacity, service levels, as well as make the necessary geometric reforms. We used data from "Study of Transit Volumes in Different Intersections of the City of Cuenca" Consulting Services, which are authorized by the GAD (Municipal Autonomous Decentralized Government) of Canton Cuenca. A field data survey, manual calculations and data processing were performed by professional specialized software, obtaining results to evaluate service levels at intersections for the current state and projected for three years. We concluded with geometric and traffic light changes to ensure a better service for the intersection, traffic light coordination at an established section, and a referential financial budget for its implementation.

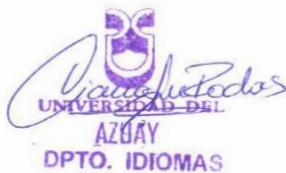
Keywords: Signalized Intersections, Non Signalized Intersection, Rotary Intersection, Service Level, Road Capacity, Road Corridor, HCM 2000, Sidra Intersection 5.1

Handwritten signature of Paul Cordero D.
Ing. Paul Cordero D.
SCHOOL DIRECTOR

Handwritten signature of Gabriel Aguirre M.
Gabriel Aguirre M.
AUTHOR

Handwritten signature of Christian Moyano T.
Ing. Christian Moyano T.
THESIS DIRECTOR

Handwritten signature of Gisella Maita L.
Gisella Maita L.
AUTHOR



Handwritten signature of Lourdes Crespo
Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Aguirre Mejía Juan Gabriel

Maita León Diana Gisella

Trabajo de Grado

Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar

Febrero 2014

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y DISEÑO SEMAFÓRICO DE LA AVENIDA UNIDAD NACIONAL ENTRE AVENIDA MÉXICO Y CALLE DEL BATÁN (LONGITUD = 1050 m) EN LA CIUDAD DE CUENCA

INTRODUCCIÓN

Los nuevos proyectos presentados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, principalmente el “Tranvía Cuatro Ríos” que ya se encuentra en ejecución, demandan nuevos servicios e infraestructura vial, de señalización, reconfiguración de corredores viales y nuevas alternativas que permitan optimizar un tráfico que en horas pico se encuentra comprometido por las altas esperas y por lo tanto demoras de los usuarios en las intersecciones semafóricas de algunos sectores de la ciudad.

El presente documento ofrece una evaluación del estado actual en el que se encuentra el corredor ubicado en la Av. Unidad Nacional entre sus intersecciones con la Av. México y Calle del Batán, con una extensión aproximada de 1050 metros de longitud y que intercepta con cinco vías de las cuales tres son de alto uso por parte de los ciudadanos.

La evaluación actual se realizará usando los datos otorgados por la Dirección Municipal de Transito a través de la consultoría “Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”. Posteriormente proyectaremos esos resultados a tres años más, para determinar cuáles serían las solicitudes de los usuarios y si dichas intersecciones podrán ofrecer una óptima capacidad vial y niveles de servicio establecido en el “Highway Capacity Manual 2000” (HCM 2000).

Además usaremos un software de planificación y modelación de tráfico denominado “Sidra Intersection 5.1”, programa vinculado a la obtención de niveles de servicio y tiempos óptimos de semaforización que ha sido desarrollado en base a las normas antes mencionadas; debidamente comprobadas por métodos manuales de cálculo para justificar sus resultados.

Por último, presentaremos las debidas modificaciones geométricas de las intersecciones y de ser necesario nuevos sistemas de semaforización para de esta manera controlar y mejorar los niveles de servicio para todas las vías de aporte que intersectan con dicho corredor. En dichas modificaciones realizaremos un análisis económico para justificar la factibilidad de aplicar dichas reformas, caso contrario se dejará un precedente para futuras evaluaciones del mismo corredor para poder satisfacer la nueva demanda que cada año aumenta en nuestra ciudad.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

Cuenca, principal polo económico de la región sur del país, en los últimos años ha incrementado sus actividades productivas creando serios problemas de movilidad, por lo que es indispensable generar un modelo eficiente, que permita la circulación de los diferentes medios de transporte así como de los peatones en condiciones óptimas y sin mayores dificultades. Para lograr este objetivo, es necesario analizar el estado actual de las principales vías que conectan los diferentes sectores de la ciudad.

La movilidad en la ciudad de Cuenca se complica cada día más, con el creciente congestionamiento vehicular que se puede percibir durante el día; entre otros factores, debido al constante crecimiento del parque automotor, lo cual conlleva a la saturación de la capacidad vial generada por una sobredemanda de las vías principalmente en los períodos de las horas de máximo movimiento.

En un enfoque hacia una movilidad sostenible, se debe dar prioridad al funcionamiento eficaz del sistema de transporte público, por lo que es necesario señalar y tomar en cuenta que el recorrido de algunas líneas de buses urbanos (línea 27, 2 y 14) que tienen una gran demanda diaria, atraviesa por el tramo objeto de estudio de la Av. Unidad Nacional, con una frecuencia aproximada de 15 minutos entre las diferentes unidades (buses).

El corredor de la Av. Unidad Nacional corresponde a una vía arterial secundaria, por lo cual es de vital importancia para la movilidad de la ciudad de Cuenca, tanto del transporte público como privado; pues facilita la accesibilidad a diferentes parroquias urbanas y moviliza un gran porcentaje de vehículos motorizados y no motorizados, así como un considerable flujo peatonal.

1.2. JUSTIFICACION

Con la creciente demanda y la referencia de que el corredor objeto de estudio servirá para una futura vía de conexión entre el taller de mantenimiento de las unidades de transporte masivo “Tranvía 4 Ríos” (a ubicarse en el antiguo local del CREA) y la estación ubicada en “El Arenal”, este corredor pasará a prestar sus servicios con mayor exigencia y, por lo tanto, se requiere de un mayor control en el flujo vehicular.

Adicionalmente, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca (GAD) a través de la Dirección Municipal de Tránsito, tiene previsto que en la Av. Unidad Nacional, específicamente desde la Av. Pichincha hasta la Av. 3 de Noviembre, atravesase una ciclo vía correspondiente a la “fase de ciclo vías oeste propuestas”, que se implementará en mediano plazo, para lo cual se requiere conocer el flujo vehicular y la capacidad vial actual a través del respectivo análisis, así como su futura demanda, mediante proyecciones de tráfico a largo plazo.

Todos estos proyectos se ven comprometidos por la actual tasa de 5000 veh/día que circula por el corredor, sumado un bajo índice de ocupación de personas por vehículo (1.3 personas por vehículo), demandan una urgente solución a corto plazo para mitigar un potencial congestionamiento vehicular que se encuentra generando.

En este proyecto se pretende evaluar y diseñar un sistema semafórico que permita una óptima circulación del flujo vehicular y peatonal, de tal manera que se puedan disminuir considerablemente las excesivas demoras que se generan en la actualidad; y de la misma forma, reducir el consumo de combustible que ocasionan esas pérdidas de tiempo en las largas colas que se forman durante las horas pico, así como mitigar el riesgo de accidentes y también la contaminación ambiental.

Su evaluación se basará en conteos manuales de tráfico observado y datos de TPDA, realizados en la consultoría “Estudio de Volúmenes de Tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca” contratada por el GAD Cuenca, lo cual nos permitirá tener una apreciación objetiva de su estado actual para posteriormente realizar las reformas y diseños necesarios. Además, el proyecto contará con la dirección y guía de un profesional especializado en el tema de tránsito y transporte, quien aportará con su conocimiento y experiencia, garantizando de esta manera el carácter científico y técnico de nuestra evaluación y diseño.

1.3. ALCANCE

El alcance del presente texto es inicialmente evaluar el estado actual del corredor de la Av. Unidad Nacional entre sus intersecciones con la Av. México y Calle del Batán, con una extensión aproximada de 1050 metros de longitud, mediante un análisis de la capacidad vial y nivel de servicio en las intersecciones de dicho corredor. Los datos de conteo, al igual que los tiempos de espera se realizaron manualmente tanto en el estudio realizado para el G.A.D. Municipal del Cantón Cuenca como por parte de los autores del presente estudio, de manera que los datos son actualizados, cumpliendo con las normas de investigación y manuales de tránsito referidos para esta evaluación.

Sobre la base de estos resultados, analizaremos mediante la aplicación de normas técnicas, principalmente americanas (HCM 2000) y mexicanas (Manual Mexicano de Transporte), las reformas geométricas necesarias y que propongan el menor impacto en la infraestructura existente optimizando carriles, veredas y parterres; creando carriles exclusivos que faciliten giros preferenciales y obras adicionales que optimicen el flujo vehicular.

Además diseñaremos las intersecciones semaforizadas a lo largo del tramo objeto de intervención con la aplicación de un software que permita realizar la simulación de las fases semaforizadas y obtener una coordinación teórica entre ellas, exceptuando redondeles.

Por último realizar un análisis técnico de lo proyectado para garantizar nuestra propuesta y un análisis económico en donde presentaremos una cifra aproximada del costo que puede tener un proyecto de esta magnitud para una futura ejecución por parte de las entidades a cargo.

1.4. MARCO TEORICO

INDICADORES DE TRÁNSITO

Previo al análisis de la situación actual del corredor objeto de estudio, es necesario conocer algunas características fundamentales del tránsito, constituidas por los indicadores que se mencionan a continuación.

Volumen

Se refiere al número de vehículos que pasan por un punto específico de una vía durante un determinado período de tiempo. Para realizar una estimación bastante aproximada del nivel de servicio real de una vía y su capacidad, y mejorarlo si es necesario, se debe recabar la información correspondiente a los volúmenes de tránsito que circulan por el punto de análisis, su composición y comportamiento a lo largo del día.

Velocidad

Este parámetro se define como la distancia recorrida por unidad de tiempo. La velocidad de los vehículos es uno de los indicadores más importantes a la hora de medir la eficacia de un corredor vial, para lo cual, lo más común es determinar la velocidad en un punto determinado de la vía, conocida como velocidad de punto o instantánea, y debido a que este indicador varía de un tipo de vehículo a otro (livianos, pesados, motocicletas, etc.), es mejor trabajar con valores promedio y evitar así el sesgo de la información recabada.

Densidad

Se define como el número de vehículos que existen por unidad de longitud de una vía. Está en función tanto del volumen como de la velocidad, pues si analizamos el caso en que todos los vehículos se encuentren en fila uno detrás de otro y sin dejar espacio entre ellos, tendremos una densidad máxima y un altísimo volumen vehicular, mientras que la velocidad será nula, puesto que los vehículos se encuentran detenidos.

Capacidad

Es el flujo máximo que puede soportar una vía, y se debe considerar que no depende únicamente de sus características geométricas, pues para mantener en un estado óptimo las condiciones operacionales de una vía, y que ésta se considere eficiente, se admite cierto volumen máximo de vehículos. Concretamente, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos y/o peatones que pueden pasar por un punto específico de la calzada durante un determinado intervalo de tiempo, bajo las siguientes condiciones prevalecientes.

Infraestructura Vial

Comprende las condiciones físicas de la vía (número de carriles, tránsito continuo o discontinuo, con o sin control en los accesos, etc.), el equipamiento de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles, velocidad de circulación, restricciones para maniobras de rebasamiento, etc.).

Independientemente del tipo de infraestructura vial, ésta puede ser de circulación continua o discontinua; la primera no cuenta con ningún tipo de elementos externos que produzcan interrupciones e impidan la libre circulación de los vehículos, mientras que en la segunda existen elementos externos al flujo vehicular tales como semáforos, señales de pare o ceda el paso, entre otros, que producen detenciones momentáneas de los vehículos, lo cual genera demoras en el tráfico.

Tránsito

Hace referencia a los volúmenes vehiculares que atraviesan por el punto de análisis, su comportamiento a lo largo del tiempo y del espacio, composición por tipo de vehículos, afluencia en las horas de máxima demanda. También es importante conocer e identificar el tráfico según su origen y destino, lo cual se refleja en los movimientos direccionales que realiza el conductor en las diferentes intersecciones.

Dispositivos de control

Se refiere a los dispositivos existentes que permiten controlar y regular el tráfico, tales como semáforos y señalización vertical con ciertas indicaciones restrictivas como pare, ceda el paso, prohibido estacionar, prohibido girar a la izquierda o en u, entre otros. Del mismo modo, existe señalización horizontal que garantiza la seguridad de los peatones.

INTERSECCIONES

Una intersección es un área en la que confluyen dos o más caminos (vías, carreteras, etc.), pueden ser a nivel o a desnivel y permite el intercambio entre los mismos; su principal función es facilitar el cambio de dirección en la ruta, y para regular el paso de los vehículos, se utilizan los dispositivos de control según lo amerite el tráfico.

Intersecciones Semaforizadas

En este tipo de intersecciones se reduce considerablemente el conflicto de los giros en el cruce, pues mediante el dispositivo de los semáforos es posible asignar el paso a determinados flujos en tiempos diferentes. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el tiempo que pierden los vehículos en espera de su turno para circular, y las largas colas que esto genera; es por ello que al momento de decidir si es factible la semaforización de una intersección, son muchos los factores que se tienen que considerar, entre ellos la intensidad del volumen de tránsito, el flujo peatonal, así como historial de accidentes que se registre.

Intersecciones No Semaforizadas

Las intersecciones de este tipo son aquellas que no están reguladas por ningún tipo de dispositivo electrónico, tales como los semáforos. Sin embargo, cuentan por lo general con señalización vertical, la cual permite determinar de alguna forma la prioridad del paso para cada uno de los diferentes accesos a la intersección, de tal manera que se pueda reducir el conflicto a la hora de realizar las maniobras para ejecutar los posibles giros en las aproximaciones.

Intersecciones Rotatorias

Se definen a los redondeles como intersecciones giratorias en las que el tráfico preferente es el que circula por la calzada anular. Brindan además todos los movimientos en la intersección, con las mismas condiciones y sin favorecer ninguno de ellos, lo que garantiza que los giros se van a hacer en mejores condiciones que en una intersección convencional.

La intersección rotatoria se compone de las siguientes zonas:

- a. Zona de acceso al redondel,
- b. Zona de circulación rotatoria y

c. Zona o sección de entrecruzamiento o enlace.

La primera zona tiene en cuenta consideraciones de que es casi ineludible construir la isleta separadora anticipada, en una longitud importante que evitará las entradas en contra sentido que intentan algunos conductores para evitar recorridos viciosos. A medida que la isleta separadora llega a la intersección rotatoria, se va transformando en isleta direccional y canalizadora para guiar al tránsito que llega.

La segunda zona la constituyen la isleta central y el pavimento que la circunda, mientras que la tercera zona es la que se denomina sección de entrecruzamiento o enlace. Es la zona en la que se encuentran o se separan los vehículos que llegan al redondel para tomar los diversos ramales de salida.

Una intersección rotatoria es eficiente si sus dimensiones están acordes con el volumen de tránsito que ha de distribuir, si su velocidad está en función de la velocidad directriz (VD) de las vías que lo conforman y su capacidad es igual o superior a la de las vías que la conforman (estas condiciones ocasionalmente se dan).

ANÁLISIS OPERACIONAL

Para realizar un análisis operacional de tráfico vehicular se recurren a herramientas básicas que permiten conocer el panorama en el cual se va a trabajar, de ello se han desarrollado modelos y análisis dependiendo de la apreciación que se pretende establecer para los diferentes resultados que se necesiten. Principalmente se puede realizar un análisis desde tres perspectivas, las cuales definimos a continuación:

Análisis Macroscópico: Estudia el comportamiento de los autos y de sus conductores a gran escala, dependiendo de sus condiciones del tráfico existente en cada situación. Este análisis es el más grande que se puede realizar en un estudio de tráfico vehicular.

Análisis Mesoscópico: Para realizar este análisis se puede crear grupos de vehículos o de manera individual, observando que sus características sean similares tales como tamaño del vehículo, velocidad, deseo de viajes, etc. Este segundo análisis se comporta de manera más sintetizada que la anterior, de rango medio para su aplicación en un estudio de tráfico.

Análisis Microscópico: Es el más discreto de los análisis empleados, trata individualmente a cada uno de los vehículos, describiendo el comportamiento del flujo de tráfico. Este análisis es la herramienta más avanzada en el campo de representación de la circulación vehicular que se puede aplicar.

CAPITULO 2

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

2.1. ANALISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR

Del presente estudio, tenemos que identificar como una de tantas variables representativas que influyen sobre nuestros futuros cálculos de niveles de servicio y capacidad vial, las fuentes generadoras de viajes (relaciones globales del flujo de tráfico), de manera macroscópica, mesoscópica y microscópica; todos estos análisis que son aplicables a cálculos, responden a fórmulas empíricas y de aproximación, por lo tanto no es indispensable su aplicación pero si tomar en cuenta su tendencia de resultados para poder generar un modelo y ambiente de tráfico real para desarrollar con certeza los cálculos que vendrán en el futuro.

2.1.1. ANÁLISIS MACROSCOPICO

De manera macroscópica, el corredor de la Av. Unidad Nacional sirve como enlace conector entre la zona sur con la zona centro de la ciudad, por ejemplo, si un ciudadano se encuentra por los alrededores de la parroquia Yanuncay y su deseo de viaje es hacia el centro de la ciudad, una de las rutas que puede optar es llegar a la Av. Loja, ingresar por el corredor de la Av. Unidad Nacional y luego la calle Gran Colombia, la cual ya es considerada como vía o calle colectora – distribuidora que cruza todo el centro de la ciudad.

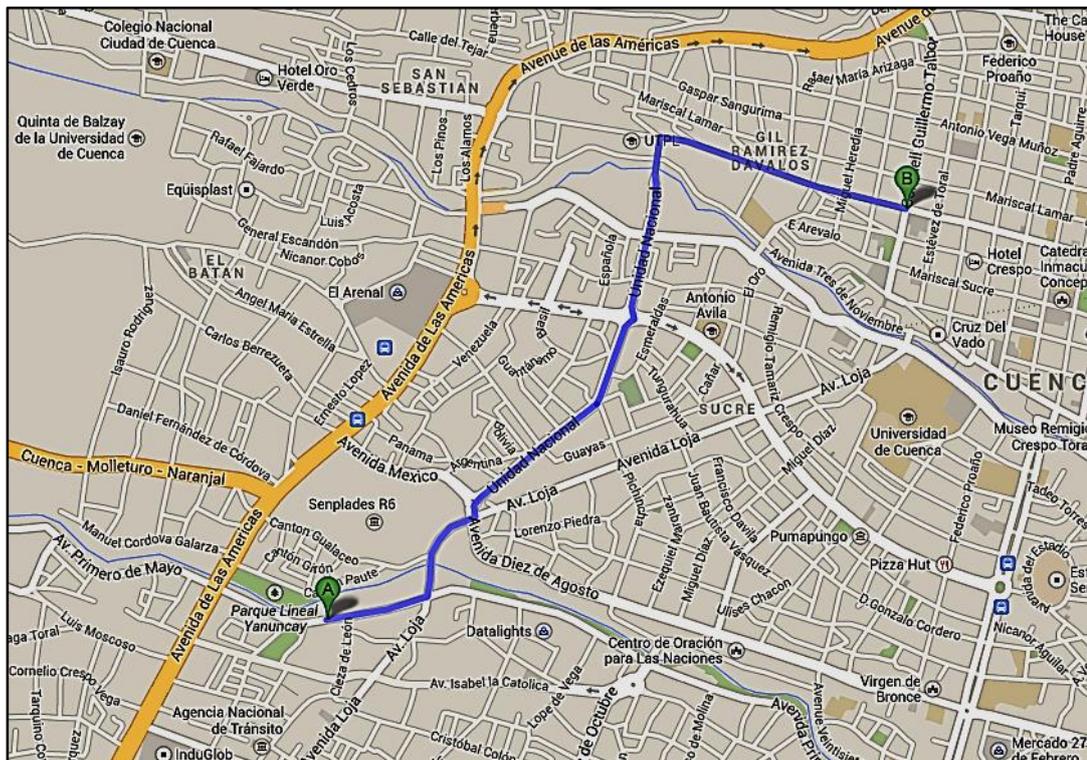


Figura 1: Recorrido desde Av. 1ero de Mayo hacia Calle Gran Colombia – Google Maps (Tomada el 08 de octubre de 2013)

Otro caso de ruta es para el usuario que pretende realizar su viaje desde los alrededores de la parroquia Bellavista hacia los alrededores de la parroquia Sucre, que representa una conexión entre la zona norte con la zona sur de la ciudad, también puede optar por el uso de corredor. Por lo tanto, se concluye que este corredor sirve como vía arterial para conectar distintas zonas de la ciudad, en su totalidad tiene una longitud de 1.5Km y al día cumple con una capacidad aproximada de 11.000 vehículos que circulan por dicho corredor, la cual delata la importancia de esta vía. La velocidad promedio entre estos viajes fue de 25 km/h, tomados en campo mediante circulación vehicular real durante las horas pico.

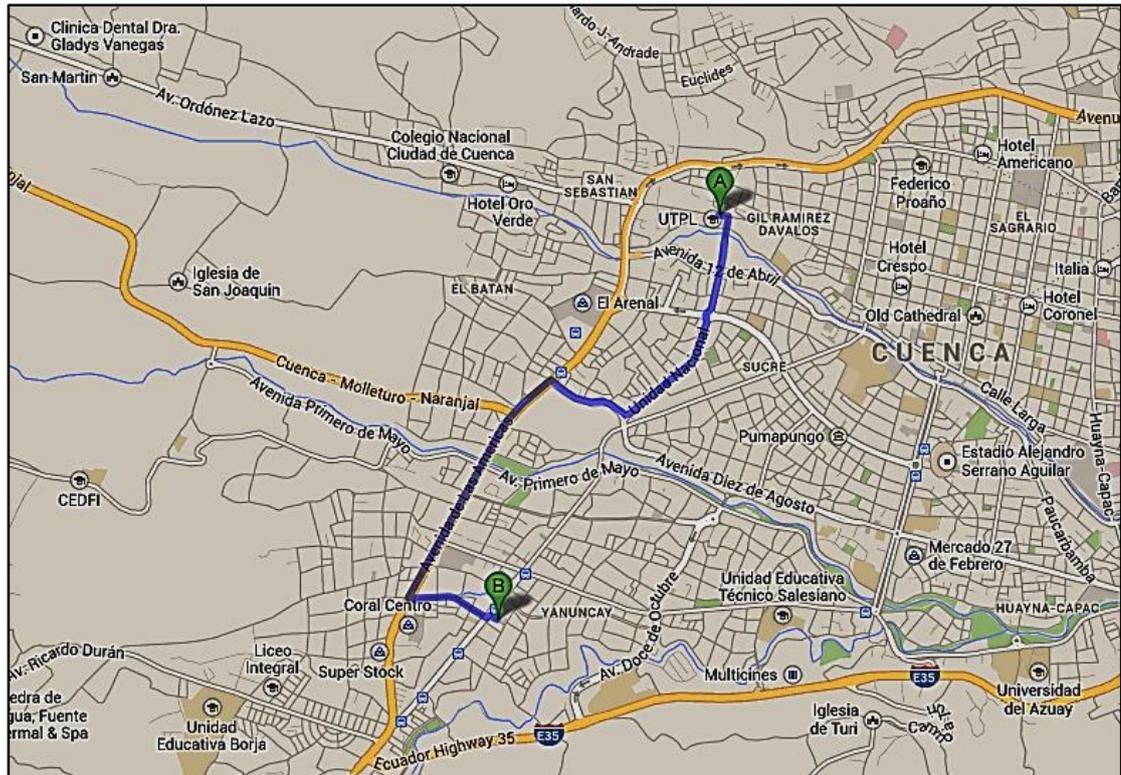


Figura 2: Recorrido desde Av. Loja hacia Calle Gran Colombia (Fuente: Google Maps) (Tomada el 08 de octubre de 2013)

En general, los usuarios que pueden utilizar este corredor podrán conectar parroquias urbanas como: San Sebastián, El Batán, Yanuncay, Bellavista, Gil Ramírez Dávalos, El Sagrario y Sucre, que corresponde a casi la mitad de parroquias urbanas existentes en el Cantón.

1. San Sebastián
2. El Batán
3. Yanuncay
4. Bellavista
5. Gill Ramírez Dávalos
6. El Sagrario
9. Sucre

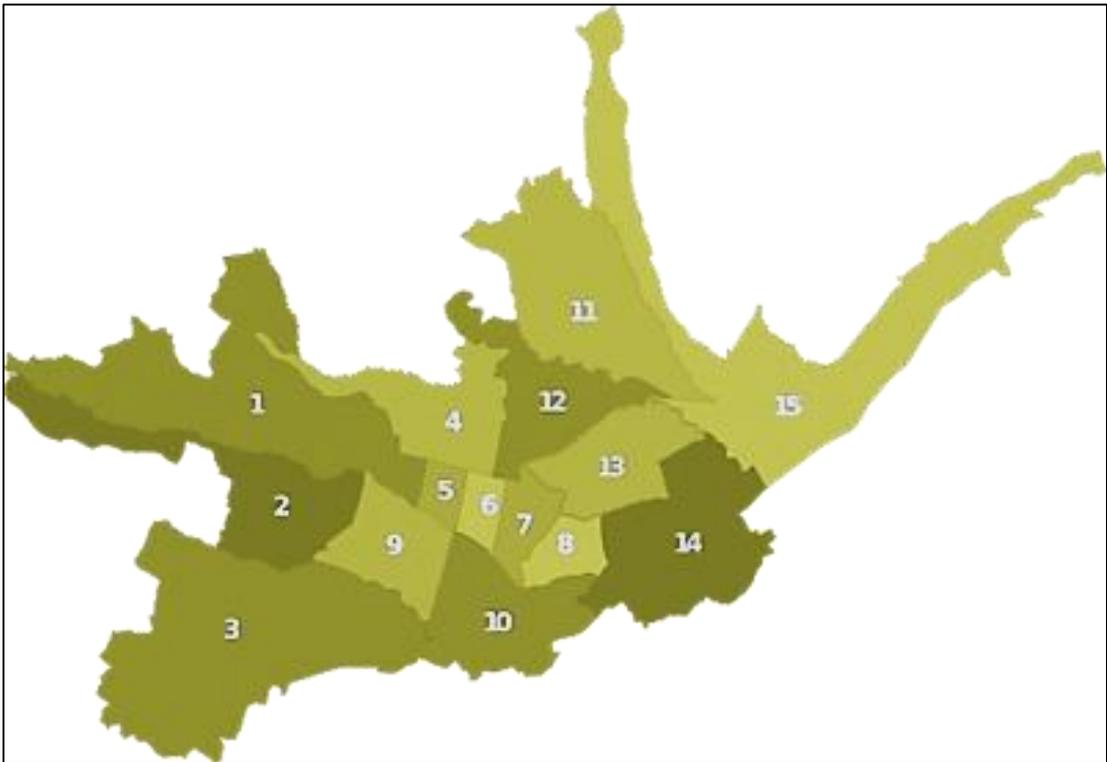


Figura 3: División territorial de Cuenca, parroquias urbanas
(Fuente: es.wikimedia.org) (Tomada el 09 de octubre de 2013)

2.1.2. ANÁLISIS MESOSCÓPICO

Ahora, analizando al corredor de manera mesoscópica, identificamos a varios puntos atractivos de flujo vehicular dentro de nuestro corredor tales como: Plaza de las Américas, zona comercial, educativa y bancaria ubicada en la Av. Ordóñez Lazo y calle Gran Colombia, Clínica de Especialidades Médicas Latinoamericana, Centro Comercial El Arenal, Estación de Transferencia El Arenal, Iglesia Verbo Cuenca, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades) Zona 6 – Austro y el futuro Centro de Mantenimiento de Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca son fuertes polos atractivos de viajes y los cuales de manera parcial o total son utilizados por los usuarios que transitan por dicha zona.

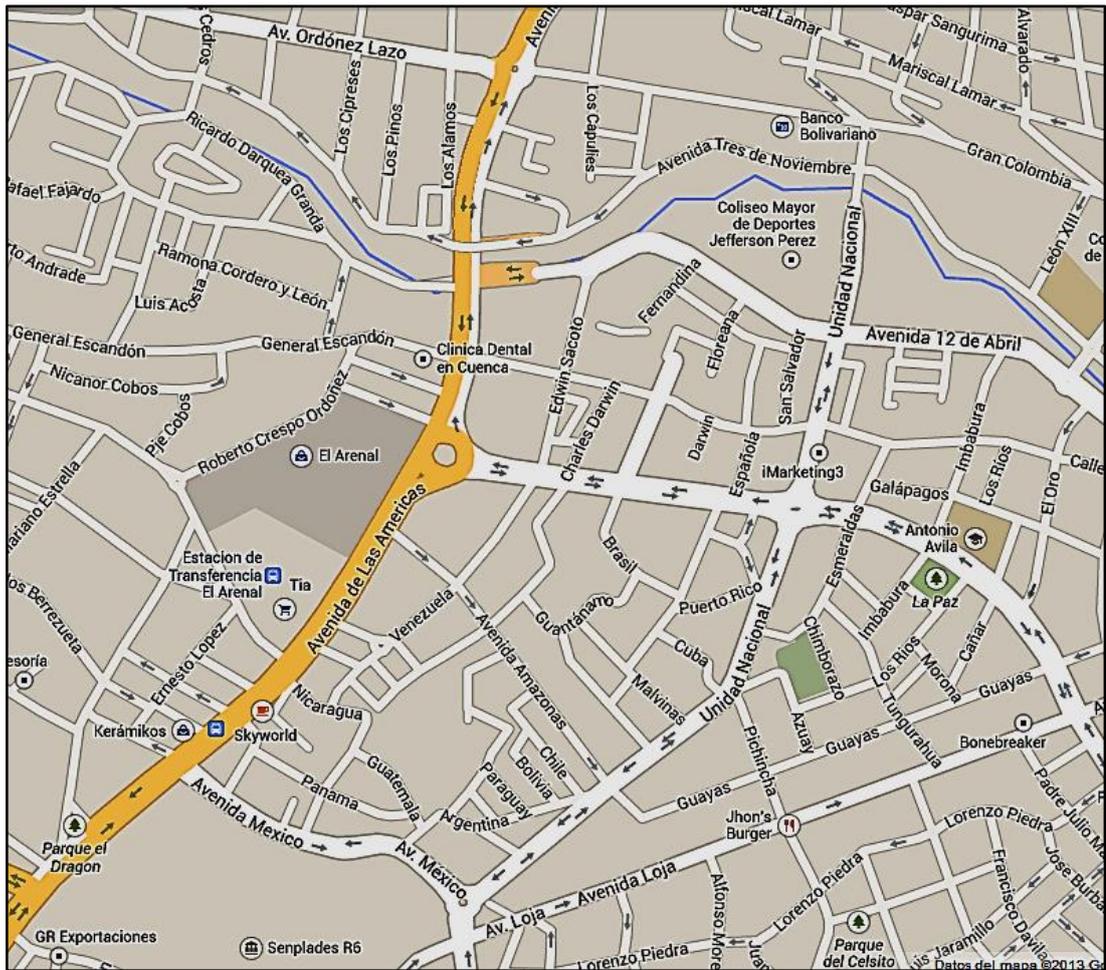


Figura 4: Esquema del corredor de la Av. Unidad Nacional (Fuente: Google Maps)
(Tomada el 09 de octubre de 2013)

2.1.3. ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Por último, microscópicamente hablando en el corredor constan fuertes polos de atracción de viajes de los cuales consta el ya nombrado Coliseo Mayor de Deportes Jefferson Pérez, la Escuela “Unedid”, el centro de diversión nocturna Discoteca “Black”, el futuro Centro de Mantenimiento del “Tranvía Cuatro Ríos” de Cuenca y creciente zona comercial que se establece en el corredor vial sujeto a estudio. Todos estos polos generan diariamente un flujo de alta demanda vehicular que circulan por la Av. Unidad Nacional y con la proyección de aumentar debido a la inserción del Centro de Mantenimiento ya nombrado.

2.2. CONDICIONES GEOMETRICAS ACTUALES

2.2.1. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

En este estudio nos encontramos tan solo dos intersecciones dentro de nuestro corredor vial de la Av. Unidad Nacional que se interseca con la Calle del Batán y con la Av. Pichincha; de las cuales las dos pertenecen a un sistema de ciclo y fases de duración prefijada, los cuales son los que se mantienen con tiempos constantes, independiente de lo que suceda con el tráfico en sus distintos ramales o brazos de aporte hacia la intersección.

Sin embargo, este tipo de sistema se lo puede conectar a un centro de control para coordinar sus tiempos y empalmar con el resto de intersecciones que pertenezcan al corredor. A continuación describimos entonces las intersecciones semaforizadas que participan en este corredor.

2.2.1.1. Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Esta intersección es semaforizada con el sistema de ciclo y fases de duración prefijada, sin actuación o conectividad con el centro de control de tráfico de la ciudad. Posee cuatro ramales o brazos de aporte hacia la intersección, como principales en dirección Norte – Sur y Sur – Norte que en donde se ubica la Av. Unidad Nacional, por secundarias son los accesos de la Calle del Batán en dirección Este – Oeste y Oeste – Este.

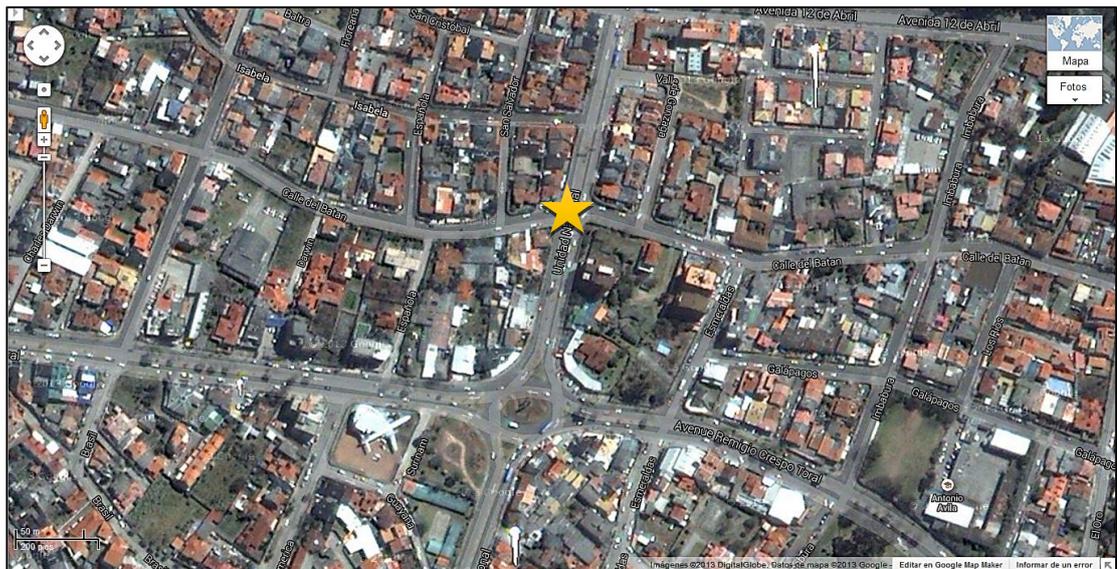


Figura 5: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán – Google Maps (Tomada el 09 de octubre de 2013)

Las entradas esta dispuestas de la siguiente manera, la primera y segunda entrada con sus respectivas salidas se asientan sobre la Av. Unidad Nacional con sentido Norte y Sur respectivamente; la tercera y cuarta entra con sus respectivas salidas se asientas sobre la calle Del Batán con sentido Este y Oeste respectivamente.



Figura 6: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



Figura 7: No estacionar – Entrada Sur



Figura 8: No estacionar – Entrada Norte

Presenta una construcción de vía con pavimento flexible y sus condiciones son buenas y no necesitaría un mantenimiento inmediato.

Tabla 1: Características geométricas y de fases fijas de sistema de semafORIZACIÓN de la intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.

Carril vía principal	3,50 m
Carril vía secundaria	5,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	No
Ancho Parterre vía principal	2,00 m
Fase verde	32 s
Fase amarillo	3 s
Fase rojo	20 s

2.2.1.2. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Al igual que la intersección anterior, esta intersección es semaforizada con el sistema de ciclo y fases de duración prefijada, sin actuación o conectividad con el centro de control de la ciudad conocido como “Centro Semaforico” del cantón. Posee cuatro ramales o brazos de aporte hacia la intersección y una de salida, como principales en dirección Norte – Sur y Sur – Norte que en donde se ubica la Av. Unidad Nacional, por secundarias son los accesos de la Av. Pichincha en dirección Sureste – Noroeste, Av. Azuay en dirección Noreste – Suroeste y una vía de salida denominada Calle Cuba en dirección Este – Oeste. Por la demanda que tiene la Av. Pichincha es nuestra prioridad de análisis en el presente trabajo.

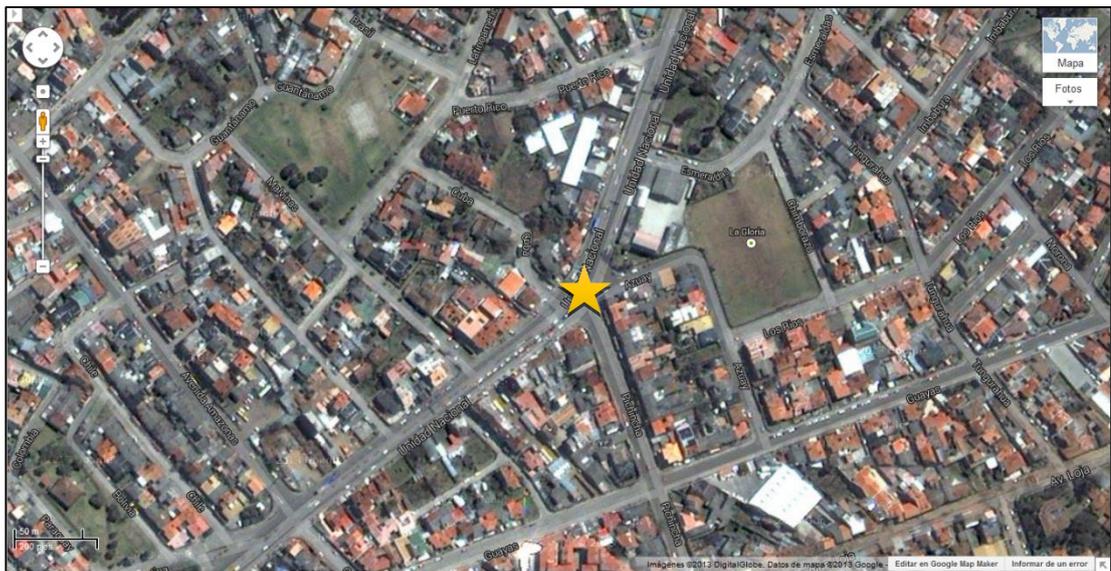


Figura 9: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Google Maps)
(Tomada el 10 de octubre de 2013)

Esta intersección presenta una configuración especial, pues aunque consideramos dentro de nuestro estudio como principales vías de acceso a la Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha, también aportan (con un mínimo flujo vehicular) la calle Cuba que sirve de salida y la calle Azuay que tiene un carril de entrada y otro de salida, pero como anticipamos el aporte que representa estas dos vías al análisis global de tráfico es prácticamente nulo, por lo tanto despreciable.

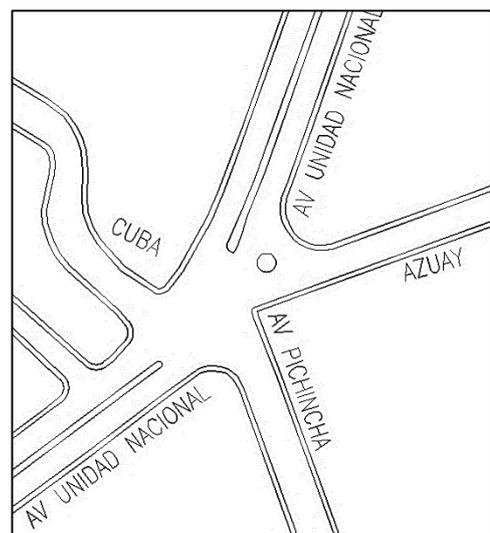


Figura 10: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Sin embargo identificamos las entradas y salidas a esta intersección de la siguiente manera: la primera y segunda entrada con sus respectivas salidas se asientan sobre la Av. Unidad Nacional, con sentido Sureste y Norte correspondientemente; la tercera entrada y salida se ubica en la Av. Pichincha con sentido Noroeste; la cuarta corresponde a la entrada y salida ubicada sobre la calle Azuay, con sentido Oeste y por último la quinta que corresponde a solo salida se ubica sobre la calle Cuba.

Una vez identificadas las entradas a esta intersección, evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



Figura 11: Pare – Entrada Oeste



Figura 12: Ceda el paso – Entrada Oeste



Figura 13: Salida Escuela – Salida Norte



Figura 14: No estacionar – Entrada Norte



Figura 15: Velocidad máx. – Salida Sureste



Figura 16: No virar en U – Entrada Sureste



Figura 17: Paso Cebra – Salida Sureste



Figura 18: Paso Cebra – Entrada Sureste



Figura 19: Paso peatonal – Entrada Noroeste

De igual manera, en esta intersección, solo la calle Cuba se construyó con pavimento rígido, el resto de calles que se intersectan fueron construidas en pavimento flexible, el cual también necesita de mantenimiento en su capa asfáltica.

Tabla 2: Características geométricas y de fases fijas de sistema de semaforización de la intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.

Carril vía principal	3,50 m
Carril vía secundaria	5,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	No
Ancho Parterre vía principal	2,00 m
Fase verde	40 s
Fase amarillo	3 s
Fase rojo	25 s

2.2.2. INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

En realidad no hay mucho que describir sobre este tipo de intersecciones, es evidente que al no existir algún tipo de control o reguladores de tráfico, salvo la señalización vertical y horizontal reglamentada por las normas de tránsito que rigen en el país, las vías principales tienen la prioridad y por lo tanto un flujo casi ininterrumpido y lo opuesto sucederá con las vías secundarias que mantendrán un flujo interrumpido y por lo tanto se refleja en las demoras para poder circular por dicha intersección. En nuestro caso existe una sola intersección de esta clase y la describiremos a continuación.

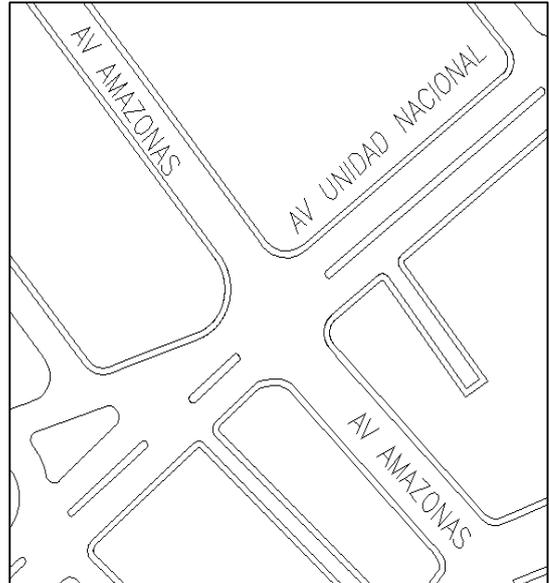
2.2.2.1. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

Replicando lo anterior mencionado, esta es la única intersección de esta clase que encontramos en el corredor vial motivo de nuestro trabajo, en la cual se ubica la Av. Unidad Nacional como vía principal en sentido Norte – Sur y Sur – Norte, por lo tanto en consecuencia la Av. Amazonas se convierte en secundaria en dicha intersección y cruza en sentido Este – Oeste y Oeste – Este. Es relevante indicar que en la Av. Amazonas, es en donde encontramos un alto uso de la vía como zona de parqueadero de vehículos en tiempos de más del cuarto de hora, por lo que se tomará en cuenta para el ingreso de datos y que influirá de gran manera en el cálculo del nivel de servicio, provocando un bajo resultado de éste, a pesar de que la vía es bastante amplia y juzgando el bajo volumen de tráfico, deberíamos tener una buena calificación.



Figura 20: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Google Maps)
(Tomada el 10 de octubre de 2013)

En esta intersección las avenidas están dispuestas casi ortogonalmente, no semaforizada y tanto sus cuatro entradas como cuatro salidas están dispuestas de la siguiente manera, la primera y segunda se ubican sobre la Av. Unidad Nacional con sentido Noreste y Suroeste correspondientemente y son las vías principales de esta intersección; por otro lado la tercera y cuarta se ubican sobre la Av. Amazonas con sentido Sureste y



Noroeste correspondientemente y son las vías secundarias de dicha intersección.

Figura 21: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Una vez identificadas las entradas a esta intersección, evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



Figura 22: Velocidad Max. – Entrada Noreste



Figura 23: Pare – Entrada Suroeste



Figura 24 : Pare – Entrada Noroeste



Figura 25: No estacionar – Salida Noreste



Figura 26: No virar en U – Salida Noreste

Figura 27: Parada de Bus – Entrada Suroeste

En esta intersección, solo la entrada Noreste fue construida con pavimento rígido, las demás entradas fueron construidas con pavimento flexible, el cual no se encuentra en sus mejores condiciones.

Tabla 3: Características geométricas de la intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha.

Carril vía principal	3,50 m
Carril vía secundaria	5,00 m
Parterre vía principal	Si
Parterre vía secundaria	No
Ancho Parterre vía principal	2,00 m

2.2.3.INTERSECCIONES ROTATORIAS

En este estudio nos encontramos dos intersecciones de este tipo dentro de nuestro corredor vial de la Av. Unidad Nacional, una que se interseca con la Av. Remigio Crespo y otra con la Av. México; el redondel de la primera tiene una forma ovalada, mientras que en la segunda es circular. A continuación se describen las condiciones geométricas actuales con las que cuentan cada una de dichas intersecciones.

2.2.3.1. Redondel Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

Esta intersección posee un redondel de forma ovalada (intersección rotatoria urbana), son aquellos que por diferentes motivos no pueden seguir una planta circular. Se recomienda que sean elipsoidales y que su excentricidad esté entre $\frac{3}{4}$ y 1, en este caso su excentricidad es de $\frac{3}{4}$ y su preferencia de flujo está dispuesta hacia la Av. Remigio Crespo.



Figura 28: Intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Google Maps)
(Tomada el 10 de octubre de 2013)

En esta intersección rotativa se cruzan dos importantes vías de la ciudad, la Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo Toral, la cual posee una elipse con prioridad hacia la Av. Remigio Crespo Toral, pero para nuestro caso de estudio damos prioridad a la Av. Unidad Nacional, por lo tanto las entradas y salidas a dicha intersección se dispone de la siguiente manera, la primera y segunda entrada sus correspondientes salidas se ubican sobre la Av. Unidad Nacional en sentido Norte y Sur correspondientemente; la tercera y cuarta entrada con sus correspondientes salidas se ubican sobre la Av. Remigio Crespo Toral en sentido Este y Oeste correspondientemente.

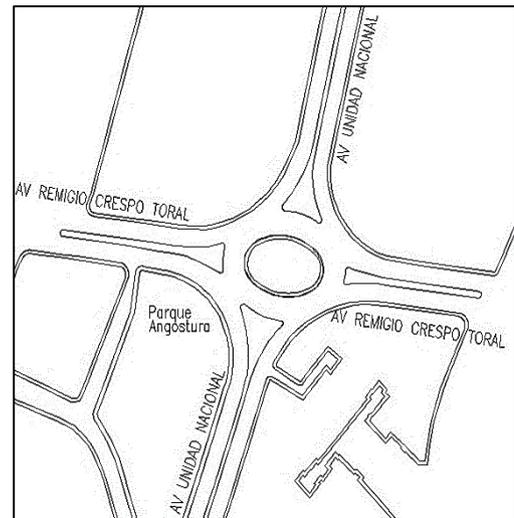


Figura 29: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Una vez identificadas las entradas a esta intersección, evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



Figura 30: Velocidad máx. 50 Km/h – Entrada Sur

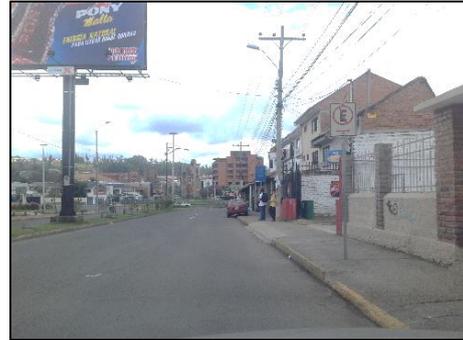


Figura 31: No estacionar – Entrada Sur



Figura 32: Ceda el paso – Entrada Sur



Figura 33: Parada de Bus – Entrada Este

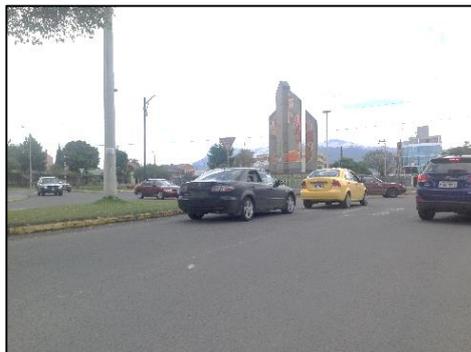


Figura 34: Ceda el paso – Entrada Este



Figura 35: No estacionar – Entrada Norte



Figura 36: No estacionar – Entrada Oeste



Figura 37: Intersección rotativa – Entrada Oeste



Figura 38: Ceda el paso – Entrada Oeste



Figura 39: Parada de bus – Salida Oeste

Con respecto a la carpeta de rodadura, fue construida con pavimento flexible y su estado superficial es bueno, por lo que no necesitaría mantenimiento inmediato.

Tabla 4: Características geométricas de la intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

Carril externo anular	5,00 m
Carril interior anular	5,20 m
Radio de entrada en vías principales	30,00 m
Radio de entrada en vías secundarias	30,00 m
Semi anchura entrada en vías principales	3,75 m
Semi anchura entrada en vías secundarias	3,50 m
Radio mayor	19,00m
Radio menor	13,00 m

2.2.3.2. Redondel Av. Unidad Nacional y Av. México

Esta intersección posee un redondel de forma circular (intersección rotatoria urbana), que son la gran mayoría de los redondeles. El islote central es un círculo y la calzada anular tiene una anchura constante, ello facilita la comprensión de la intersección por parte de los usuarios además de mejorar la circulación por la calzada anular (se puede mantener la trayectoria circular sin mover el volante de una posición de giro fija).

En este caso es de disposición triangular, tres entradas y tres salidas, el islote tiene un diámetro de 32.00 m y todas sus entradas tiene la misma prioridad de acceso.



Figura 40: Intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Google Maps) (Tomada el 11 de octubre de 2013)

Para empezar, identificamos tres entradas y salidas que confluyen en una intersección rotativa no semaforizada, la primera en dirección noroeste sobre la Av. México y se empata en el otro extremo con la Av. De las Américas; la segunda en dirección sur sobre la misma Av. México y se empata inmediatamente en el otro extremo con la Av. Loja y la tercera en dirección noreste sobre la Av. Unidad Nacional la cual es objeto de nuestro análisis.

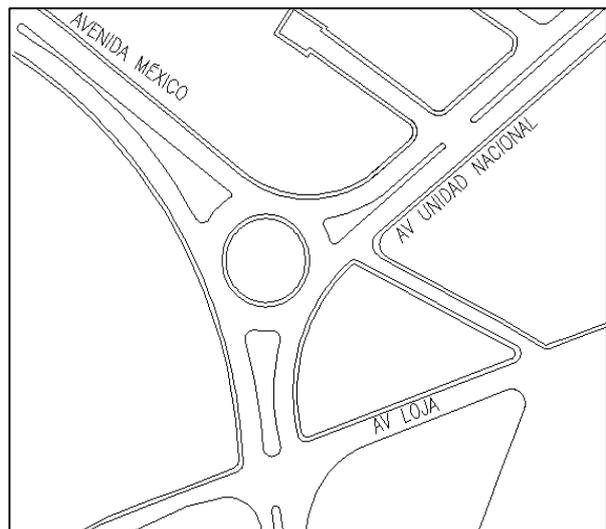


Figura 41: Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Una vez identificadas las entradas a esta intersección, evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



Figura 42: Parada de Bus – Entrada Noreste



Figura 43: Ceda el paso – Entrada Noreste



Figura 44: Parada de Bus – Entrada Noroeste Figura 45: Ceda el paso – Entrada Noroeste

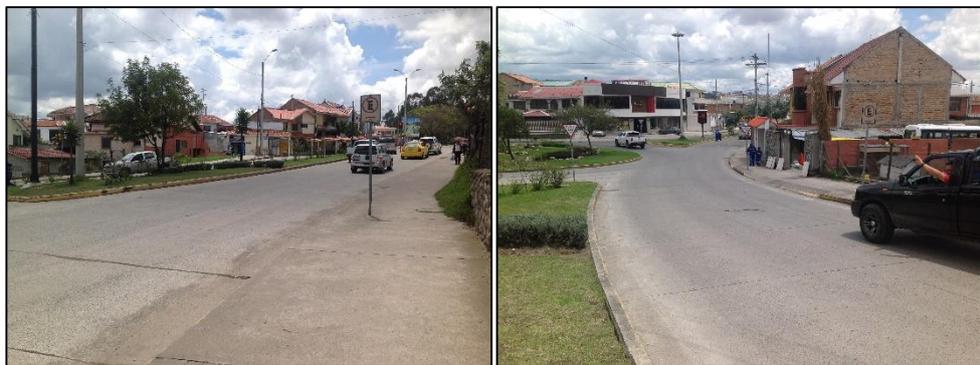


Figura 46: No estacionar – Salida Sur Figura 47: Ceda el paso – Entrada Sur

En esta intersección, se observa que en su totalidad se la construyo con pavimento rígido, pero existen las zonas de embate con pavimento flexible donde se visualiza un evidente deterioro de la carpeta asfáltica.

Tabla 5: Características geométricas de la intersección rotatoria Av. Unidad Nacional y Av. México

Carril externo anular	3,25 m
Carril interior anular	3,50 m
Radio de entrada en vías principales	30,00 m
Radio de entrada en vías secundarias	30,00 m
Semi anchura entrada en vías principales	3,50 m
Semi anchura entrada en vías secundarias	3,50 m
Diámetro mayor	32,00 m

2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO DE VOLÚMENES DE TRANSITO.

Los datos que a continuación presentamos son un extracto tomado del estudio realizado entre los meses de junio y julio del presente año para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca por parte del Ing. Christian Moyano Tobar bajo el título de “Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”, entregado a dicha entidad en el mes de octubre y debidamente aprobada por parte de la Dirección Municipal de Transito en el mes de noviembre del mismo año. Además fue autorizado el uso de dichos datos para el presente trabajo el día 07 de enero de 2014, mediante oficio número DT-0021-2014, el cual se adjunta en anexos.

Considerando lo extenso de dicho informe, reportaremos dentro del cuerpo de trabajo los datos relevantes para el objeto de nuestro análisis, el documento completo se podrá referirse en la parte final de este informe en el capítulo de “Anexos”.

2.3.1. Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

La intersección tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 22834 vehículos al día, su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico observado se establezcan cuatro accesos directos; con respecto a las salidas se identificaron cuatro directas.

2.3.1.1. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N
- Acceso 2: Calle del Batán E-O
- Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S
- Acceso 4: Calle del Batán O-E

El principal aporte de ingreso a la intersección evidentemente es el que aporta la Avenida Unidad Nacional sur-norte (44%), le sigue la Avenida Unidad Nacional norte- sur (32%) y finalmente el aporte de la Calle del Batán este-oeste (12%) y Calle del Batán oeste-este (12%).

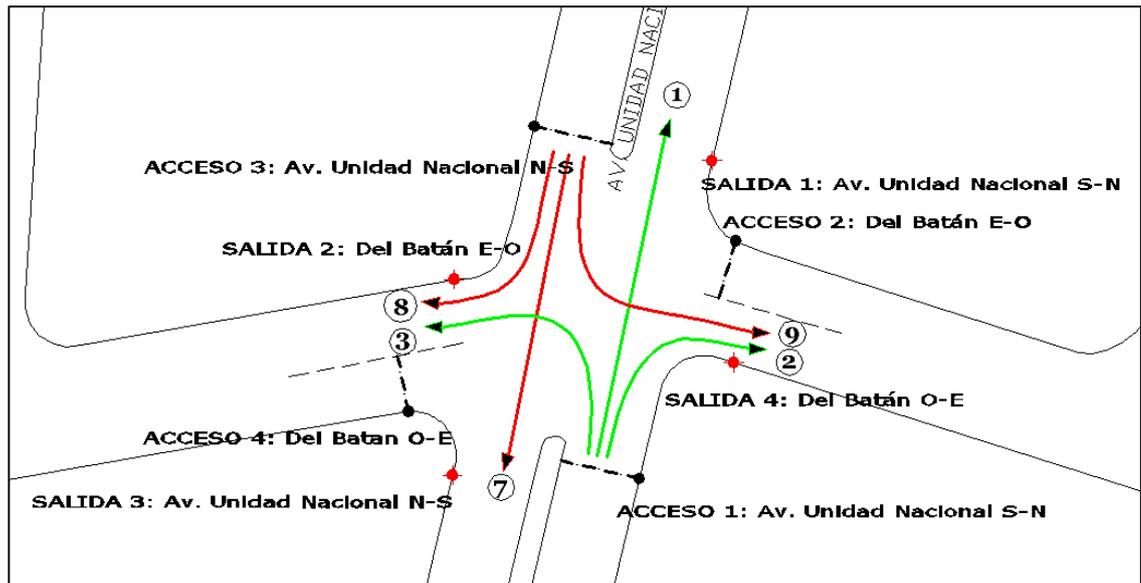


Figura 48: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán 1

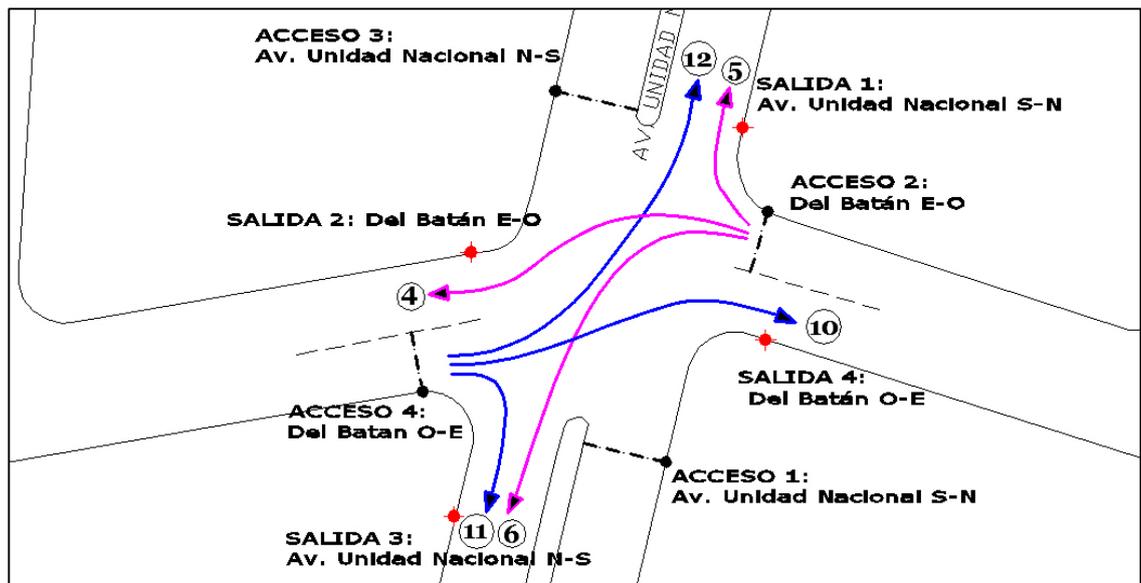


Figura 49: Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán 2

2.3.1.2. Salidas

Las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia del volumen frontal de cada acceso, prevaleciendo las salidas de la Avenida Unidad Nacional sur-norte (45%), la salida por la Avenida Unidad Nacional norte-sur representa también un 35% del total, consecuentemente la Calle del Batán este-oeste representa el 11% y finalmente la Calle del Batán oeste-este el 8% de la Intersección; analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.

2.3.1.3. Resultados

Tabla 6: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
		MAÑANA			
	TARDE	17h30-18h30	1064	11%	5%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 1	8927	89%	39%
	Derecho	Flujo 2	557	6%	2%
	Izquierdo	Flujo 3	564	6%	2%
TPDA TOTAL AL DIA			10048	100%	44%
Acceso 2: Calle del Batán E-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
		MAÑANA			
	TARDE	17h00-18h00	272	10%	1%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 4	1401	53%	6%
	Derecho	Flujo 5	907	34%	4%
	Izquierdo	Flujo 6	341	13%	1%
TPDA TOTAL AL DIA			2648	100%	12%
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
		MAÑANA			
	TARDE	17h30-18h30	776	53%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 7	6435	88%	28%
	Derecho	Flujo 8	641	9%	3%
	Izquierdo	Flujo 9	216	3%	1%
TPDA TOTAL AL DIA			7291	100%	32%
Acceso 4: Calle del Batán O-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
		MAÑANA			
	TARDE	17h15-18h15	299	56%	1%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 10	1065	37%	5%
	Derecho	Flujo 11	1300	46%	6%
	Izquierdo	Flujo 12	482	17%	2%
TPDA TOTAL AL DIA			2847	100%	12%

2.3.2. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

La intersección tiene un tráfico promedio diario anual "TPDA" de 41161 vehículos al día, su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico observado se establezcan cuatro accesos directos; con respecto a las salidas se identificaron cuatro directas.

2.3.2.1. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N
- Acceso 2: Av. Remigio Crespo E-O
- Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S
- Acceso 4: Av. Remigio Crespo O-E

El principal aporte de ingreso a la intersección evidentemente es el que aporta la Avenida Remigio Crespo este- oeste (33%); el aporte vial de la Avenida Remigio Crespo oeste- este (26%); le sigue la Avenida Unidad Nacional sur-norte (22%), finalmente la Avenida Unidad Nacional norte- sur con un menor aporte (19%).

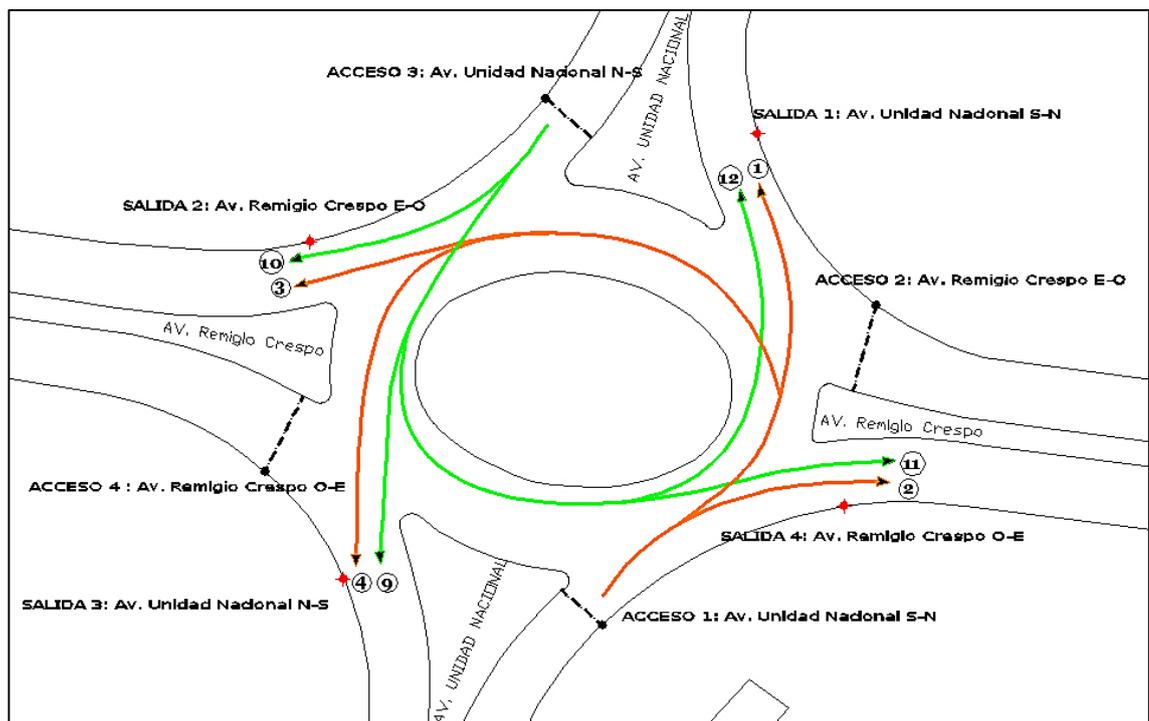


Figura 50: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo 1

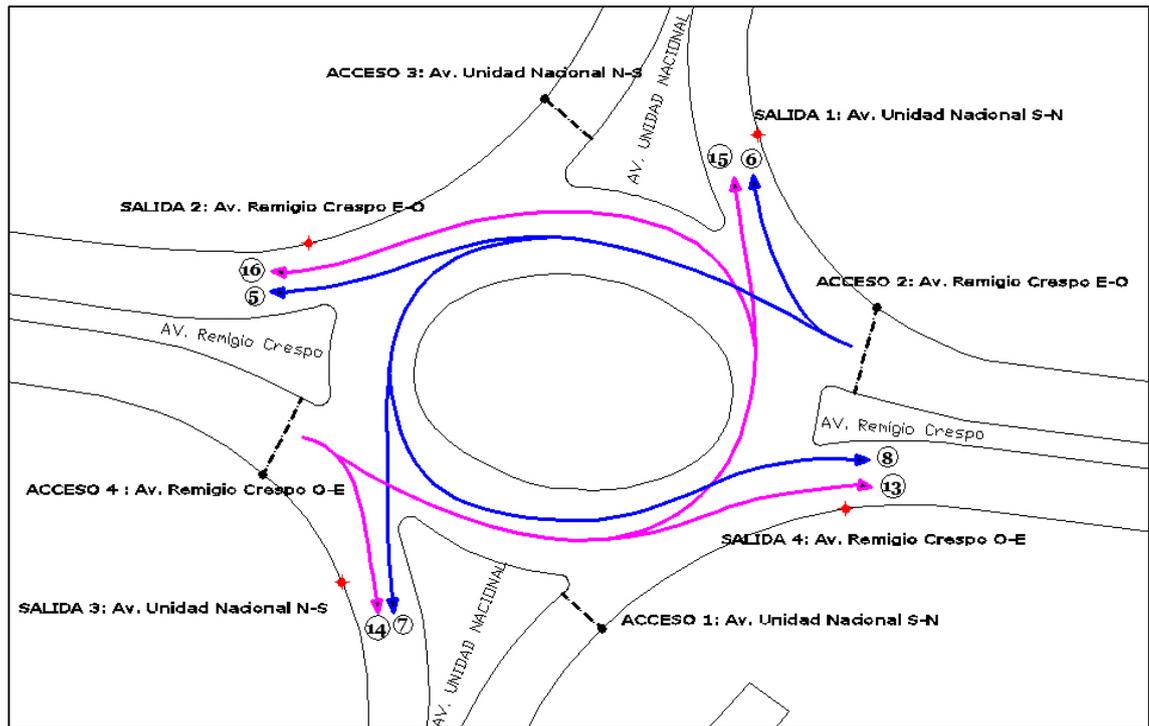


Figura 51: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo 2

2.3.2.2. Salidas

Las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia del volumen frontal de cada acceso, prevaleciendo las salidas de la Avenida Unidad Nacional sur-norte (27%), la salida por la Avenida Unidad Nacional norte- sur representa también un 27% del total ,consecuentemente la Avenida Remigio Crespo oeste-este representa el 15% y finalmente la Avenida Remigio Crespo este-oeste el 2% de la Intersección; analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.

2.3.2.3. Resultados

Tabla 7: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. REMIGIO CRESPO					
Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	08h00-9h00	869	9%	2%
	TARDE	17h30-18h30	935	10%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 1	5980	65%	15%
	Derecho	Flujo 2	1404	15%	3%
	Izquierdo	Flujo 3	1731	19%	4%
	Retorno	Flujo 4	87	1%	0,21%
TPDA TOTAL AL DIA			9202	100%	22%

**TABLA 7: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. REMIGIO CRESPO
(continuación)**

Acceso 2: Av. Remigio Crespo E-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>MAÑANA</i>	<i>12h45-13h45</i>	705	9%	2%
	<i>TARDE</i>	<i>17h30-18h30</i>	821	11%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 5	5890	44%	14%
	Derecho	Flujo 6	3389	25%	8%
	Izquierdo	Flujo 7	3793	28%	9%
	Retorno	Flujo 8	377	3%	1%
TPDA TOTAL AL DIA			13449	100%	33%
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>MAÑANA</i>	<i>12h45-13h45</i>	705	9%	2%
	<i>TARDE</i>	<i>17h30-18h30</i>	821	11%	2%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 9	5032	65%	12%
	Derecho	Flujo 10	734	9%	2%
	Izquierdo	Flujo 11	1940	25%	5%
	Retorno	Flujo 12	51	1%	0,12%
TPDA TOTAL AL DIA			7757	100%	19%
Acceso 4: Av. Remigio Crespo O-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>MAÑANA</i>	<i>08h00-9h00</i>	1006	9%	2%
	<i>TARDE</i>	<i>15h00-16h00</i>	1142	11%	3%
GIROS (TPDA)	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Recto	Flujo 13	6410	60%	16%
	Derecho	Flujo 14	2375	22%	6%
	Izquierdo	Flujo 15	1804	17%	4%
	Retorno	Flujo 16	164	2%	0,40%
TPDA TOTAL AL DIA			10753	100%	26%

2.3.3. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

La intersección tiene un tráfico promedio diario anual "TPDA" de 22683 vehículos al día, su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico observado se establezcan tres accesos directos; con respecto a las salidas se identificaron tres directas.

2.3.3.1. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S
- Acceso 2: Calle Azuay S-O
- Acceso 3: Av. Pichincha N-O
- Acceso 4: Av. Unidad Nacional N-E

El principal aporte de ingreso a la intersección evidentemente es el que aporta la Avenida Unidad Nacional en su sentido Norte -Sur (46%), el aporte vial de la Avenida Unidad Nacional Norte- este (34%), le sigue la Avenida Pichincha Norte – Oeste (20%), finalmente la Calle Azuay Sur – Oeste con el menor aporte (0.17%).

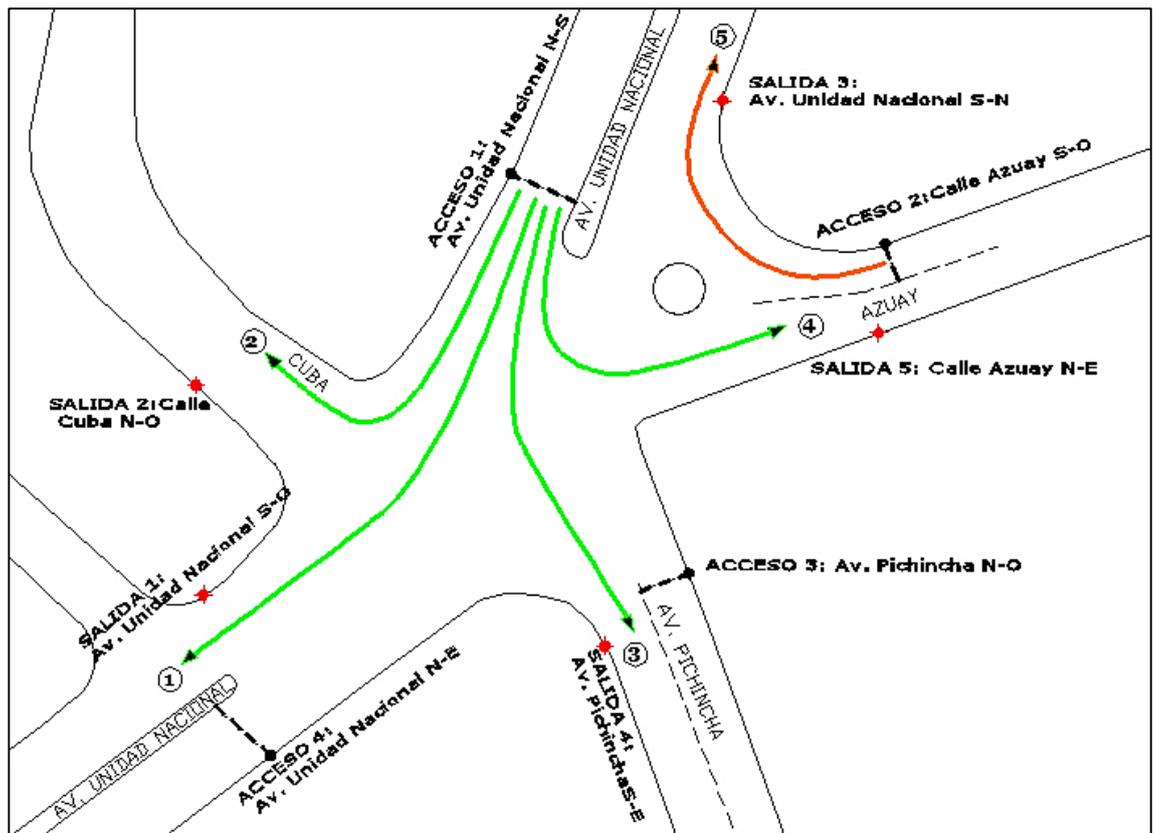


Figura 52: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha 1

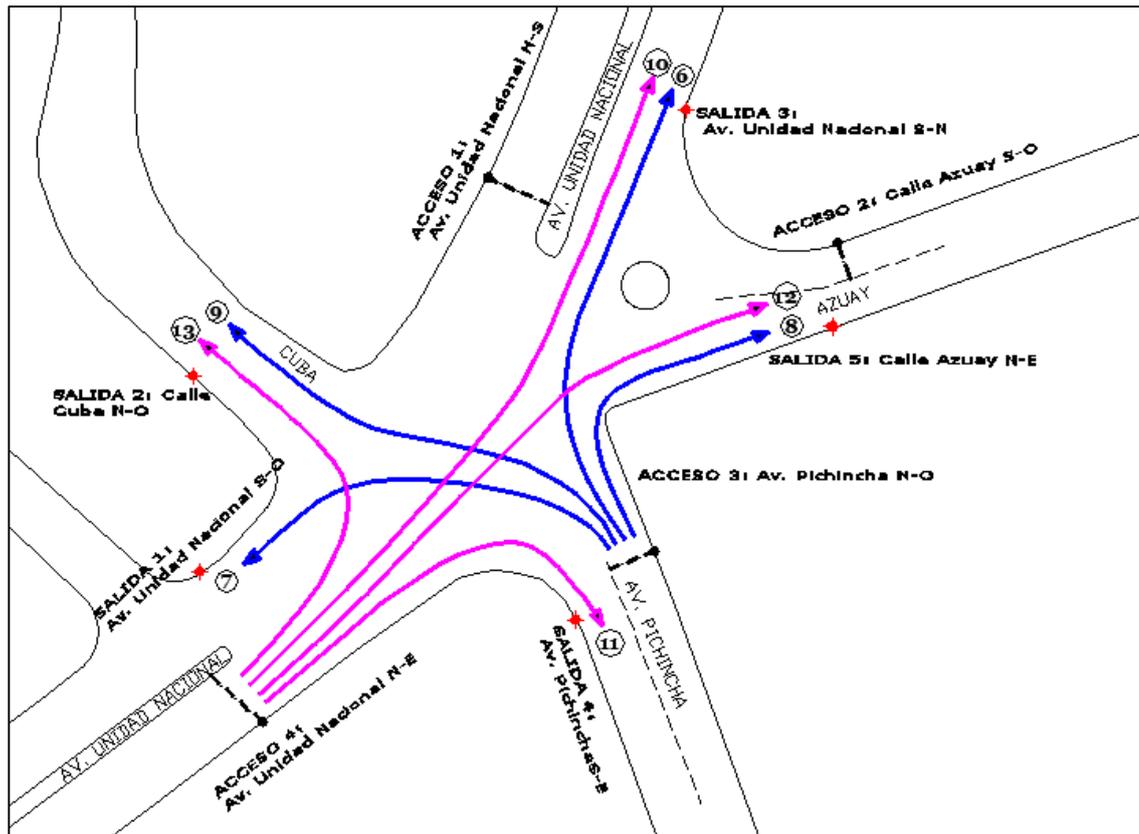


Figura 53: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha 2

2.3.3.2. Salidas

Las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia del volumen frontal de cada acceso, prevaleciendo las salidas de la Avenida Unidad Nacional sur-norte (48%), la salida por la Avenida Unidad Nacional sur-oeste representa un 33% del total, consecuentemente la Avenida Pichincha sur-este representa el 18%, finalmente las calles Cuba norte - oeste y Azuay norte-este representan el 2% de la Intersección; analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.

2.3.3.3. Resultados

Tabla 8: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. PICHINCHA

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	12h30-13h30	1049	10%	5%
	TARDE	18h00-19h00	1194	11%	5%

TABLA 8: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. PICHINCHA (continuación)

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S					
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS (TPDA)	Recto	Flujo 1	6832	65%	30%
	Derecho	Flujo 2	77	1%	0,34%
	Izquierdo 1	Flujo 3	3505	34%	15%
	Izquierdo 2	Flujo 4	28	0,27%	0,12%
TPDA TOTAL AL DIA			10441	100%	46%
Acceso 2: Calle Azuay S-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	09h15-10h15	11	28%	0,05%
	TARDE	13h00-14h00	1	3%	0,01%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS (TPDA)	Recto	-	0	0%	0,00%
	Derecho	Flujo 5	38	100%	0,17%
	Izquierdo	-	0	0%	0,00%
TPDA TOTAL AL DIA			38	100%	0.17%
Acceso 3: Av. Pichincha N-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	12h30-13h30	440	10%	2%
	TARDE	17h30-18h30	440	10%	2%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS (TPDA)	Derecho 1	Flujo 6	3722	84%	16%
	Izquierdo	Flujo 7	629	14%	3%
	Derecho 2	Flujo 8	22	1%	0,10%
	Recto	Flujo 9	59	1%	0,26%
TPDA TOTAL AL DIA			4432	100%	20%
Acceso 4: Av. Unidad Nacional N-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	07h45-8h45	805	10%	4%
	TARDE	14h30-15h30	780	10%	3%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS (TPDA)	Recto	Flujo 10	7110	91%	31%
	Derecho 1	Flujo 11	491	6%	2%
	Derecho 2	Flujo 12	106	1%	0,47%
	Izquierdo	Flujo 13	64	1%	0,28%
TPDA TOTAL AL DIA			7772	100%	34%

2.3.4. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

La intersección tiene un tráfico promedio diario anual "TPDA" de 17066 vehículos al día, su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico observado se establezcan cinco accesos directos y uno indirecto; con respecto a las salidas se identificaron cinco directas y una indirecta

2.3.4.1. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-E
- Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-O
- Acceso 3: Av. Amazonas S-E
- Acceso 4: Av. Amazonas N-O
- Acceso 5: Calle Argentina S-O
- Acceso 6: Calle Bolivia S-E

El principal aporte de ingreso a la intersección evidentemente es el que aporta la Avenida Unidad Nacional en su sentido Sur- Oeste (42%), el aporte vial de la Avenida Unidad Nacional Norte- este (34%), le sigue la Avenida Amazonas Sur- Este (14%), siendo la Avenida Amazonas Norte- Oeste, Calle Argentina sur- oeste y calle Bolivia sur-este las de menos aporte (2%; 6%; 2% respectivamente).

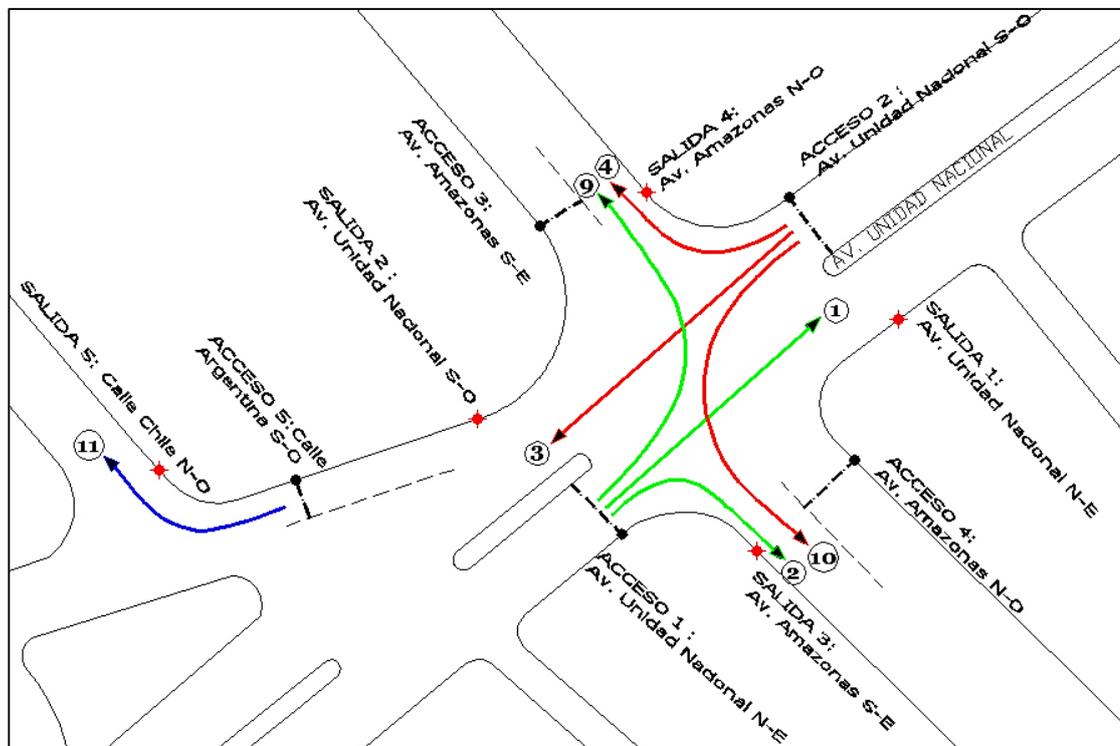


Figura 54: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas 1

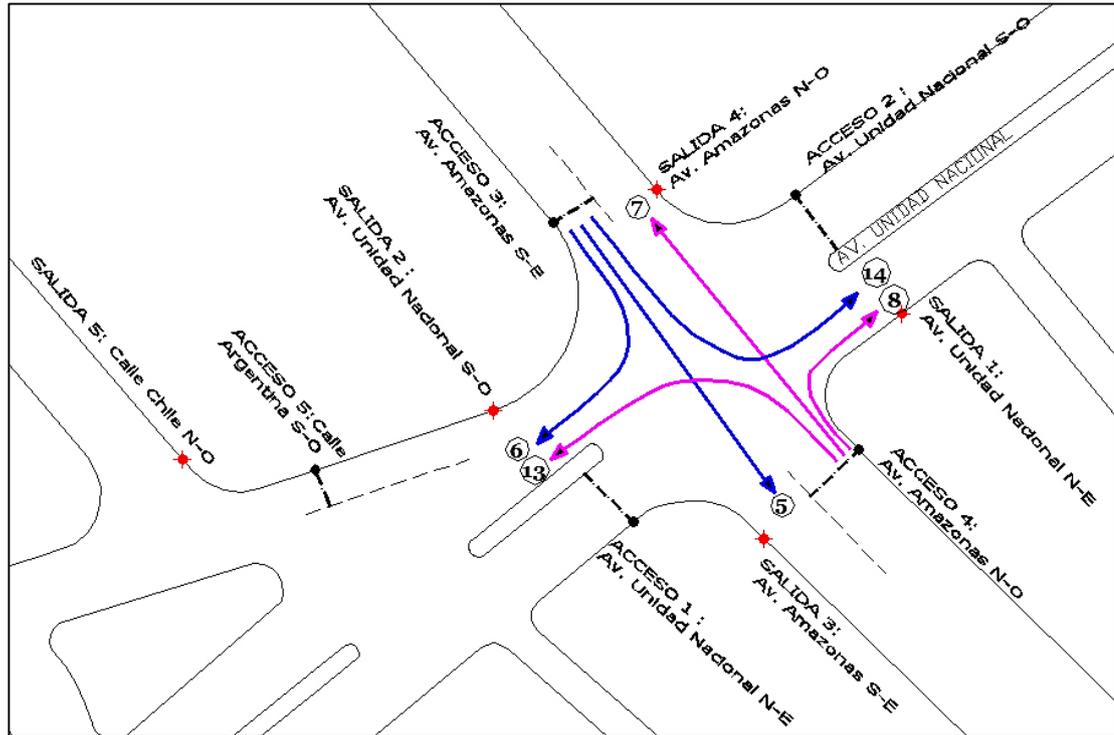


Figura 55: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas 2

2.3.4.2. Salidas

Las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia del volumen frontal de cada acceso, prevaleciendo las salidas de la Avenida Unidad Nacional sur-oeste (44%), la salida por la Avenida Unidad Nacional norte-este representa un 37% del total, consecuentemente la salida por la Avenida Amazonas sur-este, Avenida Amazonas norte-oeste, calle Argentina sur-este y calle Chile norte-oeste en conjunto representa el 19% de la Intersección; analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.

2.3.4.3. Resultados

Tabla 9: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	07h45-8h45	618	11%	4%
	TARDE	14h30-15h30	539	9%	3%

TABLA 9: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS (continuación)

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-E					
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS	Recto	Flujo 1	5634	96%	33%
	Derecho	Flujo 2	162	3%	1%
	Izquierdo	Flujo 9	46	1%	0,01%
TPDA TOTAL AL DIA			5842	100%	34%
Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	12h30-13h30	677	9%	4%
	TARDE	17h30-18h30	894	13%	5%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS	Recto	Flujo 3	6061	85%	36%
	Derecho	Flujo 4	458	6%	3%
	Izquierdo	Flujo 10	628	9%	4%
TPDA TOTAL AL DIA			7146	100%	42%
Acceso 3: Av. Amazonas S-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	12h45-13h45	255	11%	1%
	TARDE	13h00-14h00	252	11%	1%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS	Recto	Flujo 5	477	21%	3%
	Derecho	Flujo 6	1318	57%	8%
	Izquierdo	Flujo 14	511	22%	3%
TPDA TOTAL AL DIA			2306	100%	14%
Acceso 4: Av. Amazonas N-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	08h45-9h45	52	13%	0,3%
	TARDE	17h00-18h00	55	13%	0,3%
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
GIROS	Recto	Flujo 7	119	29%	1%
	Derecho	Flujo 8	194	47%	1%
	Izquierdo	Flujo 13	99	24%	1%
TPDA TOTAL AL DIA			413	100%	2%

TABLA 9: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS (continuación)

Acceso 5: Calle Argentina S-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>MAÑANA</i>	<i>12h45-13h45</i>	116	11%	1%
	<i>TARDE</i>	<i>17h45-18h45</i>	150	14%	1%
GIROS	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>Derecho</i>	<i>Flujo 11</i>	1073	100%	6%
TPDA TOTAL AL DIA			1073	100%	6%
Acceso 6 : Calle Bolivia S-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>MAÑANA</i>	<i>10h45-11h45</i>	31	11%	0,01%
	<i>TARDE</i>	<i>14h15-15h15</i>	39	14%	0,02%
GIROS	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	<i>Derecho</i>	<i>Flujo 12</i>	286	100%	2%
TPDA TOTAL AL DIA			286	100%	2%

2.3.5. Intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

La intersección tiene un tráfico promedio diario anual "TPDA" de 25376 vehículos, su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico observado se establezcan tres accesos directos; con respecto a las salidas se identificaron tres directas.

2.3.5.1. Accesos

Los accesos identificados son los siguientes:

- Acceso 1: Av. 10 de Agosto S-N
- Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-O
- Acceso 3: Av. México S-E

El principal aporte de ingreso a la intersección evidentemente es el que aporta la Avenida México en su sentido Sur- Este (35%), el aporte vial de la Avenida 10 de Agosto (33%) y Avenida Unidad Nacional (32%), son ligeramente menores y sin una variación notoria entre ambas.

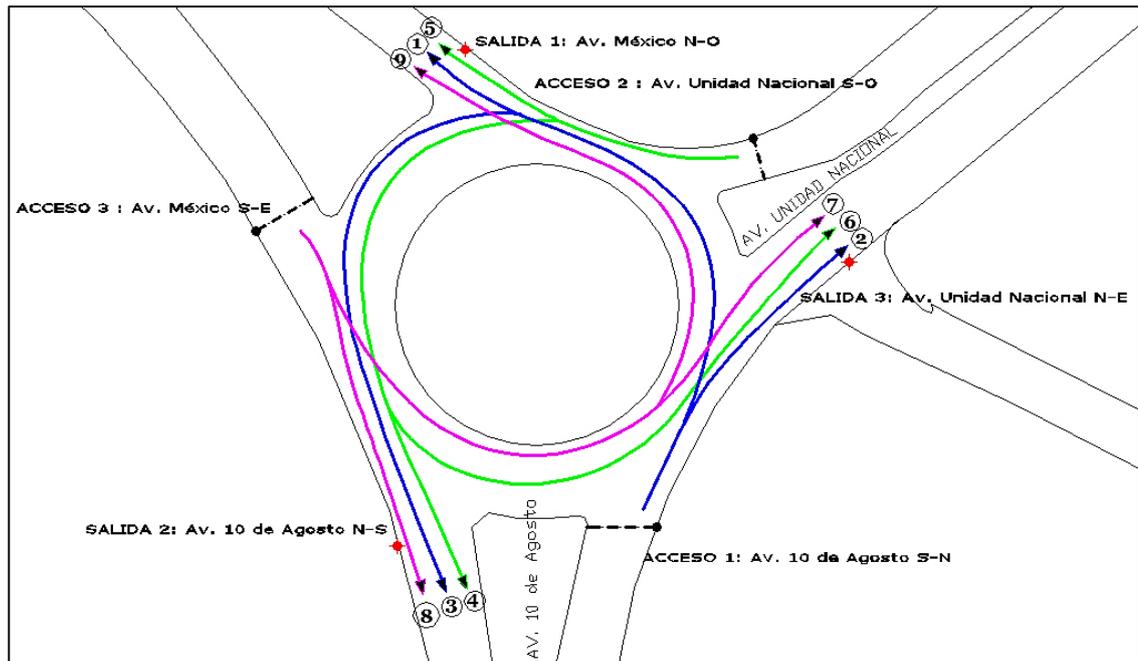


Figura 56: Intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

2.3.5.2. Salidas

Al ser una intersección rotatoria, las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia de los diferentes volúmenes de cada acceso, prevaleciendo las salidas en la Avenida México en sus sentidos Norte – Este (36%), la salida por la Avenida 10 de Agosto en el sentido Norte-Sur, representa un 34% del total y la salida por la Avenida Unidad Nacional Norte –Este, con el 30%, analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.

2.3.5.3. Resultados

Tabla 10: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. MÉXICO

Acceso 1: Av. 10 de Agosto S-N					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	MAÑANA	07h45-8h45	897	11%	4%
	TARDE	18h00-19h00	744	9%	3%
GIROS	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)
	Izquierdo	Flujo 1	4093	49%	16%
	Derecho	Flujo 2	4144	50%	16%
	Retorno	Flujo 3	48	1%	0,02%
TPDA TOTAL AL DIA			8285	100%	33%

TABLA 10: RESULTADOS GENERALES INTERSECCIÓN AV. MÉXICO (continuación)

Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-O								
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)			
	<i>MAÑANA</i>	<i>12h30-13h30</i>				728	9%	3%
	<i>TARDE</i>	<i>18h00-19h00</i>				994	12%	4%
GIROS	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)			
	<i>Izquierdo</i>	<i>Flujo 4</i>	3035	37%	12%			
	<i>Derecho</i>	<i>Flujo 5</i>	4934	61%	19%			
	<i>Retorno</i>	<i>Flujo 6</i>	183	2%	1%			
TPDA TOTAL AL DIA			8152	100%	32%			
Acceso 3: Av. México S-E								
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)			
	<i>MAÑANA</i>	<i>08h15-9h15</i>				969	11%	4%
	<i>TARDE</i>	<i>17h45-18h45</i>				843	9%	3%
GIROS	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Intersección)			
	<i>Izquierdo</i>	<i>Flujo 7</i>	3293	37%	13%			
	<i>Derecho</i>	<i>Flujo 8</i>	5613	63%	22%			
	<i>Retorno</i>	<i>Flujo 9</i>	33	0,37%	0,13%			
TPDA TOTAL AL DIA			8939	100%	35%			

De esta manera concluimos el presente capítulo, revisando el estado actual del corredor con los datos tabulados de las cinco intersecciones en las cuales vamos a trabajar a continuación para su evaluación con respecto al análisis de la capacidad vial y niveles de servicio; primero de manera manual y justificados sus datos utilizaremos un software que nos fue de gran ayuda para procesar la gran cantidad de datos de manera ágil y completamente profesional.

CAPITULO 3

ANALISIS DE LAS INTERSECCIONES

3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La metodología a emplear para el cálculo de niveles de servicio de estas intersecciones, es la proporcionada en el capítulo 16 del “Highway Capacity Manual 2000”. Para su evaluación, se recurre a los conceptos y procedimientos ahí detallados. A continuación se puntualizan algunas definiciones que se utilizarán en la descripción de la metodología a emplear.

1“Volúmenes de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

Tiempo de viaje: Tiempo que dura un vehículo para transitar por segmento de vía.

Tiempo de recorrido: Tiempo durante el cual el vehículo está en movimiento.

Velocidad: Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.

Velocidad de viaje: La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.

Velocidad de recorrido: Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.

Demora: Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.

Demoras Fijas: Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.”

¹ Las definiciones que se presentan están tomadas del capítulo 16 del Highway Capacity Manual 2000, para intersecciones semaforizadas.

2^a Demoras Operacionales: Componente de las demoras que es causado por la presencia e interferencia de otros vehículos.”

Demoras de tiempo parado: Componente de la demora durante el cual el vehículo no está en movimiento.

Demoras de tiempo de viaje: Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta.

Volumen en Hora de Máxima Demanda (VHMD): Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

Tasa de Flujo o Volumen: Expresión horaria del de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora.

Factor de la Hora de Máxima Demanda o Factor de Hora Pico: relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico.

Capacidad: Es la tasa de volumen máximo que puede pasar por una intersección desde un acceso, bajo condiciones prevalecientes.

Condiciones Prevalecientes: Son condiciones existentes que influyen directamente en la capacidad de las vías, las cuales comprende: condiciones del tránsito, de la vía y de semaforización (previamente descritas).

Nivel de servicio: Es una medida que describe las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario, en función del grado de satisfacción o contrariedad que experimente al hacer uso de las vías.”

3.1.1. Análisis del Nivel de Servicio de Intersecciones Semaforizadas

Se empleará el análisis operacional que describe el HCM 2000, mediante el cual es posible evaluar la calidad de la operación vehicular a través de la determinación del nivel de servicio de cada acceso y de toda la intersección globalmente, para lo cual esta metodología se divide en cinco módulos.

² Las definiciones que se presentan están tomadas del capítulo 16 del Highway Capacity Manual 2000, para intersecciones semaforizadas.

3.1.1.1. Módulo de entradas

Para poder efectuar un óptimo análisis operacional es necesario conocer las condiciones geométricas, de tránsito y de semaforización de la intersección.

3.1.1.1.1. Condiciones geométricas

Por lo general, la geometría de la intersección se presenta de forma gráfica y esquemática en diagramas, en los que se incluye el número de carriles, ancho de los mismos, los movimientos que se permiten en cada uno, el tipo de área en la cual está emplazada la intersección, ubicación de los estacionamientos, existencia de carriles exclusivos para giros a la derecha o izquierda, longitud de los mismos y pendientes de los accesos.

3.1.1.1.2. Condiciones de tránsito

Las condiciones de tránsito son importantes en términos de evaluar la capacidad vial, para lo cual es necesario disponer de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso y la composición en función de vehículos livianos, buses y camiones. También se debe considerar el número de buses urbanos que realizan paradas, antes y después de la intersección, para el embarque y desembarque de pasajeros. De la misma manera, se tiene que contar con los flujos peatonales y de medios de transporte no motorizados que resultan en conflicto con los giros vehiculares permitidos a la derecha. Los flujos peatonales y de bicicletas utilizados para analizar un acceso específico, corresponden a los flujos en el cruce peatonal que interfieren con los vehículos que giran a la derecha, así por ejemplo, para un acceso del Este, los flujos mencionados usados para el análisis con los del cruce peatonal Norte.

3.1.1.1.3. Condiciones semafóricas

Esta información es respecto al diagrama de fases, longitud del ciclo, tiempos de verde e intervalos de cambio y despeje, para cada uno de los movimientos permitidos.

Para describir la calidad de la progresión vehicular entre intersecciones, se identifican seis tipos de llegadas a los accesos de las intersecciones, para cada grupo de carriles.

- **Tipo 1:** Grupos densos de vehículos que llegan al inicio de la fase roja. La progresión es muy deficiente.

- **Tipo 2:** Grupos moderados de vehículos que llegan a la mitad del rojo. La progresión es desfavorable en vías de dos sentidos.
- **Tipo 3:** Llegadas aleatorias de vehículos, este tipo de llegadas representan la operación en intersecciones aisladas o no interconectadas, los beneficios de la progresión son notoriamente bajos.
- **Tipo 4:** Grupos moderados de vehículos que llegan a la mitad de la fase verde. La progresión es favorable en vías de doble sentido.
- **Tipo 5:** Grupos densos de vehículos que llegan al inicio de la fase verde. La progresión es bastante favorable.
- **Tipo 6:** Representa una progresión excepcional. Grupos densos que progresan con fluidez a lo largo de varias intersecciones no muy espaciadas.

La relación del pelotón (grupo de vehículos) R_p , se calcula como:

$$R_p = \frac{P}{\frac{g}{C}} \quad (1)$$

Donde,

P = proporción de todos los vehículos que llegan durante la fase verde

C = Longitud del ciclo (s)

g = Verde efectivo del grupo de carriles (s)

En caso de que la demanda exija un tiempo mínimo de verde para el cruce peatonal, dicho tiempo para una fase es:

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{S_p} + 0,81 \left(\frac{N_{ped}}{W_E} \right) \quad \text{para } W_E > 3,0 \text{ m} \quad (2)$$

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{S_p} + 0,27(N_{ped}) \quad \text{para } W_E \leq 3,0 \text{ m} \quad (3)$$

Donde,

G_p = Tiempo mínimo de verde para peatones (s)

L = Longitud del cruce peatonal (m)

S_p = Velocidad media del peatón (1,2 m/s)

W_E = Ancho del cruce peatonal (m)

N_{ped} = Número de peatones que cruzan durante un intervalo (peatones)

3.1.1.2. Módulo de ajuste de volúmenes de tránsito

Este módulo se enfoca básicamente en:

- Ajustar los volúmenes horarios a tasas de flujo para demanda máxima de períodos de 15 minutos dentro de la hora mediante el cálculo del factor de hora pico.
- Establecimiento de grupos de carriles para el análisis.
- Ajuste de los flujos de demanda para reflejar cómo es la distribución del volumen en los diferentes carriles.

3.1.1.2.1. Cálculo del Factor de Hora de Máxima Demanda o Factor de Hora Pico

El factor de hora pico (FHP) indica el grado de uniformidad que tiene el tráfico en la hora de máxima demanda y se expresa como la relación que existe, la cual debe ser igual o menor que la unidad, entre el volumen de tráfico durante la hora pico y 4 veces el mayor volumen registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico, esto en el caso de intersecciones, es decir:

$$FHP = \frac{\text{Volumen de tráfico en hora pico}}{4 \text{ veces el volumen máximo de 15 minutos dentro de la hora pico}} \quad (4)$$

En función del valor obtenido para el factor de hora pico, se puede establecer cómo es la distribución de los flujos de 15 minutos durante toda la hora de máxima demanda, teniendo como particular que un factor de hora pico mayor a 0,90 indica una distribución uniforme, entre 0,80 y 0,90 la distribución es poco uniforme, un FHP entre 0,70 y 0,80 representa una distribución muy mala, y menor a 0,60 se puede decir que se trata de una distribución prácticamente nada uniforme.

3.1.1.2.2. Cálculo de la tasa de flujo

Los volúmenes horarios se convierten a flujo durante 15 minutos a través del factor de la hora de máxima demanda, según lo siguiente:

$$V_p = \frac{V}{FHP} \quad (5)$$

Donde,

$V_p = \text{Tasa de flujo durante los 15 minutos más cargados (vehículos/hora)}$

$V = \text{Volumen durante la hora de máxima demanda (vehículos/hora)}$

$FHP = \text{Factor de Hora Pico}$

3.1.1.2.3. Determinación del grupo de carriles

“El grupo de carriles se define como uno o más carriles de circulación que cuentan con una línea de detención común y cuya capacidad la comparten todos los

vehículos que circulan por el o los carriles” (HCM, Capítulo 16, P.6). De esta manera, se puede apreciar que el grupo de carriles de un acceso agrupa un conjunto de flujos vehiculares en función de la dirección que tome cada uno.

En cada intersección se deben establecer grupos de carriles apropiados, dependiendo tanto de la geometría como de los movimientos vehiculares. En general, se deben formar grupos de carriles separados, cuando exista isletas canalizadoras a nivel que concedan el paso exclusivo ya sea a la derecha o a la izquierda; los demás carriles directos se consideran en un grupo simple de carriles.

Cuando se tenga carriles de vuelta a la izquierda compartidos, se deberá evaluar la operación de los mismos para verificar si funciona como tal, o más bien como carril exclusivo de giro a la izquierda debido a los altos volúmenes vehiculares que realizan dicho movimiento.

Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril del extremo izquierdo es menor que el flujo promedio en los demás carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple. En caso de ser mayor, el carril exterior se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$v_I < \frac{v_a - v_I}{N - 1} \quad (6)$$

$$v_I \geq \frac{v_a - v_I}{N - 1} \quad (7)$$

Donde,

$v_I =$ Volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/hora)

$v_a =$ Volumen actual en el acceso (vehículos/hora)

$N =$ Número de carriles del acceso

Si se cumple la primera desigualdad, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Si por el contrario, se cumple la segunda desigualdad, el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vueltas a la izquierda y, por lo tanto, deberá establecerse como un grupo separado de carriles.

3.1.1.3. Módulo de flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación se define como la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles, que puede pasar a través de las intersecciones bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y la calle, suponiendo que dicho acceso o grupo de carriles

tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo (lo que significa $g/c = 1$). El flujo de saturación se expresa en vehículos por hora de luz verde, y puede determinarse mediante estudios de campo o calcularse con la siguiente expresión.

$$S_i = S_o * N * f_w * f_{hv} * f_g * f_p * f_{Lu} * f_{aut} * f_a * f_{der} * f_{izq} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (8)$$

Donde,

S_i = Tasa del flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora de verde)

S_o = Tasa de saturación ideal por carril, por lo general 1900 (autos/hora verde/carril)

N = Número de carriles del grupo de carriles

f_w = Factor de ajuste por el ancho del carril

f_{hv} = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = Factor de ajuste por pendiente del afluente

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

f_{Lu} = Factor de ajuste por utilización de carriles

f_{aut} = Factor de ajuste para el efecto de bloqueo de autobuses que se paran cerca de la intersección

f_a = Factor de ajuste para el tipo de área

f_{der} = Factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles

f_{izq} = Factor de ajuste para giros a la izquierda

f_{Lpb} = Factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la izquierda

f_{Rpb} = Factor de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas giros a la derecha

En la tabla 11 que se muestra a continuación se resumen las expresiones de cálculo para cada uno de los factores.

Tabla 11: FORMULACIÓN PARA OBTENCIÓN DE FACTORES

Factor	Nº Ec.	Fórmulas	Definición de variables	Observaciones
Ancho de carril	9	$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$	W = ancho del carril (m)	$W \geq 2.4$ m Si $W \geq 4.8$ m, analizar como dos carriles.
Vehículos pesados	10	$f_{hv} = \frac{100}{100 + \%hv(E_T - 1)}$	$\%hv$ = Porcentaje de vehículos pesados del grupo	$E_T = 2.4 \frac{\text{autos}}{\text{veh pesado}}$
Pendiente	11	$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$		
Estacionamiento	12	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 Nm}{3600}}{N}$	N = Número de carriles del grupo Nm = Núm. de maniobras de estacionamiento por hora	$0 \leq Nm \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ $f_p = 1$ para sin estacionamiento

Tabla 11: FORMULACIÓN PARA OBTENCIÓN DE FACTORES (Continuación)

Factor	Nº Ec.	Fórmulas	Definición de variables	Observaciones
Bloqueo de buses	13	$f_{aut} = \frac{N - \frac{14.4 Nb}{3600}}{N}$	$N =$ Número de carriles del grupo $Nb =$ Número de buses que paran por hora	$0 \leq Nb \leq 250$ $f_{aut} \geq 0.050$
	14 15	$f_a = 0.900$ (Para CBD) $f_a = 1.000$ (otras áreas)	$CBD =$ Distrito central de negocios (Centro de la ciudad)	
Utilización de carriles	16	$f_{Lu} = \frac{Vg}{V_{g1} * N}$	$Vg =$ Tasa de flujo de demanda no ajustada de grupo de carril (veh/h) $V_{g1} =$ Tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen mas alto del grupo $N =$ Número de carriles del grupo	
	17 18	Fase protegida: Carril exclusivo $f_{der} = 0.95$ Carril Compartido $f_{izq} = \frac{1}{1 + 0.05P_{LT}}$	$P_{LT} =$ Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles	
Vueltas a la derecha y a la izquierda	19	Carril exclusivo $f_{der} = 0.85$	$P_{RT} =$ Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles	
	20	Carril compartido $f_{der} = 1 - 0.15 * P_{RT}$		
	21	Carril simple $f_{der} = 1 - 0.135 * P_{RT}$		
Bloqueo por peatones y bicicletas	22	Ajuste: LT $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$	$P_{LT} =$ Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles. $A_{pbT} =$ Ajuste a la fase permitida $P_{LTA} =$ Proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase protegida	
	23	Ajuste: RT $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$	$P_{RT} =$ Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles. $P_{RTA} =$ Proporción de vueltas a la derecha que usan la fase protegida	

(Fuente: HCM 2000)

3.1.1.4. Módulo de Análisis de capacidad y relación Volumen/Capacidad

3.1.1.4.1. Capacidad

Para una intersección semaforizada, la capacidad se define como la máxima tasa de flujo que puede atravesar la intersección en condiciones prevalecientes (geométricas, de tránsito y de semaforización). Se calcula la capacidad para cada grupo de carriles y para el acceso en general, mediante la siguiente expresión.

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right) \quad (24)$$

Donde,

c_i = capacidad del grupo de carriles i (vehículos/hora)

s_i = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora verde)

g_i = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes)

C = Ciclo del semáforo (s)

g_i/C = Relación de verde efectivo para el grupo de carriles i

3.1.1.4.2. Relación Volumen/Capacidad

Esta relación se conoce como grado de saturación, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (25)$$

Donde,

X_i = Relación volumen/capacidad para el grupo de carriles i

v_i = Tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles i

c_i = capacidad del grupo de carriles i (vehículos/hora)

Valores de X_i superiores a 1 indican un exceso de la demanda sobre la capacidad, es decir, que existe una sobrecapacidad para el grupo de carriles “ i ” de análisis.

3.1.1.4.3. Módulo de Nivel de Servicio

Los niveles de servicio de intersecciones semaforizadas están dados por el promedio de demoras de tiempo parado por vehículo. Los criterios para asignación de los niveles de servicio son los siguientes:

Tabla 12: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHÍCULO

Niveles de servicio	Demoras de tiempo parado por vehículo (s)
A	Menores de 10
B	Mayores de 10 y menores de 20
C	Mayores de 20 y menores de 35
D	Mayores de 35 y menores de 55
E	Mayores de 55 y menores de 80
F	Mayores de 80

(Fuente: HCM 2000)

3.1.1.4.4. Cálculo de las demoras

Las demoras promedio de tiempo parado por vehículo en un grupo de carriles están dados por la siguiente ecuación.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (26)$$

Donde,

$$d = \text{demora media por control } (s/veh)$$

$$d_1 = \text{demora uniforme } (s/veh)$$

$PF =$ Factor de ajuste por coordinación (Considera los efectos de coordinación los semáforos.)

$$d_2 = \text{demora incremental } (s/veh)$$

$$d_3 = \text{demora por cola inicial } (s/veh)$$

3.1.1.4.5. Factor de ajuste por coordinación

La coordinación de los semáforos afecta solamente a la demora uniforme, debido a una buena coordinación permitirá que una gran cantidad de vehículos atraviesen la intersección durante la fase de verde. Este factor de ajuste se calcula como:

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (27)$$

Donde,

$PF =$ Factor de ajuste por coordinación

$P =$ Proporción de vehículos que llegan en verde

$g/C =$ Proporción de tiempo verde disponible

$f_{PA} =$ Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan en el verde

El valor de P se puede determinar mediante la siguiente expresión.

$$P = R_p \left(\frac{g}{C}\right) \quad (28) \quad ; \quad P \leq 1 \quad (29)$$

Donde,

$R_p =$ Relación de grupo de vehículos

En el capítulo 15 del HCM 2000 se indican los valores de los factores f_{PA} y R_p en función del tipo de llegada de los vehículos (establecidas en las condiciones prevalecientes de semaforización, en el módulo de entradas). En la tabla 13 se detallan dichos valores.

Proporción de verde disponible (g/C)	Tipo de llegada					
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6
0.2	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,75
0.3	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0.4	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0.5	1,667	1,24	1,000	0,767	0,333	0,000
0.6	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0.7	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
R_p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

(Fuente: HCM 2000)

3.1.1.4.6. Demora uniforme, d_1

Es la demora que ocurriría suponiendo llegadas uniformes, de tal manera que ningún ciclo resulta saturado. Se determina como:

$$d_1 = \frac{0,5(C) \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \left(\frac{g}{C}\right)\right]} \quad (30)$$

Donde,

$d_1 =$ Demora unidorme (s/veh)

$C =$ Ciclo del semáforo (s)

$g/C =$ Proporción de tiempo verde disponible

$X =$ Relación *volumen/capacidad*

3.1.1.4.7. Demora incremental, d_2

Esta demora tiene en cuenta el efecto de las llegadas aleatorias de los vehículos a la intersección que ocasiona algunos ciclos sobresaturadas durante el período de análisis, se expresa como:

$$d_2 = 900(T) \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8(k)(I)(X)}{(c)(T)}} \right] \quad (31)$$

Donde,

$d_2 =$ demora incremental (s/veh)

$T =$ Duración período análisis ($T = 0.25$ para períodos de 15 min. en los aforos)

$X =$ Relación *volumen/capacidad*

$c =$ capacidad (*vehículos/hora*)

$k =$ Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas, $k = 0.50$ para intersecciones prefijadas.

$I =$ Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba.
 $I = 1$ para intersecciones aisladas.

3.1.1.4.8. Demora por cola inicial, d_3

Es la que considera las demoras producidas por todos los vehículos que se encuentran en la cola inicial al comienzo del período de análisis, puesto que dicha cola deberá primero desalojar la intersección, lo cual causará retrasos en los vehículos posteriores. Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$d_3 = \frac{1800(Q_b)(1+u)(t)}{(c)(T)} \quad (32)$$

Donde,

$d_3 =$ demora por cola inicial (s/veh)

$Q_b =$ Cola inicial al principio del período T (veh)

$T =$ Duración período análisis ($T = 0.25$ para períodos de 15 min. en los aforos)

$u =$ Parámetro de demora

$c =$ capacidad (vehículos/hora)

$t =$ duración de la demanda insatisfecha (horas)

Para la estimación de esta demora, existen cinco posibles escenarios.

- **Caso 1:** El período no es saturado, sin cola inicial.

$$Q_b = 0, \text{ por lo tanto, } d_3 = 0$$

- **Caso 2:** El período es sobresaturado, sin cola inicial.

$$Q_b = 0, \text{ por lo tanto, } d_3 = 0$$

- **Caso 3:** Ocurre cuando la cola inicial Q_b se disipa durante T . Para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$Q_b + qT < cT \quad (33)$$

Donde,

$qT =$ Demanda total en T

$cT =$ Capacidad disponible en T

- **Caso 4:** Ocurre cuando aún existe demanda insatisfecha al final de T , pero la misma es decreciente. Para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$qT < cT \quad (34)$$

- **Caso 5:** Ocurre cuando la demanda en T , excede a la capacidad disponible en dicho período. Aquí la demanda insatisfecha se incrementa al final de T . Para que esto ocurra deberá cumplirse que:

$$qT > cT \quad (35)$$

Para los casos 3, 4 y 5:

$$t = 0 \text{ si } Q_b = 0 \quad (36)$$

Caso contrario:

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right\} \quad (37)$$

Donde:

$t =$ duración de la demanda insatisfecha (horas)

$c =$ capacidad (vehículos/hora)

$Q_b =$ Cola inicial al principio del período T (veh)

$X =$ Relación volumen/capacidad

$$u = 0 \text{ si } t < T \quad (38)$$

Caso contrario:

$$u = 1 - \frac{(c)(T)[1 - \min(1, X)]}{Q_b} \quad (39)$$

Donde:

$u =$ Parámetro de demora

$c =$ capacidad (vehículos/hora)

$T =$ Duración período análisis ($T = 0.25$ para períodos de 15 min. en aforos)

$Q_b =$ Cola inicial al principio del período T (veh)

$X =$ Relación volumen/capacidad

3.1.1.4.9. Demora en los accesos

La demora en cualquier acceso, se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, mediante la siguiente expresión.

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i * v_i)}{\sum_{i=1}^A (v_i)} \quad (40)$$

Donde,

$A =$ Número de grupos de carriles en el acceso A

$d_A =$ Demora en el acceso A (s/veh)

$d_i =$ Demora en el grupo de carriles i , del acceso A (s/veh)

$v_i =$ Volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/hora)

3.1.1.4.10. Demora en la intersección

Esta demora, análogamente a la demora en los accesos, se determina como un promedio ponderado de las demoras en todos los accesos. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d_I = \frac{\sum_{i=1}^I (d_A * v_A)}{\sum_{i=1}^I (v_A)} \quad (41)$$

Donde,

I = Número de accesos en la intersección I

d_I = Demora en la intersección (s/veh)

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

v_A = Volumen ajustado del acceso A ($veh/hora$)

3.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

La metodología a emplear para el cálculo de niveles de servicio de estas intersecciones, es la proporcionada en el capítulo 16 del "Highway Capacity Manual 2000". Para su evaluación, se recurre a los conceptos y procedimientos ahí detallados. A continuación se puntualizan algunas definiciones que se utilizarán en la descripción de la metodología a emplear.

Calle principal: Es aquel acceso a la intersección, en el cual los vehículos tienen preferencia para cruzar de un lado a otro, y por lo general, no cuentan con señalización vertical que indique pare o ceda el paso, precisamente porque tienen prioridad en el paso; más si debe existir la señalización respectiva que muestre la jerarquía (principal) de la vía en cuestión.

Calle secundaria: Es aquel acceso a la intersección, en el cual los vehículos no tienen la preferencia para cruzar de un lado a otro; y por lo tanto, cuentan con señalización vertical que indique pare o ceda el paso, precisamente para que los vehículos se detengan a tiempo, además, también existe la señalización respectiva que muestre la jerarquía (secundaria) de la vía en cuestión.

Tiempo continuo: Es el tiempo mínimo promedio aceptado entre la salida de un vehículo de la calle secundaria y la salida de un segundo vehículo usando el mismo intervalo, es decir, el tiempo necesario entre dos vehículos consecutivos para que puedan desalojar la vía secundaria.

Intervalo: Es el tiempo, en segundos, que le toma a la parte delantera de un segundo vehículo consecutivo para llegar al punto de partida de la parte delantera del primer vehículo; es decir, es la medida de tiempo entre las respectivas partes traseras de dos vehículos consecutivos que se mueven en una misma dirección.

Intervalo crítico: Es el intervalo mínimo promedio aceptado que permite la entrada a la intersección para un vehículo de la calle secundaria (o giro a la izquierda desde la calle principal), por lo tanto, es el tiempo mínimo que se requiere para que un vehículo se incorpore hacia la intersección, si proviene de la movimientos conflictivos.

Capacidad potencial: El concepto de capacidad potencial asume que todos los espacios disponibles son usados por los movimientos vehiculares actuantes (en los cuales hay una gran prioridad de movimientos vehiculares y peatonales esperando usar uno de estos espacios).

Una vez aclarados estos conceptos, se aborda la metodología que emplea el HCM2000 para el cálculo del nivel de servicio en este tipo de intersecciones.

3.2.2 Análisis de Intersecciones No Semaforizadas: Metodología TWSC (Two Way Stop Controlled Intersections)

El procedimiento descrito en esta metodología que contempla el HCM2000 está destinado para intersecciones en las cuales únicamente dos de los accesos (correspondientes a las calles secundarias) están señalizados mediante advertencias de “Pare” o “Ceda el Paso”, mientras que la calle principal tiene paso libre sin ningún tipo de restricciones.

En general, esta metodología se basa en la teoría del intervalo y tiempo continuo (descritos anteriormente) aceptados entre vehículos, y también en la prioridad de los diferentes movimientos direccionales en cada acceso, tanto para las calles principales como secundarias. En este tipo de intersecciones es muy importante la jerarquía que tiene cada movimiento (lo cual se describe más adelante), pues el flujo de cada movimiento tendrá mayor o menor dificultad para realizar las maniobras de incorporación a cualquiera de las salidas de la intersección, en función de la jerarquía y por ende, de la prioridad que tenga.

En la figura 57, tomada del Capítulo 17 del HCM 2000 se muestra la jerarquía o “rank” para el tráfico de cada movimiento direccional, según el tipo de intersección a nivel. Los accesos que tienen las señales de “Pare” corresponden a las calles secundarias de la intersección, y las demás, a las principales. Como se puede apreciar, también se consideran los flujos peatonales (13, 14, 15 y 16).

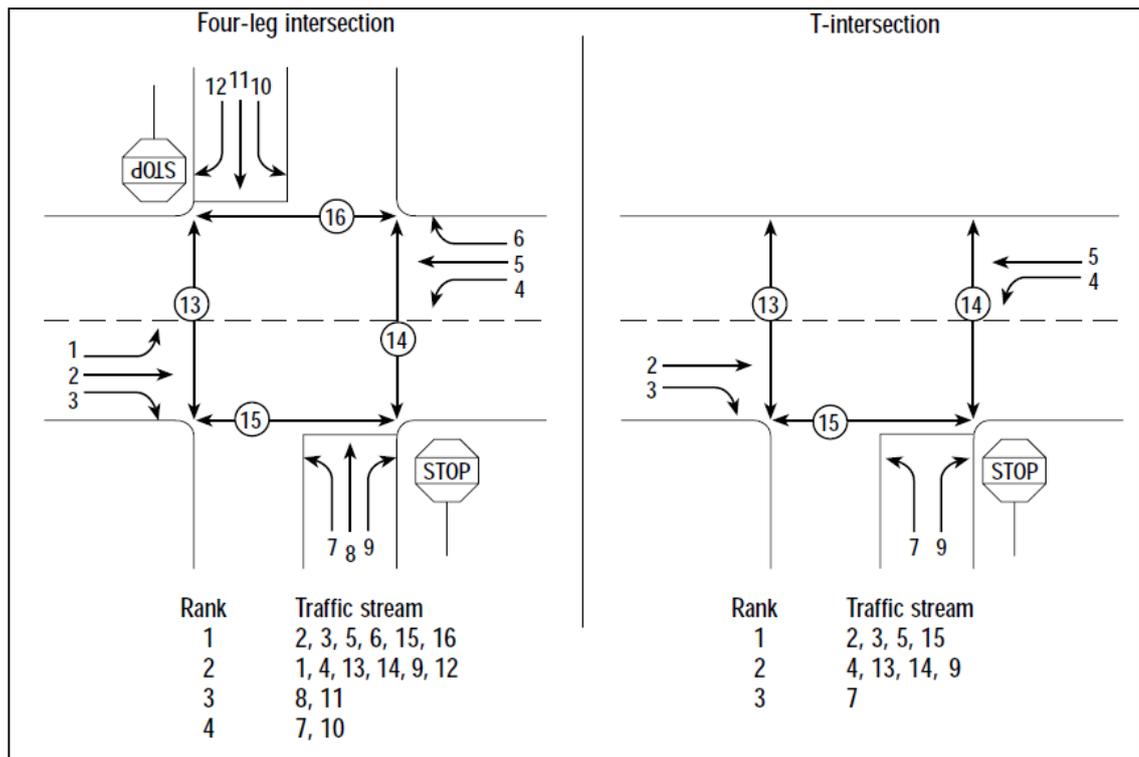


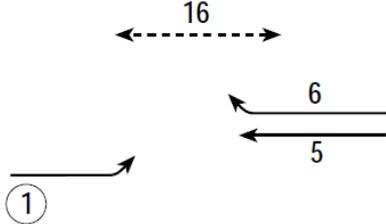
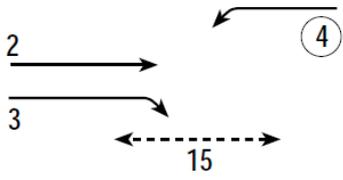
Figura 57: Jerarquía para cada movimiento direccional (Fuente: HCM2000 Cap. 17)

(Tomada el 15 de octubre de 2013)

La jerarquía 1 contiene a los movimientos vehiculares que tienen mayor prioridad, tanto para la intersección de 4 accesos, como para la intersección tipo T, y la prioridad disminuye conforme aumenta la denominación de la jerarquía.

3.2.2.1 Determinación de volúmenes de conflicto

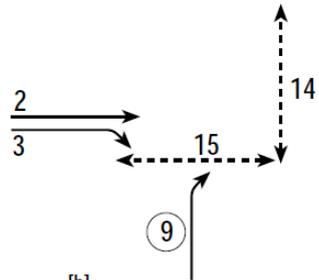
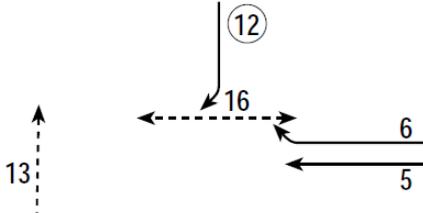
En este tipo de intersecciones, cada movimiento se enfrenta a diferentes conflictos que están directamente relacionados con la naturaleza del movimiento. En orden de jerarquía, se describe a continuación los conflictos que se presentan para cada movimiento. Los giros hacia la izquierda hacia la calle principal tienen conflicto con los flujos frontales y derechos de dicha calle, ya que debe atravesar los primeros y unirse con los segundos; por otra parte, también presentan conflicto con los flujos peatonales que cruzan las calles secundarias. Lo mencionado se puede observar en la figura 58.

Movimiento Conflictivo	Movimientos que causan conflicto y movimientos conflictivos $V_{c,x}$	
Giro izquierdo en calle principal (1,4)	 $V_{c,1} = V_5 + V_6^{[a]} + V_{16}$	 $V_{c,4} = V_2 + V_3^{[a]} + V_{15}$

Nota (a): Si existe una isleta canalizadora a nivel para los giros derechos de la calle principal, entonces no se consideran los flujos V_3 y V_6 .

Figura 58: Movimientos conflictivos en calle principal (Fuente: HCM2000 Cap. 17)
(Tomada el 15 de octubre de 2013)

Los giros a la derecha de la calle secundaria está en conflicto con los flujos frontales que van por el carril derecho de la calle principal, ya que se incorporan en la misma dirección. Además, también tiene inconvenientes con los flujos peatonales que atraviesan tanto las calles secundarias como las principales. Todo esto se ilustra en la figura 59.

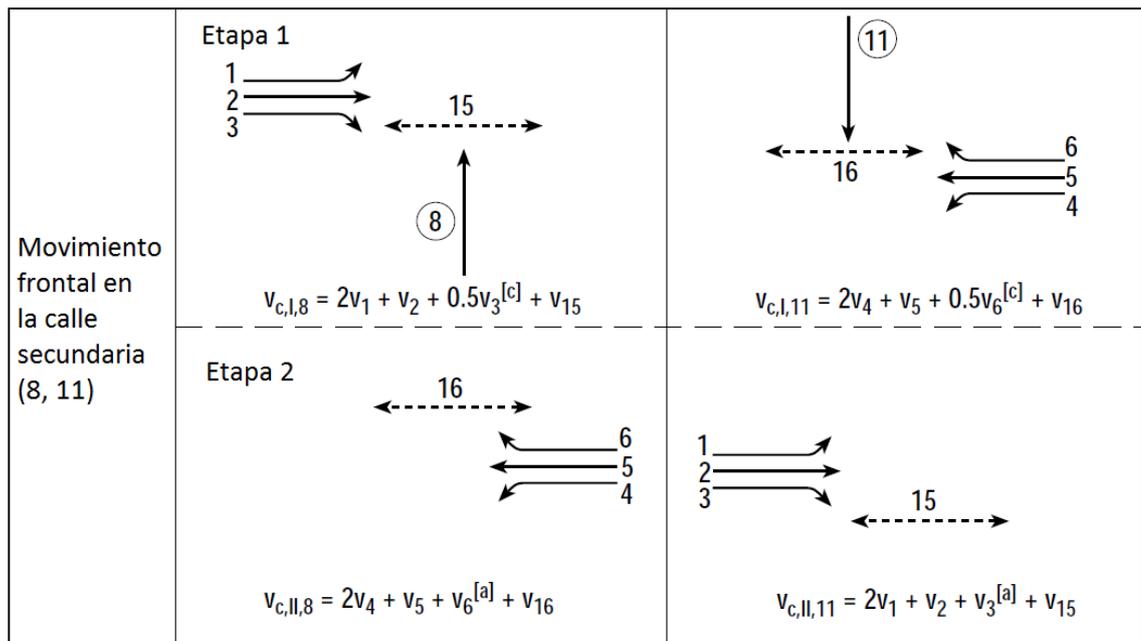
Giro derecho en la calle secundaria (9, 12)	 $V_{c,9} = \frac{V_2^{[b]}}{N} + 0.5V_3^{[c]} + V_{14} + V_{15}$	 $V_{c,12} = \frac{V_5^{[b]}}{N} + 0.5V_6^{[c]} + V_{13} + V_{16}$
---	--	---

Nota (b): Si existe más de un carril en la calle principal, los flujos en el carril derecho se asumen como (V_2/N) , donde N es el número de carriles frontales.

Nota (c): Si existe un carril exclusivo para el giro derecho en la calle principal, V_3 y V_6 no deben ser considerados.

Figura 59: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Derecho) Fuente: HCM2000 Cap. 17)
(Tomada el 15 de octubre de 2013)

Los movimientos de frente en las calles secundarias tienen conflicto directo de cruce o de encuentro con todos los movimientos de la calle principal, así como también con los movimientos peatonales que atraviesan las calles secundarias. En la figura 60 se resume lo mencionado.



Nota (a): Si existe una isleta canalizadora a nivel para los giros derechos de la calle principal, entonces no se consideran los flujos V3 y V6.

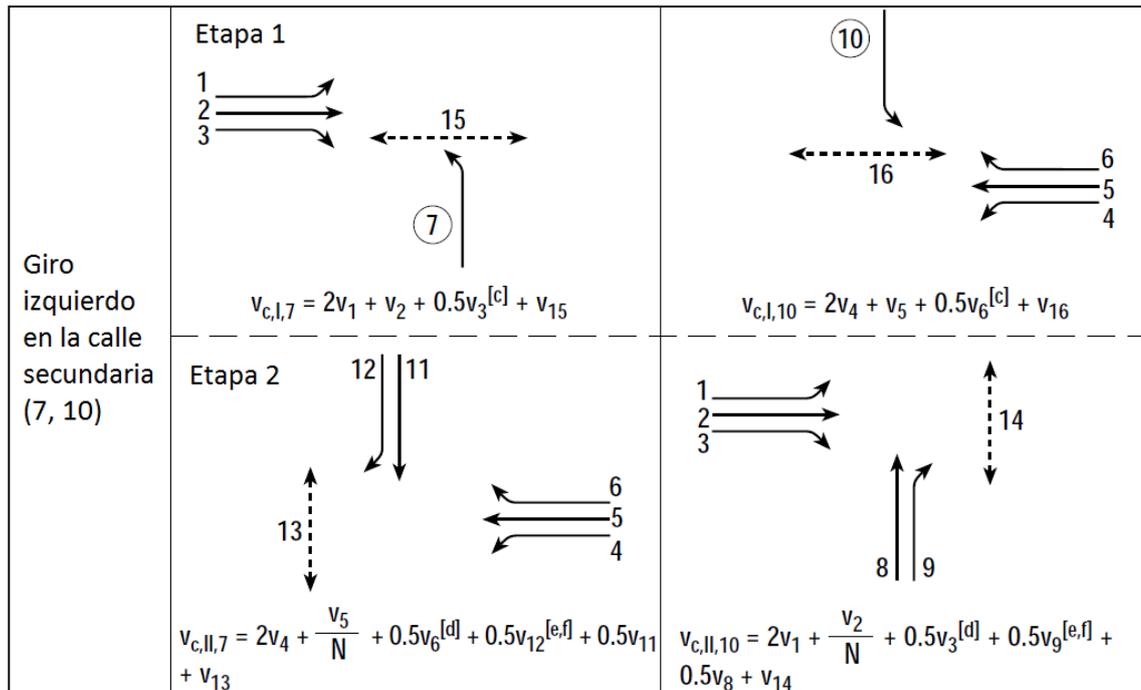
Nota (c): Si existe un carril exclusivo para el giro derecho en la calle principal, V3 y V6 no deben ser considerados.

Figura 60: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Frontal) (Fuente: HCM2000 Cap. 17)

(Tomada el 15 de octubre de 2013)

Como se puede observar en la figura 60, existen dos etapas para un mismo movimiento. La primera ocurre cuando al cruzar la calle principal, el movimiento frontal se encuentra con todos los flujos que vienen de una dirección de la calle principal, y después, al cruzar la berma central se produce la segunda fase, cuando se cruza con el flujo de tráfico opuesto (en la otra dirección de la calle principal).

Finalmente, los giros a la izquierda desde las calles secundarias son las maniobras más difíciles de ejecutar en este tipo de intersecciones, ya que tienen conflicto de cruce y/o encuentro con todos los movimientos de las calles principales, a más de los frontales y giros derechos de las calles secundarias y adicionalmente interfiere también con todos los movimientos peatonales, tanto de las calles principales como de las secundarias. A continuación, en la figura 61 se ilustra todo lo mencionado anteriormente.



Nota (d): Omitir el más alejado giro a la derecha V_3 para el movimiento conflictivo V_{c10} , o V_6 para el movimiento conflictivo V_{c7} si la calle principal cuenta con más de un carril.

Nota (e): Si existe una isleta canalizadora a nivel para los giros derechos desde la calle secundaria, y dichos movimientos deben respetar señales de “Pare” o “Ceda el paso”, entonces los flujos V_9 y V_{12} no necesitan ser considerados.

Nota (f): Omitir los flujos V_9 y V_{12} para intersecciones de varios carriles, o usar la mitad de sus valores, si los accesos por las calles secundarias está abocinados.

Figura 61: Movimientos conflictivos en calle secundaria (Izquierdo) (Fuente: HCM2000 Cap. 17)
(Tomada el 16 de octubre de 2013)

Como se puede observar en la figura 61, en este caso también existen dos etapas para un mismo movimiento. La primera ocurre cuando al cruzar la calle principal, el movimiento frontal se encuentra con todos los flujos que vienen en una dirección de dicha calle, y después, al cruzar la berma central se produce la segunda fase, cuando se cruza el flujo de tráfico opuesto (en la otra dirección de la calle principal), a más de cruzarse con el flujo frontal de la calle secundaria y unirse con el flujo derecho de dicha calle.

El volumen de conflictos para un movimiento determinado se calcula mediante las ecuaciones que se observan en la parte inferior de cada uno de los diagramas precedentes, tomando en cuenta las respectivas observaciones que se realizan en cada nota al pie de las figuras.

3.2.2.2 Intervalos críticos y tiempos continuos

El intervalo crítico (t_{cx}) y el tiempo continuo (t_{fx}), definidos al inicio del análisis de intersecciones no semaforizadas, constituyen parámetros que dificultan la maniobrabilidad de los conductores, quienes se ven influenciados por dicha dificultad.

Tabla 14: Intervalos críticos bases y tiempos continuos bases

Movimiento vehicular	Intervalo critico base, tcb (s)		Tiempo continuo, tfb (s)
	Calle principal de 2 carriles	Calle principal de 4 carriles	
Giro izquierdo desde calle principal	4,1	4,1	2,2
Giro derecho desde calle secundaria	6,2	6,9	3,3
Trafico frontal en calle secundaria	6,5	6,5	4
Giro izquierdo desde calle secundaria	7,1	7,5	3,5

Tabla 15: Ajustes para el intervalo critico y tiempos continuos

Factor de ajuste	Valores	Descripción de casos en que se usa
tcHV	1,0	Calle principal de 2 carriles
	2,0	Calle principal de 4 carriles
tcT	1,0	1era o 2da fase del proceso de 2 fases
	0,0	Proceso de una sola fase
t3LT	0,7	Giro a la izquierda en una intersección T
	0,0	Otros movimientos
tfHV	0,9	Calle principal de 2 carriles
	1,0	Calle principal de 4 carriles
tcG	0,1	Movimientos 9 y 12
	0,2	Movimientos 7, 8, 10 y 11
	1,0	Otros movimientos

El intervalo crítico (t_{cx}) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$t_{cx} = t_{cb} + t_{cHV} \cdot P_{HV} + t_{cG} \cdot G - t_{cT} - t_{3LT} \quad (42)$$

Donde:

t_{cx} = Intervalo crítico para cada movimiento x (cada flujo de conflicto descrito en las Fig. 58 – 61) [s]

t_{cb} = Intervalo crítico base (Ver tabla 14)

t_{cHV} = Factor de ajuste para vehículos pesados (Ver tabla 15)

P_{HV} = Proporción de vehículos pesados

t_{cG} = Factor de ajuste por pendiente (Ver tabla 15) [s]

G = Pendiente (decimal)

t_{cT} = Factor de ajuste para intervalo aceptado en dos etapas (Ver tabla 15)[s]

t_{3LT} = Factor de ajuste por geometría de la intersección (Ver tabla 15)[s]

El tiempo continuo (t_{fx}) se obtiene a través de la siguiente formulación:

$$t_{fx} = t_{fb} + t_{fHV} \cdot P_{HV} \quad (43)$$

Donde,

t_{fx} = Tiempo continuo para cada movimiento x [s]

t_{fb} = Tiempo continuo base (Ver tabla 14) [s]

t_{fHV} = Factor de ajuste para vehículos pesados (Ver tabla 15) [s]

P_{HV} = Proporción de vehículos pesados

3.2.2.3 Capacidad Potencial

Según el modelo de intervalo aceptado, para un movimiento determinado es calculada con la siguiente expresión.

$$c_{px} = (v_{cx}) \left[\frac{e^{-(v_{cx} \cdot t_{cx} / 3600)}}{1 - e^{-(v_{cx} \cdot t_{cx} / 3600)}} \right] \quad (44)$$

Donde,

c_{px} = Capacidad potencial del movimiento x , (veh/hora)

v_{cx} = Tasa de flujo de conflicto para un movimiento x , (veh/hora)

t_{cx} = Intervalo crítico para cada movimiento x , (veh/hora)

t_{fx} = Intervalo crítico para cada movimiento x , (veh/hora)

Esta capacidad potencial es definida como la capacidad para un movimiento específico, asumiendo algunas condiciones base que establece el HCM 2000 en su capítulo 17.

- El tráfico de las intersecciones cercanas no altera la intersección de estudio.
- Un carril separado es provisto para uso exclusivo de cada movimiento en la calle secundaria.
- Una señal cercana a la intersección no afecta los patrones de llegada del tráfico de la calle principal.
- Ningún otro movimiento de la jerarquía 2, 3 ó 4 impide el movimiento de estudio.

3.2.2.4 Capacidad de movimiento y efectos de movimiento que restringen la capacidad

Se considera que los flujos correspondientes a las jerarquías 1 y 2 no tienen ningún impedimento producto de los movimientos en la calle secundaria, por lo tanto, los flujos de la calle principal no deberían tener demoras altas, al tener prioridad ante las jerarquías 3 y 4.

A continuación se detallan los derechos de paso y de parada de cada jerarquía o "rank" (en inglés).

1. La jerarquía 1 (se denota como i) tiene derecho de paso libre frente a las jerarquías 2, 3 y 4.
2. La jerarquía 2 (se denota como j) tiene derecho de paso libre frente a las jerarquías 3 y 4, y debe ceder el paso a la jerarquía 1.
3. La jerarquía 3 (se denota como k) tiene derecho de paso libre frente a la jerarquía 4, y debe ceder el paso a las jerarquías 1 y 2.
4. La jerarquía 4 (se denota como l) debe ceder el paso a las jerarquías 1, 2 y 3.

3.2.2.4.1 Capacidad de movimiento para cada jerarquía

Jerarquía 2

La capacidad de movimiento de cada flujo de la jerarquía 2 se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$c_{mj} = c_{pj} \quad (45)$$

Donde,

c_{mj} = Capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 2 ($veh/hora$)

c_{pj} = Capacidad potencial de movimiento flujos correspondientes a jerarquía 2 ($veh/hora$)

Jerarquía 3

La capacidad de los flujos de la jerarquía 3 se ve afectada por las restricciones de paso que tiene frente a las jerarquías 1 y 2, en especial por los giros izquierdos de la calle principal, por lo tanto, no todos los intervalos disponibles pueden ser aprovechados por los flujos de la jerarquía 3, ya que también son esperados por los giros izquierdos ya mencionados.

La magnitud de la restricción en la capacidad de movimiento está en función de la probabilidad de que los vehículos que realizan el giro hacia la izquierda en la calle principal, estén esperando un intervalo disponible al mismo tiempo que los vehículos de la jerarquía 3. Esta probabilidad se expresa mediante la siguiente expresión.

$$P_{vj} = 1 - \left(\frac{v_j}{c_{mj}} \right) \quad (46)$$

Donde,

P_{vj} = Probabilidad de que los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen en condiciones de flujo libre.

v_j = Demanda de flujo real de los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 (veh/hora)

c_{mj} = Capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 2 (veh/hora)

Por lo tanto, para obtener la capacidad de movimiento de los flujos de la jerarquía 3, se afecta su capacidad potencial por la probabilidad de los movimientos de la jerarquía superior (j=2).

$$c_{mk} = (c_{pk}) \sum_j P_{vj} \quad (47)$$

Donde,

c_{mk} = Capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 3 (veh/hora)

c_{pk} = Capacidad potencial de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 3 (veh/hora)

P_{vj} = Probabilidad de que los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen en condiciones de flujo libre.

Jerarquía 4

La capacidad de los flujos de jerarquía 4 se ve afectada por las colas que generan los movimientos conflictivos de las jerarquías superiores (1, 2 y 3). Las colas que se puedan formar en la calle principal para realizar los giros hacia la izquierda afectan la probabilidad de un flujo libre para los movimientos de la calle secundaria. Los giros hacia la izquierda de dicha calle se ven impedidos por los dos giros a la izquierda en la calle principal y los frontales en la secundaria. El producto de estos impedimentos se refleja en la siguiente ecuación.

$$p' = 0.65(p'') - \frac{p''}{p'' + 3} + 0.6(\sqrt{p''}) \quad (48)$$

Donde,

p' = Factor de ajuste por los efectos impedidos (giros a la izquierda de la calle principal y los movimientos de paso directo de la calle secundaria)

$p'' = (P_{v1})(P_{v4})(P_{v8})(P_{v11}) \quad (49) \rightarrow$ es producto de las probabilidades de mov. 1, 4, 8 y 11

Mientras que capacidad de movimiento de los flujos de la jerarquía 4, se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$c_{ml} = (c_{pl}) \left[(p') \left(\sum_j P_{vj} \right) \right] \quad (50)$$

Donde,

c_{ml} = Capacidad de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 4 (veh/hora)

c_{pl} = Capacidad potencial de movimiento de los flujos correspondientes a la jerarquía 4 (veh/hora)

p' = Factor de ajuste por los efectos impedidos (giros a la izquierda de la calle principal y los movimientos de paso directo de la calle secundaria)

P_{vj} = Probabilidad de que los movimientos hacia la izquierda en la calle principal de la jerarquía 2 operen en condiciones de flujo libre.

3.2.2.5 Determinación de capacidad de carriles compartidos

Si muchos movimientos comparten el mismo carril y no pueden detenerse al lado de la línea de parada, es necesario juntar algunos movimientos y reajustar en función de las nuevas condiciones. Para calcular esta capacidad ajustada se utiliza la siguiente ecuación.

$$C_{SH} = \frac{\sum v_y}{\sum \left(\frac{v_y}{c_{my}} \right)} \quad (51)$$

Donde,

C_{SH} = Capacidad del carril compartido, (veh/hora)

v_y = Tasa de flujo del movimiento "y" que comparte el carril con otros flujos secundarios.

c_{my} = Capacidad de movimiento del movimiento "y" que comparte carril con flujos secundarios.

3.2.2.6 Determinación de demora controlada

La demora promedio controlada para cualquier movimiento de la calle secundaria está en función de la capacidad del acceso y del grado de saturación. El modelo analítico asume que la demanda es menor que la capacidad durante el período de análisis. De esta manera, la demora total es la diferencia total se atribuye a la producida por la presencia de cualquier

tipo de señal, pare, ceda el paso, etc., que es posible cuantificar; para lo cual se emplea la siguiente expresión.

$$d_x = \frac{3600}{c_{mx}} + 900T \left[\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{mx}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{mx}} \right)}{450T}} \right] + 5 \quad (52)$$

Donde,

$d_x =$ Demora controlada para cada movimiento "x" (s/veh)

$v_x =$ Tasa de flujo para cada movimiento "x" (veh/hora)

$c_{mx} =$ Capacidad de movimiento para cada movimiento "x" (veh)

$T =$ Período de tiempo de análisis, $T = 0.25$ para un período de 15 min (horas)

3.2.2.7 Nivel de Servicio

Los niveles de servicio de intersecciones no semaforizadas están dados por la demora controlada promedio por vehículo. Los criterios para asignación de los niveles de servicio son los siguientes.

Tabla 16: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHÍCULO INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

Niveles de servicio	Demoras de tiempo parado por vehículo (s)
A	menores de 10
B	mayores de 10 y menores de 15
C	mayores de 15 y menores de 25
D	mayores de 25 y menores de 35
E	mayores de 35 y menores de 50
F	mayores de 50

(Fuente: HCM 2000)

3.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO EN INTERSECCIONES ROTATORIAS

La metodología que emplea el HCM 2000 para este tipo de intersecciones se denomina "Single Lane Roundabout", y consiste en un procedimiento de cálculo que permite obtener los niveles de servicio únicamente de glorietas que cuentan con un solo carril tanto en los accesos a la intersección, como en la circulación interna dentro del redondel.

Además, dicha metodología no llega a determinar un nivel de servicio como tal, sino que se limita a determinar la capacidad de cada uno de los accesos, en función de lo cual

evalúa la relación que existe entre el volumen que ingresa y la capacidad calculada previamente, de esta manera se establece el grado de saturación del acceso, y se puede concluir en qué proporción la vía objeto de estudio satisface la demanda.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede deducir que la metodología descrita empleada por el HCM 2000 para las intersecciones rotatorias, no puede ser aplicada a los dos redondeles existentes a lo largo del corredor de la Av. Unidad Nacional, debido a que en los dos casos, las glorietas cuentan con dos carriles de circulación, tanto en los accesos como dentro de las rotatorias; además no sería posible establecer un nivel de servicio en sí para las intersecciones.

En consecuencia, el procedimiento a emplear para este tipo de intersecciones consistirá en determinar directamente en campo las demoras por vehículo, para lo cual se utilizó una muestra de 20 vehículos en cada uno de los accesos, descartando las lecturas que presenten un sesgo excesivo. Los vehículos para tomar los tiempos fueron seleccionados aleatoriamente y al azar, se consideraron principalmente los vehículos livianos, al ser éstos el mayor componente de la composición vehicular en las dos intersecciones.

Se tomaron las lecturas en las horas pico de cada intersección, las cuales se tenían previamente identificadas como resultado de los estudios de tráfico realizados por el GAD Cuenca, se tomó el tiempo de los vehículos ubicados al inicio de la cola, es decir, los primeros vehículos de las filas en cada acceso, de tal manera que únicamente se consideró el tiempo que tardan en incorporarse a la rotatoria, circular al interior de la misma, y salir de ella.

Para tomar en cuenta el tiempo de espera producto de las colas que se forman en cada uno de los accesos, al haber tomado las muestras en horas pico, se agregaron 5 segundos a las medidas obtenidas, tiempo que corresponde a un promedio observado en campo que tarda el cuarto vehículo de la cola en llegar a ser el primero y quedando listo para incorporarse al redondel.

Finalmente, con los tiempos totales (incluido el tiempo promedio de espera por la cola que se forma) se obtiene un tiempo promedio total de demora para cada uno de los accesos, y en función del valor de dichos tiempos, se determina el nivel de servicio haciendo uso de la tabla 16, ya que una rotatoria también es considerada como una intersección no semaforizada (ya que no cuenta con ningún dispositivo como semáforos para regular el paso de los vehículos, tal como se indica en las definiciones de las respectivas intersecciones).

3.4 CÁLCULO DE NIVELES DE SERVICIO CON PROCEDIMIENTO MANUAL

Con el fin de validar los resultados obtenidos con el software “SIDRA INTERSECTION 5.1”, se realizó el cálculo manual de los niveles de servicio, tanto de las intersecciones semaforizadas como de la no semaforizada. Con respecto a las rotatorias, la validación de resultados se hará directamente comparando los tiempos obtenidos en campo con los que arroja el programa.

3.4.2 Intersecciones semaforizadas

3.4.2.1 Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Siguiendo la metodología detallada para este tipo de intersecciones, se realizó el procedimiento que se indica a continuación.

3.4.2.1.1 Módulo de entradas

A continuación se presentan las condiciones prevaecientes de la intersección (geométricas, de tránsito y de semaforización), en diferentes tablas y diagramas para su mayor comprensión y fácil interpretación.

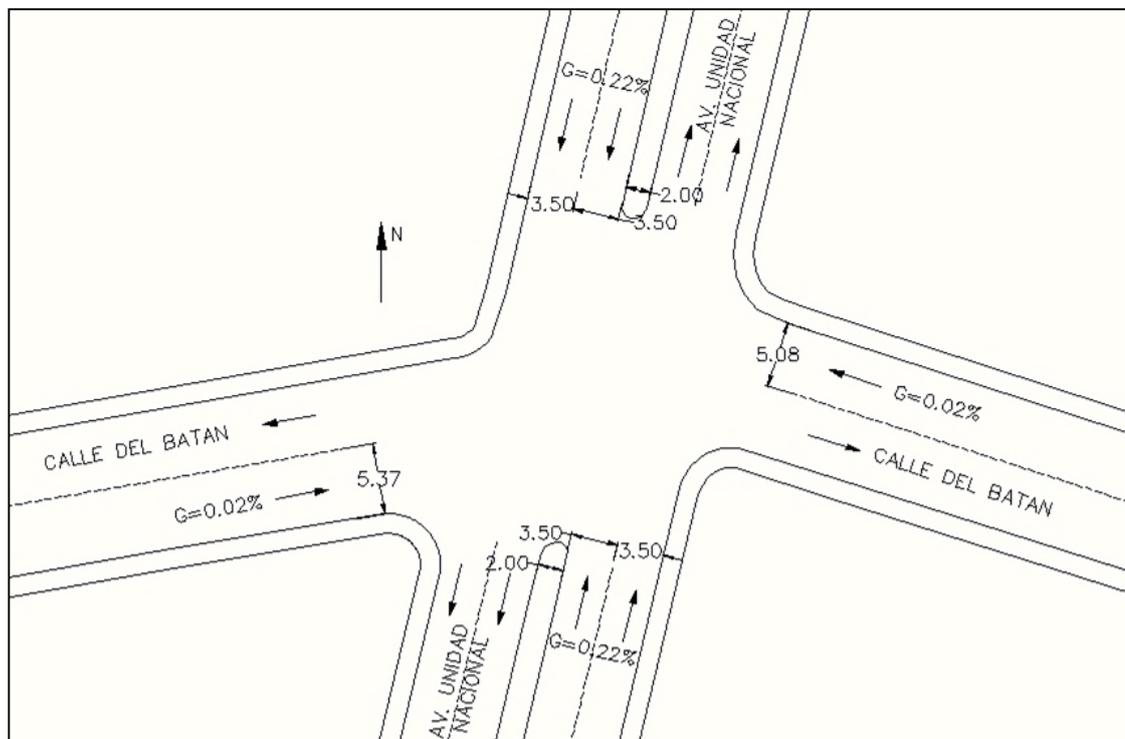


Figura 62: Condiciones geométricas Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

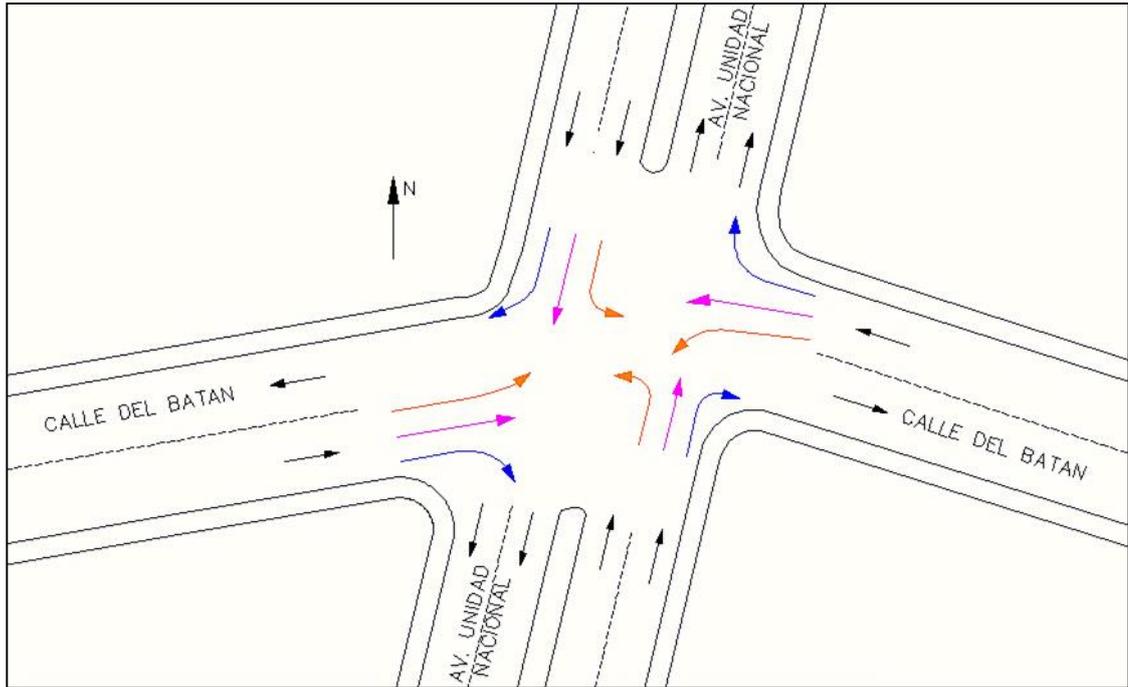


Figura 63: Movimientos permitidos en Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

En las figuras 62 y 63 se pueden observar tanto las principales características geométricas de la intersección así como los movimientos permitidos en cada acceso a la misma, respectivamente.

3.4.2.1.2 Condiciones de tránsito

En la tabla 17 se puede apreciar un resumen de las principales condiciones de tránsito de la intersección.

Tabla 17: CONDICIONES DE TRÁNSITO AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Acceso	Movimientos permitidos en el acceso						Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)	Maniobra de estacionamiento en hora pico (veh/hora)	Numero de buses que se detienen en hora pico
	Frontal (TH)		Derecho (RT)		Izquierdo (LT)				
	TPDA Hora Pico	% Vehículos Pesados	TPDA Hora Pico	% Vehículos Pesados	TPDA Hora Pico	% Vehículos Pesados			
Av. Unidad Nacional S – N	950	5,28%	70	0,60%	44	0,35%	0,97	2	0
Calle del Batan E – O	154	1,03%	116	0,47%	34	0,56%	0,78	3	0
Av. Unidad Nacional N – S	696	6,45%	51	3,07%	29	0,08%	0,93	2	0
Calle del Batan O – E	117	1,50%	129	1,16%	53	5,29%	0,9	4	0

Para una descripción más profunda del tránsito, sus características y su comportamiento en la presente intersección, se realizan las siguientes acotaciones.

- El estacionamiento no es permitido en la aproximación a ninguno de los accesos, sin embargo existen parqueos momentáneos de ciertos vehículos como taxis y otros que se detienen por la presencia de algunos locales comerciales en las proximidades a la intersección.
- No existen estacionamientos ni paradas señalizadas de autobuses en las cercanías de la intersección, en ninguno de sus accesos, lo cual se respeta por parte de los conductores del transporte público, según se pudo comprobar en campo.
- En una observación realizada previamente en campo para el respectivo levantamiento de información, se pudo observar que el flujo peatonal presente en esta intersección es muy bajo; además se constató que dichos peatones no hacen uso del paso cebra para cruzar las calles; sino que lo hacen en lugares que no están destinados para este fin.
- Como parte del tráfico aforado se incluyeron las bicicletas dentro de medios de transporte de dos ruedas; sin embargo, las motos son las que conforman la mayor parte de este componente del tráfico, y las bicicletas en sí, representan un porcentaje bajísimo, prácticamente despreciable, lo cual resulta lógico considerando que no existen ciclo vías en las vías que confluyen en esta intersección.
- Los porcentajes de vehículos pesados que se muestran en la tabla 17 fueron obtenidos directamente de los datos de la consultoría “Estudio de Volúmenes de Tránsito en Diferentes Intersecciones de la Ciudad de Cuenca”.

3.4.2.1.3 Condiciones de semaforización

En las siguientes figuras y tablas se puede observar la distribución de los movimientos permitidos e impedidos en cada fase y sus respectivos tiempos de duración, así como del ciclo semafórico. El semáforo con el que se cuenta en la presente intersección es de tiempo fijo y no existe actuación para peatones. La presente constituye una intersección aislada.

Tabla 18: FASE SEMAFÓRICA AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

FASE	$\phi 1$	$\phi 2$
Tiempo de Verde	32 s	20 s
Tiempo de Amarillo	3 s	3 s
Todas las fases en rojo	1 s	1 s
Tiempo de la fase	36 s	24 s

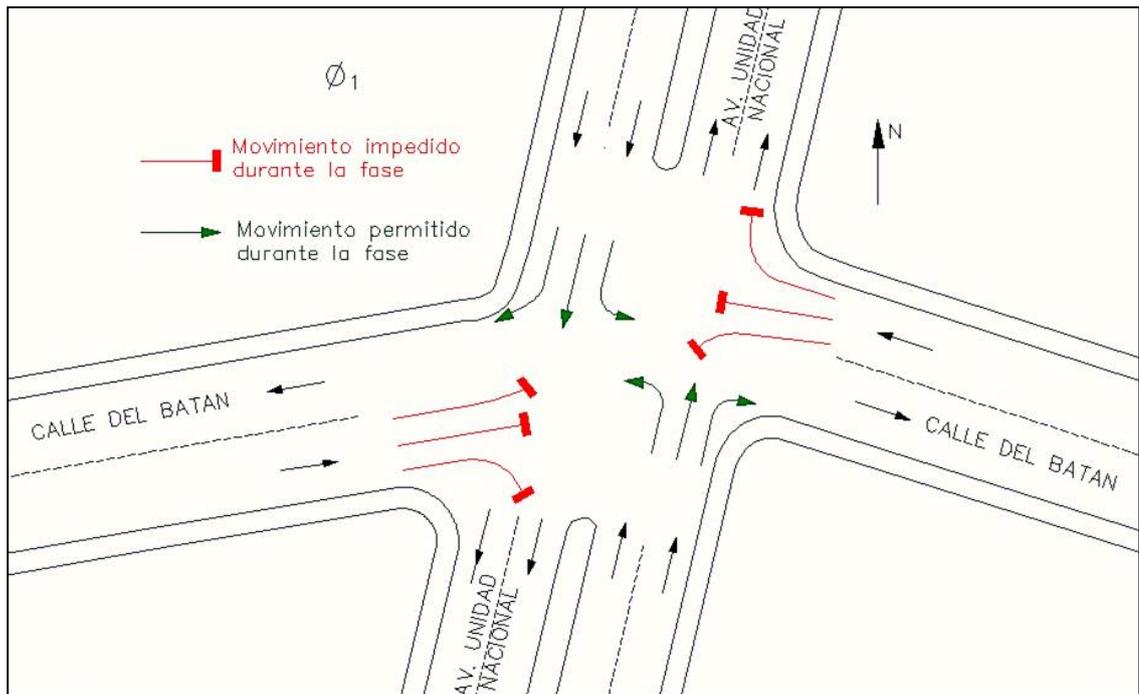


Figura 65: Fase semafórica 1 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.

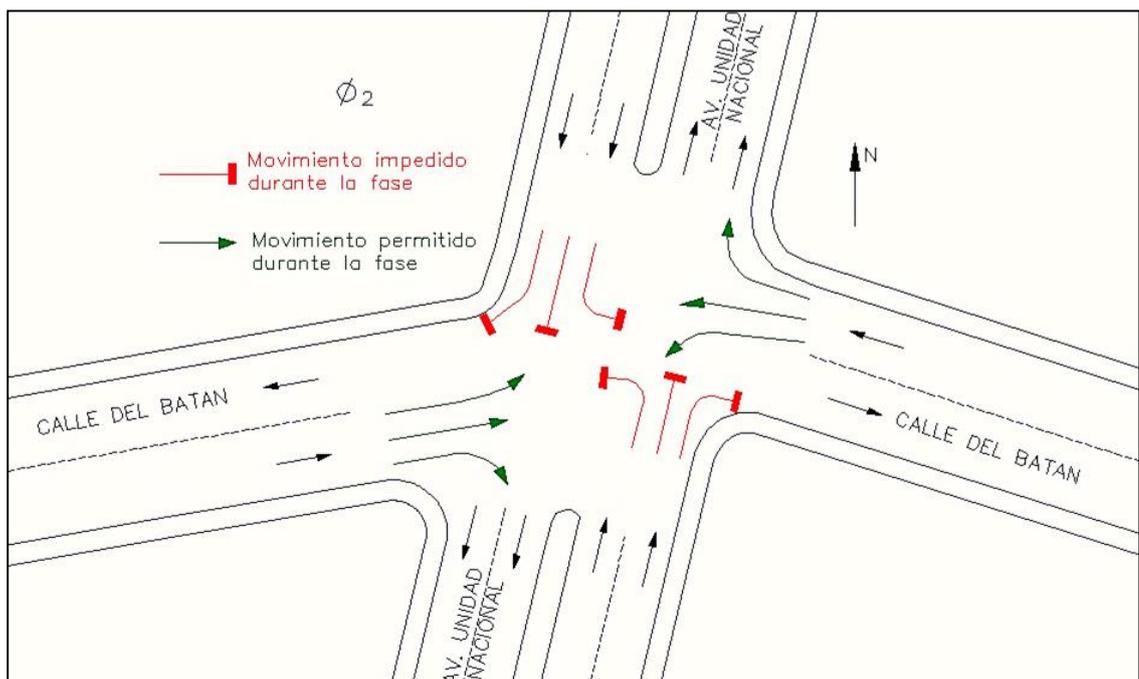


Figura 64: Fase semafórica 2 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán.

3.4.2.1.4 Módulo de ajuste de volúmenes

Una vez presentadas todas las condiciones prevalecientes de la intersección, se procede, según indica la metodología detallada previamente, a realizar el ajuste de los volúmenes de tráfico horarios.

En primer lugar se debería realizar el cálculo de los respectivos factores de hora pico o factor horario de máxima demanda (FHMD) para cada acceso, aplicando la ecuación (4); sin embargo, se omitió este paso, pues dichos factores ya fueron obtenidos en la consultoría de tránsito “Estudio de Volúmenes de Tránsito en Diferentes Intersecciones de la Ciudad de Cuenca”, y por lo tanto se trabajó directamente con estos datos que se presentan a continuación.

Tabla 19: FMHD AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Acceso	Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)
Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	0,97
Calle del Batan Sentido Este-Oeste	0,78
Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	0,93
Calle del Batan Sentido Oeste-Este	0,90

A continuación se realiza la agrupación de carriles con sus respectivos movimientos y volúmenes de tránsito. Se procedió a agrupar los carriles de la siguiente manera, considerando las características físicas mencionadas anteriormente y en función de las recomendaciones del HCM 2000.

Tabla 20: Agrupación de carriles Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Afluente	Grupos de carriles en el acero
Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)
	Frontal (TH) + Derecho (RT)
Calle del Batan Sentido Este-Oeste	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo (LT)
Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)
	Frontal (TH) + Derecho (RT)
Calle del Batan Sentido Oeste-Este	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo (LT)

Ahora, para la distribución del volumen frontal y del porcentaje de vehículos pesados en cada grupo de carriles, se analizó en función de los pesos de cada giro (derecho e izquierdo) en el volumen total del acceso, y se repartió el flujo frontal según las proporciones de dichos giros. Dichas proporciones fueron obtenidas de la siguiente manera.

Tabla 21: TPDA acceso 1 Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	Frontal	5,28%	950
	Derecho	0,60%	70
	Izquierdo	0,35%	44
TPDA TOTAL EN HORA PICO			1064

Según la tabla 21 se tiene que:

$$\frac{d}{i} = \frac{70}{44} = 1,61 \quad (42)$$

$$d = 1,61i \quad (43)$$

Donde,

d = TPDA del giro derecho en el acceso

i = TPDA del giro izquierdo en el acceso

Por otra parte, se conoce que el volumen a repartir para cada agrupación de carriles es el frontal, por lo que:

$$d + i = 950 \quad (44)$$

Reemplazando la Ec. (43) en la Ec. (44) se obtiene las proporciones del volumen frontal para cada agrupación de carriles.

De forma análoga, se realiza el procedimiento para la Av. Unidad Nacional en sentido Sur – Norte. Para la Calle del Batán no es necesario realizar dicho procedimiento, pues el carril agrupa todos los movimientos posibles en el acceso. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 22.

Tabla 22: Distribución del volumen frontal y del porcentaje de vehículos pesados Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Afluente	Grupos de carriles en el acceso	Distribución TPDA frontal		Distribución % Vehículos Pesados	
		Proporción	TPDA	Proporción	Porcentaje
Av. Unidad Nacional Sentido S - N	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)	39%	367	37%	1,95%
	Frontal (TH) + Derecho (RT)	61%	583	63%	3,33%

Tala 22: Distribución del volumen frontal y del porcentaje de vehículos pesados Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Continuación)

Afluente	Grupos de carriles en el acceso	Distribución TPDA frontal		Distribución % Vehículos Pesados	
		Proporción	TPDA	Proporción	Porcentaje
Calle del Batan Sentido E - O	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo (LT)	100%	154	100%	2,06%
Av. Unidad Nacional Sentido N -S	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)	36%	252	3%	0,16%
	Frontal (TH) + Derecho (RT)	64%	444	97%	6,29%
Calle del Batan Sentido O - E	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo(LT)	100%	117	100%	7,95%

A continuación se calcula el flujo ajustado para cada grupo de carriles, haciendo uso de la Ecuación (5), y se procede a verificar si los carriles que comparten los movimientos frontal e izquierdo, efectivamente operan como un carril compartido, o si en función de la cantidad de vehículos que realizan la maniobra de giro hacia la izquierda, el carril se comporta más bien como un carril exclusivo de giro hacia la izquierda, para esto se emplea las desigualdades de las ecuaciones (6) y (7).

Finalmente en este módulo, se obtienen las proporciones de giros a la derecha y a la izquierda de cada grupo de carriles, y afectando por dichos factores a los volúmenes, se obtienen los flujos ajustados para cada grupo de carriles. Los resultados obtenidos al realizar el procedimiento descrito se resumen en la tabla 23.

Tabla 23: Ajuste de Volúmenes Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Afluente	Movimientos permitidos en el afluente	Volumen de hora pico (veh/hora)	FHMD	Tasa de Flujo, Vp (veh/hora)
Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)	411	0,97	423
	Frontal (TH) + Derecho (RT)	653	0,97	674
Calle del Batan Sentido Este-Oeste	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo (LT)	304	0,78	390
Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	Frontal (TH) + Izquierdo (LT)	281	0,93	302
	Frontal (TH) + Derecho (RT)	495	0,93	532
Calle del Batan Sentido Oeste-Este	Frontal (TH) + Derecho (RT) + Izquierdo (LT)	299	0,9	332

Tabla 23: Ajuste de Volúmenes Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (continuación)

Afluente	Volumen vuelta izq. (veh/hora)	Número de carriles del acceso (N)	Razón desigualdad	Operación del carril
Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	44	2	367	Carril extremo izquierdo compartido
	-	-	-	-
Calle del Batan Sentido Este-Oeste	34	1	-	Carril extremo izquierdo compartido
Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	29	2	252	Carril extremo izquierdo compartido
	-	-	-	-
Calle del Batan Sentido Oeste-Este	53	1	-	Carril extremo izquierdo compartido

Tabla 23: Ajuste de Volúmenes Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (continuación)

Afluente	Grupo de carriles	Número de grupos de carriles	Tasa de flujo en el grupo de carriles (veh/hora)	Proporción de giros: PLT o PRT
Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	(LT + TH)	1	468	0,11
	(TH+RT)	1	746	0,11
Calle del Batan Sentido Este-Oeste	(RT+TH+LT)	1	539	0,38
Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	(LT + TH)	1	333	0,10
	(TH+RT)	1	587	0,10
Calle del Batan Sentido Oeste-Este	(RT+TH+LT)	1	475	0,43

3.4.2.1.5 Módulo de flujo de saturación

En este módulo se calcula el flujo de saturación para cada grupo de carriles, para lo cual primero se obtienen todos los factores de ajuste necesarios, empleando las ecuaciones descritas en la respectiva metodología de cálculo, y que se detallan en la tabla 11.

Tabla 24: Factores de ajuste Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Accesos		Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte		Calle del Batán Sentido Este-Oeste
		(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Grupo de carriles		(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Número de carriles del grupo		1	1	2
Flujo de saturación base: So		1900	1900	1900
Factores de ajuste por	Ancho del carril	3,5	3,5	2,54
	Ancho de carriles, fW	0,99	0,99	0,88
	Porcentaje de veh. Pesados	1,95	3,33	2,06
	Vehículos pesados, fHV	0,97	0,96	0,97
	% Pendiente	0,22	0,22	0,02
	Pendiente del acceso, fg	1	1	1
	Maniobras de estac./hora	0	2	3
	Estacionamiento, fp	1	0,89	0,94
	# buses que paran por hora	0	0	0
	Bloqueo de buses, fbb	1,00	1,00	1,00
	Área	CBD	CBD	CBD
	Tipo de área, fa	0,9	0,9	0,9
	Tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril	411	653	304
	Tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen más alto del grupo	367	583	154
	Utilización de carriles, fLU	1,12	1,12	0,99
	Proporción vueltas a la izquierda	0,11	No hay vueltas a la izq. en este grupo	0,11
	Vueltas a la izquierda, fLT	0,99	1,00	0,99
	Proporción vueltas a la derecha	No hay vueltas a la der. en este grupo	0,11	0,38
	Vueltas a la derecha, fRT	1,00	0,98	0,94
	Peatones y Bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda, fLpb	1,00	1,00	1,00
Peatones y Bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha, fRpb	1,00	1,00	1,00	
Flujo de saturación ajustado: Si		1832	1778	2557

Tabla 24: Factores de ajuste Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (continuación)

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur		Calle del Batán Sentido Oeste-Este
	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Grupo de carriles	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Número de carriles del grupo	1	1	2
Flujo de saturación base: So	1900	1900	1900

Realizado por: Aguirre y Maita

Tabla 24: Factores de ajuste Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (continuación)

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	Calle del Batán Sentido Oeste-Este	
	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Ancho del carril	3,5	3,5	2,68
Ancho de carriles, fW	0,99	0,99	0,90
Porcentaje de veh. Pesados	0,16	6,29	7,95
Vehículos pesados, fHV	1,00	0,92	0,90
% Pendiente	0,22	0,22	0,02
Pendiente del acceso, fg	1	1	1
Maniobras de estac./hora	0	2	4
Estacionamiento, fp	1	0,89	0,94
# buses que paran por hora	0	0	0
Bloqueo de buses, fbb	1,00	1,00	1,00
Área	CBD	CBD	CBD
Tipo de área, fa	0,9	0,9	0,9
Tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril	281	495	299
Tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen más alto del grupo	252	444	129
Utilización de carriles, fLU	1,11	1,11	1,16
Proporción vueltas a la izquierda	0,10	No hay vueltas a la izq. en este grupo	0,18
Vueltas a la izquierda, fLT	0,99	1,00	0,99
Proporción vueltas a la derecha	No hay vueltas a la der. en este grupo	0,10	0,43
Vueltas a la derecha, fRT	1,00	0,98	0,94
Peatones y Bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda, fLpb	1,00	1,00	1,00
Peatones y Bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha, fRpb	1,00	1,00	1,00
Flujo de saturación ajustado: Si	1869	1517	2790

El ancho del carril en la Calle del Batán que existe actualmente, en cada uno de sus dos sentidos de circulación, es mayor a 4.80m, por lo que acogiendo las observaciones proporcionadas en la tabla 11 descrita en la metodología de cálculo se analizó como si fueran dos carriles. Las maniobras de estacionamiento por hora que se muestran en la tabla 24, corresponden a los datos que ya se detallaron en el módulo de entradas, en

las condiciones de tránsito, pero tomando en cuenta que los parqueos momentáneos se producen únicamente en el carril derecho de la Av. Unidad Nacional, pues en éste se pueden orillar hacia la vereda.

Los factores de ajuste por Peatones y Bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda y a la derecha son igual a la unidad, por la justificación mencionada en la observación N° 4 detallada en las condiciones de tránsito del módulo de entradas.

3.4.2.1.6 Módulo de análisis de capacidad y relación volumen/capacidad

En este módulo se determina la capacidad y la relación Volumen/Capacidad para cada grupo de carriles. La primera mediante la ecuación (24), y la segunda utilizando la ecuación (25), detallada en la metodología de cálculo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 25.

Tabla 25: Análisis de capacidad y relación volumen/capacidad Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte		Calle del Batan Sentido Este-Oeste
Grupo de carriles	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Número de la fase	1	1	2
Tipo de fase (P: Prefijada, A: Accionada)	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo	468	746	539
Flujo de saturación ajustado	1832	1778	2557
Tiempo de verde efectivo	32	32	20
Ciclo del semáforo	60	60	60
Relación de verde (g/c)	0,53	0,53	0,33
Capacidad del grupo de carriles	977	948	852
Relación volumen a capacidad	0,48	0,79	0,63
Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur		Calle del Batan Sentido Oeste-Este
Grupo de carriles	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Número de la fase	1	1	2
Tipo de fase (P: Prefijada, A: Accionada)	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo	333	587	475
Flujo de saturación ajustado	1869	1517	2790
Tiempo de verde efectivo	32	32	20
Ciclo del semáforo	60	60	60
Relación de verde (g/c)	0,53	0,53	0,33
Capacidad del grupo de carriles	997	809	930
Relación volumen a capacidad	0,33	0,73	0,51

3.4.2.1.7 Módulo de nivel de servicio

Finalmente, en este módulo se obtiene la demora media por control de cada grupo de carriles, luego de cada acceso, y por último de toda la intersección, y en función de dichas demoras, determinar el nivel de servicio.

Se calcula la demora uniforme d_1 mediante la ecuación (30), luego la demora incremental d_2 con la ecuación (31), cabe recalcar que para esta demora se utilizó el factor de ajuste por entradas a la intersección, $I=1$, sabiendo de que se trata de una intersección aislada, tal como se explicó en las condiciones de semaforización en el módulo de entradas.

Posteriormente se realiza el cálculo de los parámetros necesarios para determinar la demora por cola inicial, d_3 , como sigue: la duración de la demanda insatisfecha, t , se obtiene por medio de la ecuación (37), donde si existe cola inicial, la misma que fue determinada mediante observaciones realizadas en campo durante la hora pico; después se calcula el parámetro de demora, u , mediante la ecuación (39), y por último se obtiene la demora por cola inicial, d_3 , haciendo uso de la ecuación (32).

Luego se establece el tipo de llegada de los vehículos a la intersección como tipo 3: llegadas aleatorias, pues se trata de una intersección semaforizada a tiempo fijo y aislada, por lo que los vehículos llegan de forma aleatoria, lo cual se pudo verificar en una observación realizada en campo. En función del tipo de llegada, se determinan los factores de ajuste suplementario, fPA , y la relación de grupos de vehículos, R_p , de la tabla 13 detallada en la metodología de cálculo.

A continuación se calcula la proporción de vehículos que llegan en verde, P , mediante la ecuación (30), después se obtiene el factor de ajuste por coordinación, FP , a través de la ecuación (27), con lo cual ya se puede determinar la demora media por control, primero para cada grupo de carriles, haciendo uso de la ecuación (26), luego para cada acceso, con la ecuación (40), y finalmente para toda la intersección, por medio de la ecuación (41).

Por último, en función de la demora media por control, se establece el nivel de servicio para cada grupo de carriles, para el acceso y para toda la intersección, refiriéndose a la tabla 12, detallada en la respectiva metodología de cálculo para intersecciones semaforizadas.

En la tabla 26 se resumen todos los resultados obtenidos luego de aplicar el procedimiento aquí descrito.

**Tabla 26: Análisis de Nivel de Servicio
Av. Unidad Nacional y Calle del Batán**

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Sur-Norte	Calle del Batán Sentido Este-Oeste	
	(LT + TH)	(TH+RT)	
Grupo de carriles		(RT+TH+LT)	
Tasa de flujo ajustado del grupo	468	746	539
Ciclo del semáforo	60	60	60
Relación de verde (g/c)	0,53	0,53	0,33
Capacidad del grupo de carriles	977	948	852
Relación volumen a capacidad $X=(V/c)$	0,48	0,79	0,63
Demora uniforme, d1	9	11	17
Factor de ajuste por entradas de la intersección, I	1,00	1,00	1,00
Demora incremental d2	1,69	6,67	3,52
Cola inicial al principio del periodo T, Qb	6	5	2
Caso o escenario que se tiene	Caso 4	Caso 4	Caso 3
Duración demanda insatisfecha , t	0,01	0,03	0,01
Parámetro de demora, u	0,00	0,00	0,00
Demora por cola inicial, d3	0,52	0,95	0,11
Tipo de llegada al acceso	Tipo 3: Llegadas aleatorias.	Tipo 3: Llegadas aleatorias.	Tipo 3: Llegadas aleatorias.
Factor de ajuste suplementario según tipo de llegada, fPA	1,00	1,00	1,00
Relación de grupo de vehículos, Rp	1,000	1,000	1,000
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,533	0,533	0,333
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,000	1,000	1,000
Demora media por control del grupo	10,99	18,92	20,51
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	B	C
Demora del acceso		15,86	20,51
Nivel de servicio del acceso		B	C
Volumen ajustado del acceso		1097	390

**Tabla 26: Análisis de Nivel de Servicio
Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (continuación)**

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido Norte-Sur	Calle del Batán Sentido Oeste-Este	
Grupo de carriles	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Tasa de flujo ajustado del grupo	333	587	475
Ciclo del semáforo	60	60	60
Relación de verde (g/c)	0,53	0,53	0,33
Capacidad del grupo de carriles	997	809	930
Relación volumen a capacidad $X=(V/c)$	0,33	0,73	0,51
Demora uniforme, d1	8	11	16
Factor de ajuste por entradas de la intersección, I	1,00	1,00	1,00
Demora incremental d2	0,89	5,74	2,00
Cola inicial al principio del periodo T, Qb	7	4	3
Caso o escenario que se tiene	Caso 4	Caso 4	Caso 3
Duración demanda insatisfecha , t	0,01	0,02	0,01
Parámetro de demora, u	0,00	0,00	0,00
Demora por cola inicial, d3	0,53	0,65	0,15
Tipo de llegada al acceso	Tipo 3: Llegadas aleatorias.	Tipo 3: Llegadas aleatorias.	Tipo 3: Llegadas aleatorias.
Factor de ajuste suplementario según tipo de llegada, fPA	1,00	1,00	1,00
Relación de grupo de vehículos, Rp	1,000	1,000	1,000
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,533	0,533	0,333
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,000	1,000	1,000
Demora media por control del grupo	10,27	17,09	18,21
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	B	B
Demora del acceso	14,62		18,21
Nivel de servicio del acceso	B		B
Volumen ajustado del acceso	834		332
Demora en toda la intersección		16,45	
Nivel de servicio global de la intersección		B	

3.4.3 Comparación de los datos obtenidos manualmente con los resultados obtenidos mediante el software “Sidra Intersection 5.1”

A continuación se realiza una comparación de los resultados que se obtuvieron realizando el cálculo con un procedimiento manual (a través de una hoja electrónica) y utilizando el software “Sidra Intersection 5.1”.

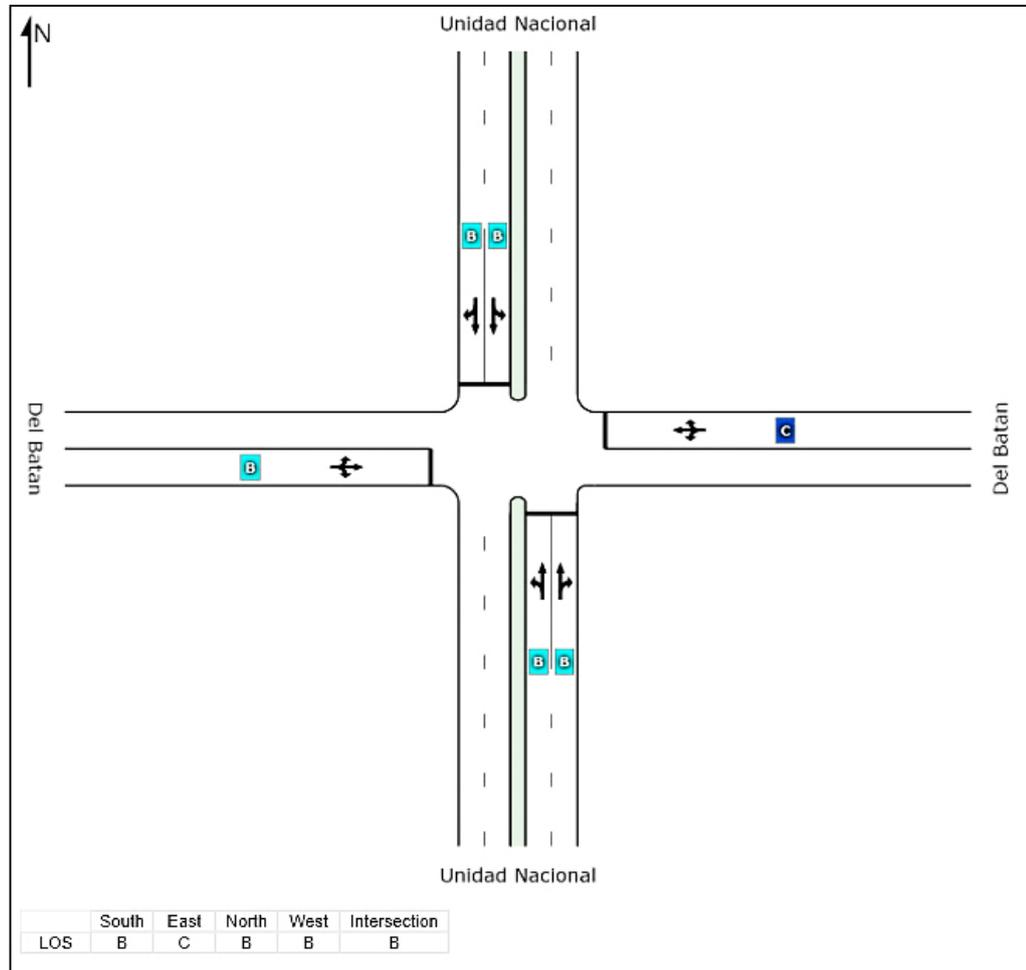


Figura 66: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 19 de octubre de 2013)

Tabla 27: Nivel de servicio método manual Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Accesos	Av. Unidad Nacional Sentido S - N		Calle del Batán Sentido E - O	Av. Unidad Nacional Sentido N - S		Calle del Batán Sentido O - E
	(LT + TH)	TH+RT)		(LT + TH)	(TH+RT)	
Grupo de carriles	(LT + TH)	TH+RT)	(RT+TH+LT)	(LT + TH)	(TH+RT)	(RT+TH+LT)
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	B	C	B	B	B
Nivel de servicio del acceso		B	C	B		B
Nivel de servicio global de la intersección	B					

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos de ambas formas son exactamente iguales, con lo cual se da por validado el uso del software “Sidra Intersection 5.1” para la evaluación de este tipo de intersecciones (semaforizadas).

3.4.4 Intersecciones no semaforizadas

Al igual que para las intersecciones semaforizadas, se realizó el procedimiento de cálculo para las intersecciones no semaforizadas, con el fin de validar los datos obtenidos en el software.

La hoja electrónica fue elaborada siguiendo paso a paso la metodología descrita previamente para este tipo de intersecciones, y a continuación se muestran los resultados obtenidos.

3.4.4.1 Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

3.4.4.1.1 Flujos en hora pico

Tabla 28: Flujos en hora pico de intersección

CALLE PRINCIPAL		CALLE SECUNDARIA	
Unidad Nacional Sur-Norte	Unidad Nacional Norte-Sur	Amazonas Este-Oeste	Amazonas Oeste-Este
v1= 2	v4= 75	v7= 11	v10= 57
v2= 587	v5= 781	v8= 11	v11= 64
v3= 29	v6= 39	v9= 32	v12= 135
v13= 0	v14= 0	v15= 0	v16= 0

3.4.4.1.2 Determinación de volúmenes de conflicto

Tabla 29: Determinación de volúmenes de conflicto en calle principal y secundaria

CALLE PRINCIPAL		CALLE SECUNDARIA	
Unidad Nacional Sur-Norte	Unidad Nacional Norte-Sur	Amazonas Este-Oeste	Amazonas Oeste-Este
vc1= 820	vc4= 616	vc9= 602	vc12= 80
		vc8 - I etapa= 606	vc11 - I etapa= 95
		vc8 - II etapa= 970	vc11 - II etapa= 62
		vc7 - I etapa= 606	vc10 - I etapa= 95
		vc7 - II etapa= 105	vc10 - II etapa= 62
		0	7

3.4.4.1.3 Determinación del intervalo crítico y tiempo continuo para cada movimiento

Tabla 30: Pendientes y Proporción Vehículos Pesados intersección

Pendientes (G)		
Unidad Nac:	0,03	%
Amazonas:	0,025	%
Proporción Vehículos pesados (PHV)		
Unidad Nacional Sur-Norte:		4%
Unidad Nacional Norte-Sur:		5%
Amazonas Este-Oeste:		5%
Amazonas Oeste-Este:		10%
Promedio		6%

Tabla 31: Cálculo de intervalo crítico, tc y tiempo continuo, tf de movimientos

Calle	Movi- miento de conflicto	t _{CB}	t _{CHV}	PHV	t _{CG}	G	t _{CT}	t _{3LT}	tc (s)
Principal	1	4,1	2,0	0,06	1,0	0,0003	0,0	0,0	4,2
	4	4,1	2,0	0,06	1,0	0,0003	0,0	0,0	4,2
	7	7,5	2,0	0,06	0,2	0,00025	1,0	0,0	6,6
	8	6,5	2,0	0,06	0,2	0,00025	1,0	0,0	5,6
Secundaria	9	6,9	2,0	0,06	0,1	0,00025	0,0	0,0	7,0
	10	7,5	2,0	0,06	0,2	0,00025	1,0	0,0	6,6
	11	6,5	2,0	0,06	0,2	0,00025	1,0	0,0	5,6
	12	6,9	2,0	0,06	0,1	0,00025	0,0	0,0	7,0

Tabla 31: Cálculo de intervalo crítico, tc y tiempo continuo, tf de movimientos (Continuación)

Calle	t _{tb}	t _{tHV}	tf (s)
Principal	2,2	1,0	2,3
	2,2	1,0	2,3
	3,5	1,0	3,6
	4	1,0	4,1
Secundaria	3,3	1,0	3,4
	3,5	1,0	3,6
	4	1,0	4,1
	3,3	1,0	3,4

3.4.4.1.4 Cálculo de las capacidades potenciales

Tabla 32: Cálculo de capacidad potencial de movimientos

Calle	Movimiento de conflicto	Vc (veh)	Tc (s)	Tf (s)	Cp
Principal	1	820	4,2	2,26	779
	4	616	4,2	2,26	933
	7	1656	6,6	3,56	98
	8	1576	5,6	4,06	162
Secundaria	9	602	7,0	3,36	433
	10	1578	6,6	3,56	110
	11	1571	5,6	4,06	163
	12	801	7,0	3,36	319

3.4.4.1.5 Determinación de efectos restringidos y capacidad de movimientos

Tabla 33: Capacidad de movimiento para Jerarquía 2: cmj

Movimientos de jerarquía 2	cmj
1	779
4	933
9	433
12	319

Tabla 34: Capacidad de movimiento para Jerarquía 3: cmk

Movimientos de jerarquía 2	cmj	vj	Pvj
1	779	2	0,997
4	933	75	0,920
Sumatoria Pvj=			1,917

Movimientos de jerarquía 3	cpk	Σ Pvj	Pp,x (Tabla 17.9 HCM2000)	Cmk
8	162	1,917	1,000	311
11	163	1,917	1,000	313

Tabla 35: Capacidad de movimiento para Jerarquía 4: cml

Movimientos de jerarquía 2	cmj	vj	Pvj		
9	433	32	0,926		
12	319	135	0,577		
Sumatoria Pvj=			1,503		
Jerarquía	Movimientos i	cmi	vi	Pvi	
2	1	779	2	0,997	
	4	933	75	0,920	
3	8	162	11	0,932	
	11	163	64	0,607	
$p'' = P_{v1} * P_{v4} * P_{v8} * P_{v11} =$				0,519	
				$p' =$	0,622
Movimientos de jerarquía 4	cpl	ΣP_{vj}	p'	Pp,x (Tabla 17.9 HCM2000)	cml
7	98	1,503	0,622	1,000	92
10	110	1,503	0,622	1,000	103

Tabla 36: Resumen de capacidad de movimiento para cada flujo

Jerarquía	Movimiento	Capacidad de Movimiento, cm
2	1	779
	4	933
	9	433
	12	319
3	8	311
	11	313
4	7	92
	10	103

3.4.4.1.6 Determinación de capacidad de carriles compartidos

Tabla 37: Tasa de flujo de cada movimiento en calle secundaria

Acceso	Carril	Movimientos que comparten el carril	Flujo	FHP	Tasa de flujo, vy
Amazonas Este-Oeste	1	v7	11	0,67	16
		v8	11	0,67	16
		v9	32	0,67	48
Amazonas Oeste-Este	1	v10	57	0,81	70
		v11	64	0,81	79
		v12	135	0,81	167

Tabla 38: Capacidad del carril compartido para cada acceso de calle secundaria

Acceso	Capacidad de movimiento, cm	vy/cm	Σv_y del carril compartido	$\Sigma(v_y/cm)$ del carril compartido	Capacidad del carril compartido
Amazonas Este-Oeste	92	0,18	81	0,34	235
	311	0,05			
	433	0,11			
Amazonas Oeste-Este	103	0,68	316	1,46	217
	313	0,25			
	319	0,52			

3.4.4.1.7 Demoras y niveles de servicio

Tabla 39: Tasa de flujo de cada movimiento en calle principal

Acceso	Carril	Movimientos que comparten el carril	Flujo	FHP	Tasa de flujo, vy
Unidad Nacional Sur-Norte	1	v1	2	0,87	2
		0.48v2	281	0,87	323
	2	v3	587	0,87	675
		0.52v2	306	0,87	352
Unidad Nacional Norte-Sur	1	v4	75	0,92	82
		0.68v5	527	0,92	573
	2	v6	39	0,92	42
		0.32v5	253	0,92	275

Tabla 40: Determinación del Nivel de servicio en calles principales y secundarias

Acceso	Movimiento de conflicto	Tasa de flujo, vx	Capacidad de Movimiento, cm	Demora en el movimiento Conflictivo (s)	Nivel de servicio del movimiento
Unidad Nacional Sur-Norte	1	2	779	9,63	A
Unidad Nacional Norte-Sur	4	82	933	9,23	A
Amazonas Este-Oeste	7	16	933	8,93	A
	8	16	933	8,93	A
	9	48	433	14,34	B
Amazonas Oeste-Este	10	70	433	14,91	B
	11	79	433	15,15	C
	12	167	319	27,95	D

Tabla 41: Determinación del nivel de servicio del carril compartido en calle secundaria

Acceso	Carril	Movimientos que comparten el carril	Tasa de flujo del carril compartido, vx	Capacidad del carril compartido, cm	Demora en el carril compartido (s)	Nivel de servicio del carril compartido
Amazonas Este-Oeste	1	v7	81	235	28,04	D
		v8				
		v9				
Amazonas Oeste-Este	1	v10	316	217	272,11	F
		v11				
		v12				

3.5 DESCRIPCIÓN Y USO DE SOFTWARE “SIDRA INTERSECTION 5.1”

3.5.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

³Su evaluación se basa en el método micro analítico que emplea modelos de ciclo de accionamiento del vehículo carril por carril, ideal para la valoración en vías urbanas, de flexibilidad al momento de ingresar los datos requeridos y selección de distintos escenarios dentro de la misma intersección vial. Además permite el modelado con diferentes clases de movimientos independientes, con diferentes clases de vehículos automotores y hasta distintas clases de usuarios.

Para todos los tipos de intersección, SIDRA INTERSECTION utiliza más modelos y métodos avanzados, incluyendo carril por carril de análisis (en lugar de análisis por grupos de carril), el modelado de carriles cortos, modelado detallado de los retrasos geométricos, y el uso de ciclos de conducción (de cruce, aceleración, deceleración y marcha en vacío) para el modelado detallado de demora y de los componentes de tiempo de viaje, así como los costos de operación, consumo de combustible y la estimación de las emisiones. La versión HCM DE SIDRA intersección se basa en la calibración de la mayoría de los parámetros del modelo utilizando los valores por defecto de HCM 2000 según corresponda.

SIDRA INTERSECTION incluye varias opciones de configuración para permitir al usuario elegir entre el HCM y SIDRA opciones de modelo estándar, por ejemplo, el HCM Delay y opciones de modelos de colas. Se utilizan algunos modelos o métodos de HCM en todas las versiones de SIDRA INTERSECCIÓN, incluyendo el HCM Nivel de método de servicio y criterio, la demora y factores de progresión de cola para efectos de coordinación de la señal, y el método de análisis All-Way Stop Control (CSMA). Para

³ Las definiciones que se presentan están tomadas del Sidra Intersection User Guide, Noviembre 2012.

cálculo en intersecciones rotatorias, asume predeterminado valores de HCM 2000 con opción a escoger también cálculos basados en HCM 2010.

3.5.3 ALCANCE DEL SOFTWARE

- Analizar un gran número de tipos de intersección incluyendo intersecciones señalizadas (a tiempo fijo / predeterminado y accionado), los pasos de peatones señalizados, intercambios de un solo punto (señalizadas), rotondas, rotonda de medición, de dos vías de control de la señal de stop, todas vías de control de la señal de stop, y dar vías / rendimiento de control de señal.
- Obtener estimaciones de las características de capacidad y rendimiento, tales como retraso, longitud de la cola, la tasa de parada, así como los costos de operación, consumo de combustible y las emisiones de contaminantes de todo tipo de intersección.
- Analizar muchas alternativas de diseño para optimizar la geometría de la intersección, eliminación gradual de la señal y los tiempos que especifican diferentes estrategias para la optimización.
- Manejar las intersecciones con hasta 8 entradas, cada una con una vía o dos vías de tráfico, de un solo carril o de varios carriles, enfoques y caminos cortos, carriles de deslizamiento, carriles continuos y convertir las prohibiciones pertinentes.
- Determinar tiempos de señal (a tiempo fijo / predeterminado y accionado) para cualquier geometría de intersección que permite simple, así como los acuerdos de puesta en fase complejas.

Estos son destacados para nuestro trabajo, pero el software ofrece muchos más servicios.

3.5.4 GUIA DE USO DEL SOFTWARE:

A continuación describiremos el uso del software para nuestro caso y como se ingresaron los datos para evaluar las distintas intersecciones.

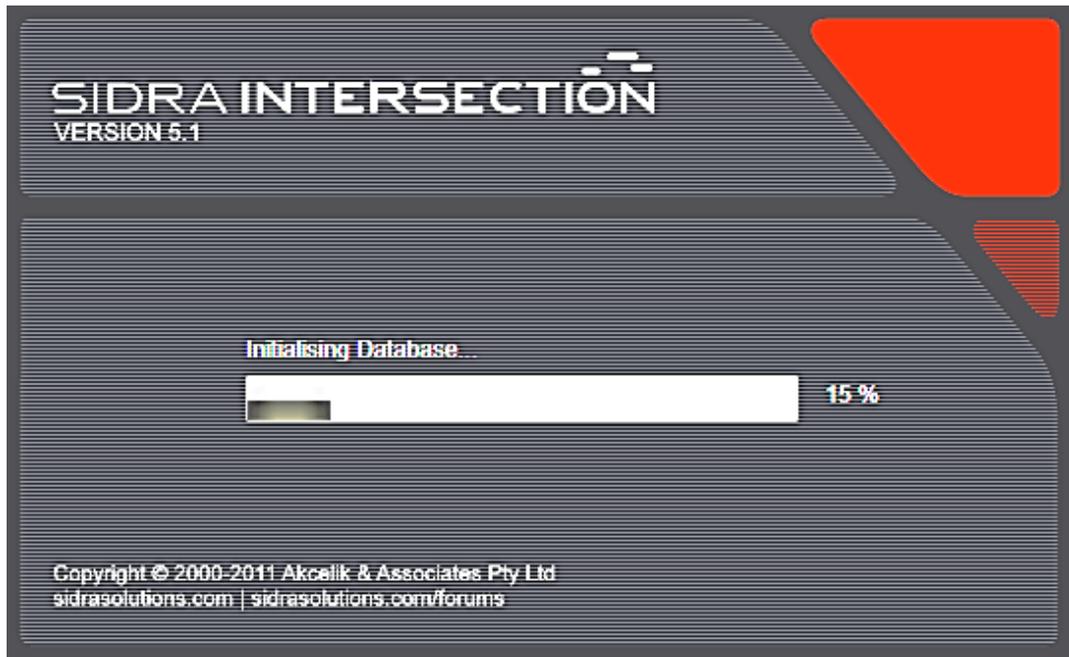


Figura 67: Imagen de entrada del software (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

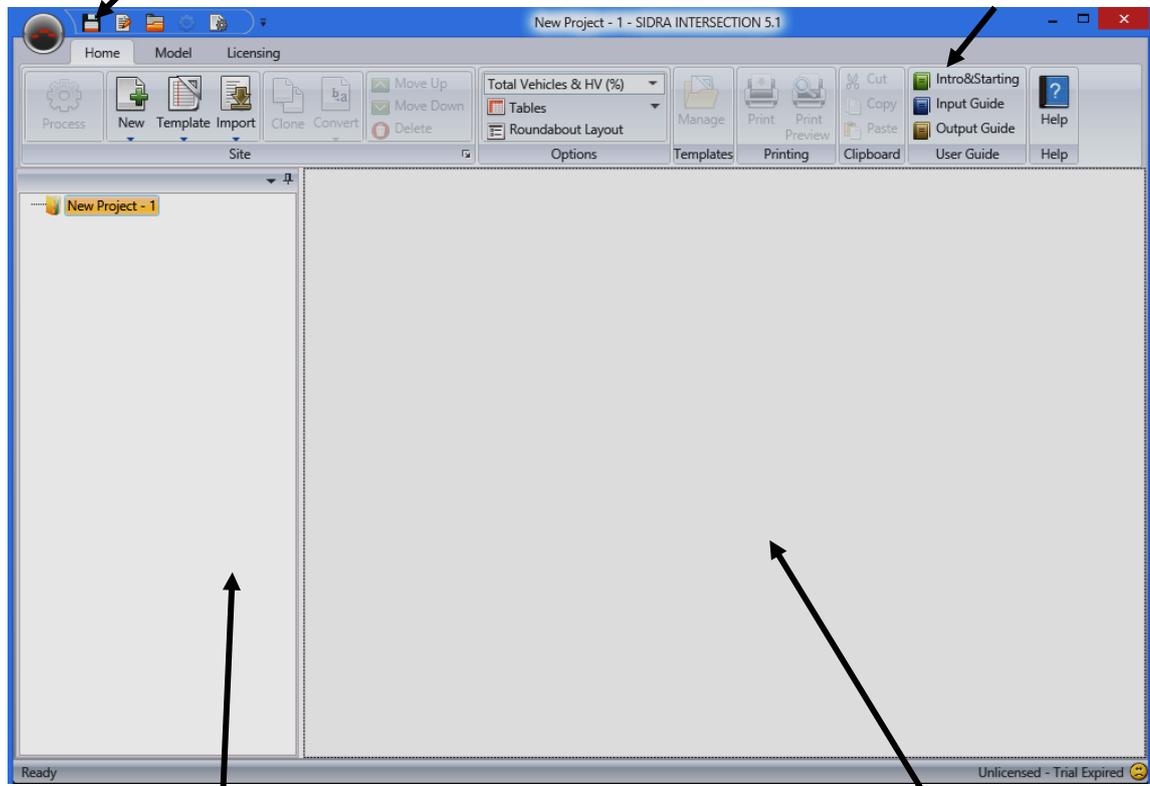
(Tomada el 20 de octubre de 2013)

Para iniciar con el software, tenemos que familiarizarnos con la ventana principal que es lo primera en aparecer al ejecutar el programa, en la cual tiene partes ya muy familiares para los usuarios de Windows y sus paquetes Office, debido a que este programa fue creado para manejarlo en ese ambiente, entonces hay iconos muy intuitivos y de fácil identificación, luego según las opciones o modificaciones que realice la persona que ocupe el programa siempre obtendrá nuevas ventanas emergentes o secundarias que son muy específicas y además contienen toda la información de lo que el software solicita y para que o en donde lo va a emplear.

En realidad es muy fácil identificarse con el programa y sus ventanas de comunicación, en resumen, muy amigable con el usuario, sin embargo a continuación identificamos las principales zonas de trabajo de la venta principal de trabajo.

Botón de inicio y barra de herramientas de acceso rápido

Catálogos de guía de programa y ayuda



Ventana de tareas o elementos creados

Ventana de diagramas o reportes

Figura 68: Ventana principal de software (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)

Entonces el primer paso debe ser crear una intersección para que el programa evalúe, para ello nos dirigimos a la barra de herramientas predeterminado por el software que se ubica en la parte superior de la ventana principal de trabajo, y en el icono “New” hacemos clic y es donde observaremos un submenú en el cual nos ofrece varios casos de intersección vial, y escogemos la correspondiente a nuestro caso.

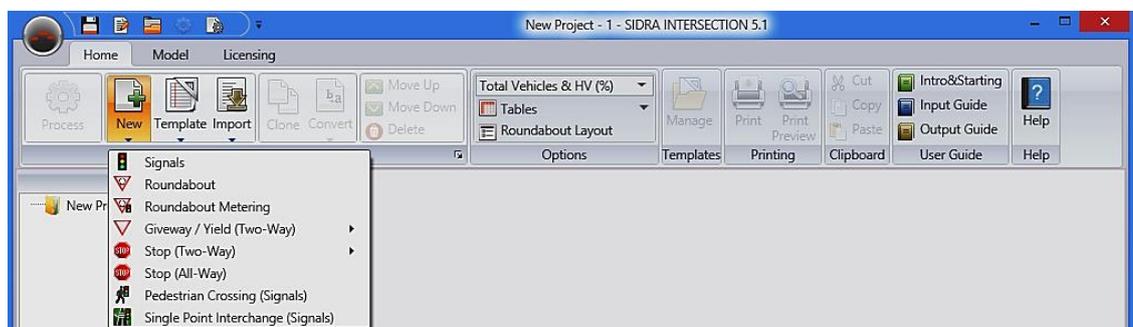


Figura 69: Vista de submenú (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)

Del submenú que aparece definimos los siguientes casos de intersecciones:



Figura 70: Cuadro de dialogo tipo de intersecciones (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 20 de octubre de 2013)

Tabla 42: TABLA DE SIGNIFICADOS DE COMANDOS

SOFTWARE	SIGNIFICADO
Signals	Semaforizada
Roundabout	Rotatoria (redondel)
Roundabout Metering	Rotatoria semaforizada
Giveway / Yield (two-way)	Ceda el paso con preferencia de vía principal
Stop (Two-Way)	Pare con preferencia de vía principal
Stop (All-way)	Pare sin preferencia de vía principal
Pedestrian Crossing (signals)	Paso peatonal semaforizada
Single Point Interchange (signals)	Intercambiador de transito de vías con mayor capacidad

Para nuestro desarrollo de introducción de datos, procederemos a describir como realizamos el proceso con la intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y calle Del Batán, la cual es la primera con la que iniciamos en sentido Norte hacia el Sur, entonces el procedimiento continúa con la selección del icono “Signals” y automáticamente aparecerá un submenú en la ventana de tareas que se encuentra en la parte izquierda de nuestra ventana principal con la siguiente descripción “New Site – 1” al cual también podemos cambiar o personalizar de acuerdo al gusto del usuario. Extendido ese capítulo o intersección generada aparecerán tres nuevos iconos, los cuales son “Layout” el cual nos enseña un primer diagrama con datos predeterminados por Sidra y el cual es completamente editable por el usuario a su gusto y conveniencia, luego en la

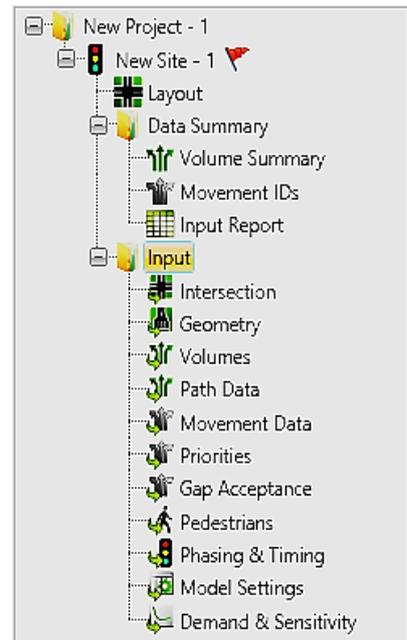


Figura 71: Vista de ventana de tareas

(Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 20 de octubre de 2013)

carpeta contenedora “Data Summary” emergerán tres iconos más en los cuales aparecerán los datos sugeridos por el programa en volúmenes de tránsito, identificación de movimientos en la intersección y un primer reporte de ingreso de datos, pero como volvemos a recalcar, son datos predeterminados por el software y sin ninguna validez para aplicar a la evaluación de nuestra intersección, por lo que tenemos que pasar a la carpeta “Input” en la cual se despliega un listado de 11 iconos, cada con un propósito específico para cada parámetro que necesitemos personalizar en cada caso de intersección vial y que a continuación describimos.

3.5.5 INGRESO DE DATOS:

3.5.5.1 Intersection:

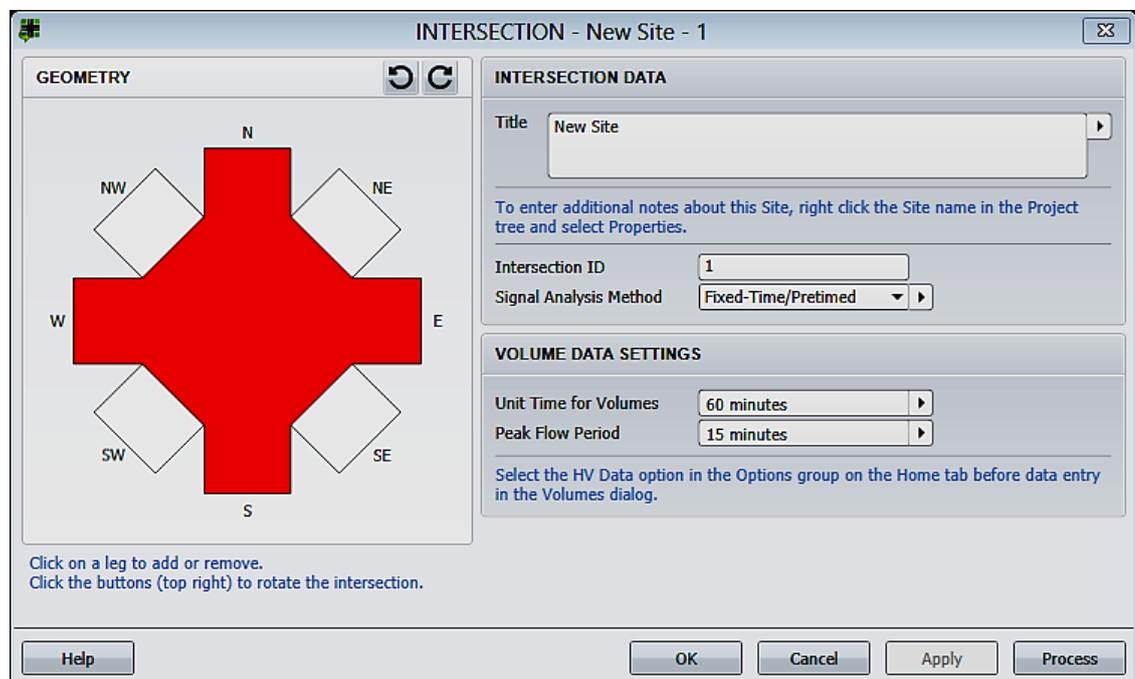


Figura 72: Ventana Intersection (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 20 de octubre de 2013)

En esta ventana el programa nos permite direccionar con respecto al norte el acceso de las entradas a nuestra intersección con un número mínimo de dos brazos y con el límite de ocho como demuestra el gráfico, lo que está resaltado con color rojo significa que se encuentra activo y en blanco significa lo contrario; aplicar un título a la intersección para una mejor identificación; las condiciones de fases de los semáforos, es decir, si son de tiempo fijo, semi actuado o actuado completamente; y por último, en que tiempo se evaluarán los datos de volúmenes vehiculares con un rango de uso de 5 min. hasta los 1080 min. es decir 18 horas como máximo, con sus respectivos periodos de flujo pico con igual rango de tiempo, en nuestro caso lo evaluaremos dentro de una hora (60 min.) dentro de la denominada “hora pico” y con periodos de flujo pico de 15 min. (Cada

cuarto de hora), que con esta apreciación obtendremos resultados de bastante confianza y que resulta también ser el estándar para la aplicación del manual HCM – 2000.

3.5.5.2 Geometry:

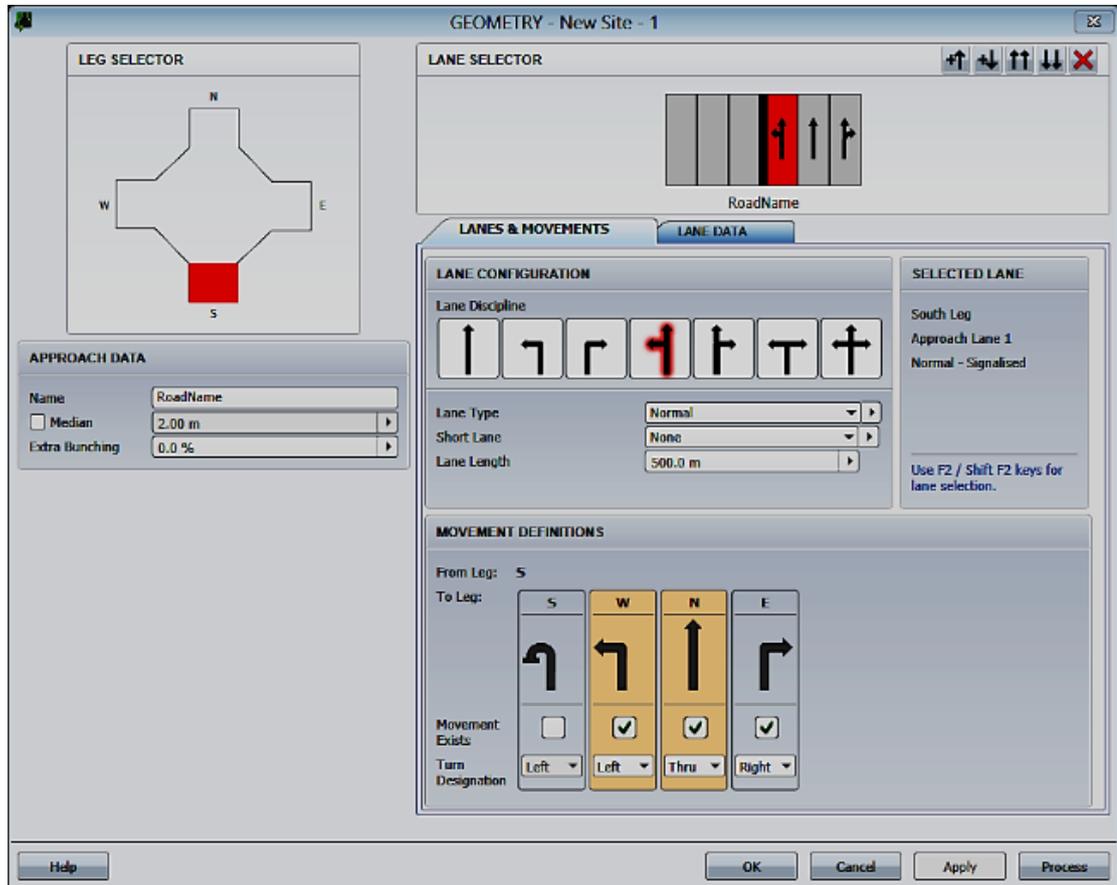


Figura 73: Ventana Geometry (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)

Una vez definida la disposición de la intersección es momento de delimitar su geometría, para ello ingresamos dentro de la pestaña “Lanes & Movements” cuantos carriles tendrá nuestra intersección en cada ingreso y salida con los iconos de adición o eliminación ubicados en la parte superior de la ventana identificados como “Lane Selector”, si contiene un parterre central ubicado en la parte izquierda de la ventana identificada como “Approach Data” y los movimientos permitidos en cada carril por individual, además de saber cuánta longitud tenemos para formar la cola de vehículos según los tiempos de espera y por último el ancho de cada carril, así como el flujo básico de saturación que para el manual de HCM – 2000 es de 1900 veh/h (predeterminado) y si existen paradas de bus o maniobras de parqueo momentáneo, estos datos últimos nombrados, lo ingresamos activando la pestaña “Lane Data”.

Como ya es de esperarse todos los datos que se ingresen corresponderán a los diagramas que estén resaltados con color rojo, esto impide que exista alguna confusión entre el usuario y el programa, para seguir con la introducción de datos de los carriles y brazos que lleguen a la intersección basta con un simple clic sobre dicha ubicación para que se active y seguir con el procedimiento.

3.5.5.3 Volúmenes:

Figura 74: Ventana Volumes (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)

En esta ventana se ingresan los datos de volúmenes de tráfico según cada giro en el cual ya se ingresó en la página anterior y durante el tiempo también establecido en la primera ventana, que en nuestro caso es de 60 minutos. El método de ingreso predeterminado es de ingreso total de vehículos y un porcentaje de vehículos pesados (%HV) o también se puede optar por ingresar vehículos livianos y pesados por separado o por la otra opción que permite ingresar el volumen total de vehículos y un número de vehículos pesados, eso depende del gusto del usuario pero que a la final siguen siendo los mismo resultados.

En el siguiente cuadro de diálogo uno puede ingresar los factores que influyen sobre los volúmenes de tráfico tales como el porcentaje del factor de hora pico que se puede personalizar para cada brazo de entrada a la intersección; el factor de ocupación que se

tiene por vehículo, que para el caso del cantón Cuenca es de 1.3 personas/veh; en que escala se asigna cada flujo por ingreso a dicha intersección, en nuestro calculo aplicaremos el 100% del flujo y por último el porcentaje de crecimiento de vehículos para la zona, nuevamente para el cantón de Cuenca está entre el 10% al 12%, por lo tanto nosotros evaluaremos con un 11% para mejores resultados. Todos estos valores se ingresa individualmente según el brazo de entrada y giro correspondiente por lo que tendremos que ingresarlos observando a cuál de estos corresponde fijándonos simplemente cuál de ellos se encuentra activo (resaltado con color rojo) en el diagrama ubicado en la parte izquierda de la ventana de dialogo.

3.5.5.4 Path Data:

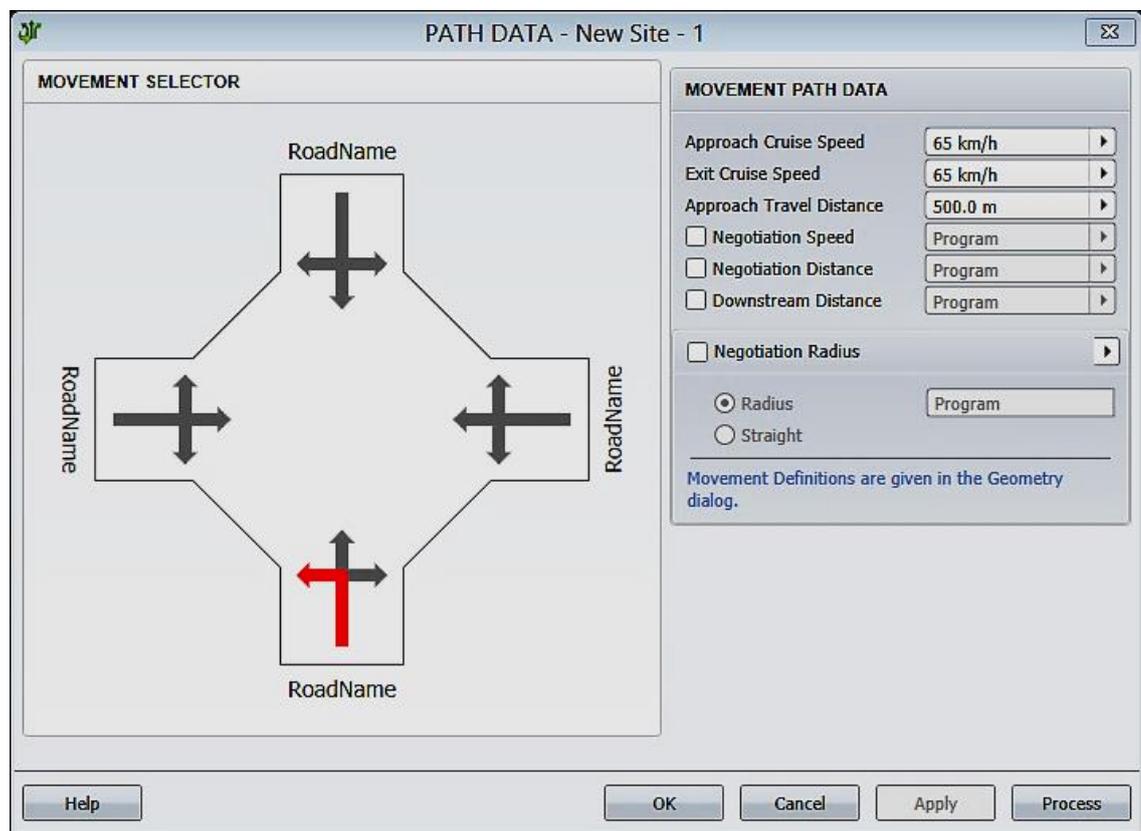


Figura 75: Ventana Path Data (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)

De configuración muy similar a la anterior, en esta ventana de dialogo se ingresan las velocidad de acercamiento a la intersección y velocidad de salida de la misma, además de la distancia que tenemos para el viaje de aproximación; otras opciones también podemos interactuar pero que es preferible dejarlo como predetermina el programa, por la razón que no son de mucha incidencia dentro del cálculo de resultados.

Obviamente estos datos se ingresan individualmente según cada giro de cada brazo de ingreso a la intersección y debe estar activada cada posibilidad en el diagrama ubicado en la parte izquierda de la ventana con color rojo.

Por ejemplo, en nuestro caso las velocidades que calculamos en el sitio fueron de paso libre, es decir sin parada, por lo tanto la velocidad de ingreso como de salida a la intersección serán iguales y están en el promedio de 30 km/h hasta los 40 km/h, los cuales se ingresaron individualmente en cada giro de cada acceso a dicha intersección.

Por otro lado en la distancia de acercamiento para nuestra ciudad, por el hecho de tener un común de distancia de cuadras de 100 metros de longitud, pues observamos que las velocidades empiezan a variar a partir de los 50 metros antes de llegar a una intersección y posteriormente la aceleración es muy variable hasta los 50 metros después de cruzar dicha intersección. Entonces bajo estos valores se ingresaron los datos dentro de esta ventana de dialogo para nuestro caso de estudio.

Las siguientes tres ventanas de diálogo que ofrece el software son irrelevantes para nuestra evaluación de intersección, pues son valores predeterminados obedeciendo al manual HCM – 2000 tales como, dimensiones de vehículos estándar y espacio entre vehículos; prioridades de giros con respecto a los movimientos opuesto en la misma vía y brechas de tiempos en los que puede reaccionar un conductor; pero como ya lo observamos son estándares que el mismo manual nos sugiere y no provoca un serio cambio en el cálculo sobre todo de los niveles de servicio de dicha intersección, por lo que sugerimos permanecer con los datos predeterminados.

La siguiente ventana de diálogo se refiere al volumen de peatones, pero que en nuestro caso no es posible debido al mal uso de los pasos cebra que existe en la ciudad, porque a pesar de existir estas zonas para cruzar las vías, los peatones eligen cruzar por cualquier parte de la vía antes o después de la intersección y también por el irrespeto por parte de los conductores que obstaculizan estas zonas con sus vehículos, por lo que es imposible realizar un cálculo estable de la cantidad de personas que cruzan por las vías. Además tampoco interfieren mucho en el cálculo necesario de nuestro trabajo, por lo tanto también despreciamos estos valores y mejor desactivamos los movimientos existentes.

3.5.5.5 Phasing & Timing:

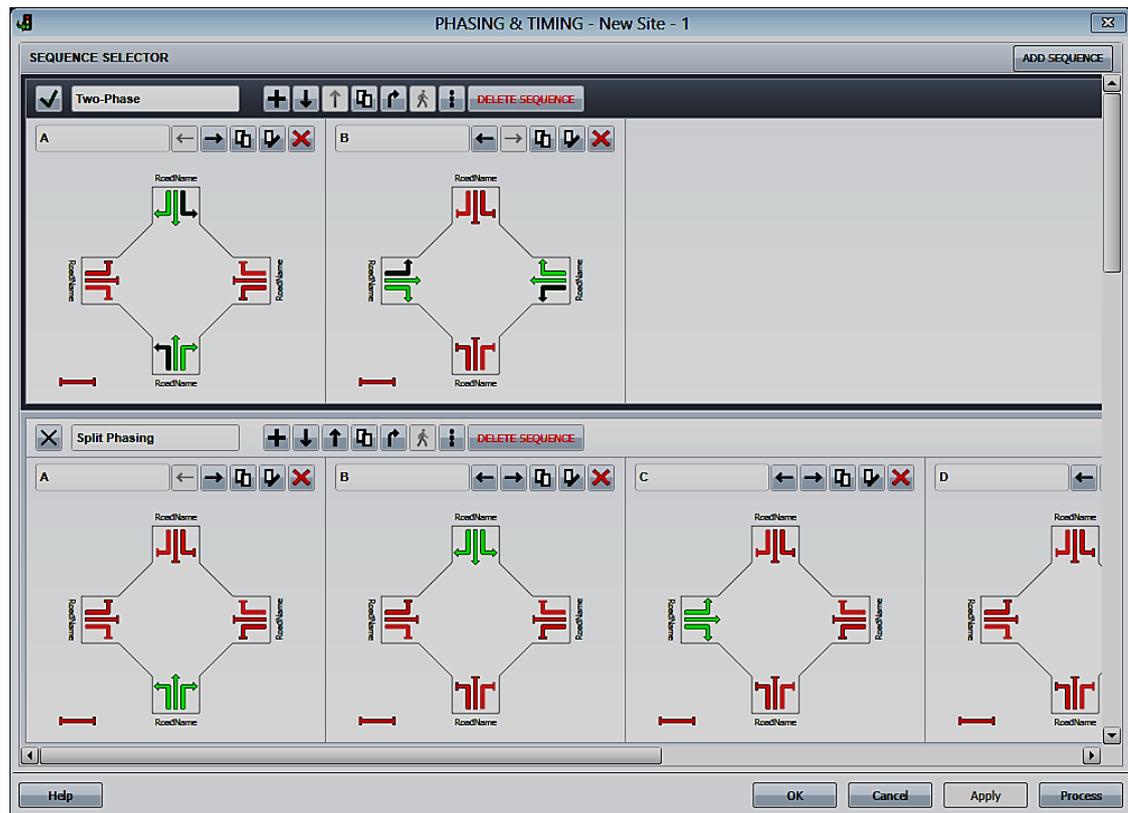


Figura 76: Ventana Phasing & Timing (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)

Para esta ventana de diálogo, entablamos el sistema de fases semafóricas con sus respectivos tiempos, los cuales puede optarse por un cálculo con tiempos prácticos, óptimos o en nuestro caso sugeridos por el usuario, tomando en cuenta que para nuestro trabajo los tiempos ya están preestablecidos, caso contrario se puede solicitar al mismo programa que sugiera refrendado con cálculos adicionales que establezca tiempos para un mejor rendimiento de la intersección.

Por esa razón también en la parte inferior de la ventana el programa sugiere otro sistema de fases para el sistema de semaforización, al cual también podemos modificar y solucionar una intersección a nuestro criterio; lo cual demuestra la flexibilidad que posee el programa para realizar proyectar y evaluar al antojo del usuario como sería la mejor configuración de una intersección.

Como anotamos anteriormente nosotros estamos estableciendo los datos para intersección de la Av. Unidad Nacional y calle Del Batán, en donde se encuentra ya un sistema semafórico aislado y que tiene las siguientes fases:

Tabla 43: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Fase	Av. Unidad Nacional	Calle Del Batán
Verde	32 s	20 s
Amarillo	3 s	3 s
Todo en rojo	1 s	1 s
Tiempo total por fase	36 s	24 s

3.5.5.6 Model settings:

Ya acercándonos al final de nuestro ingreso de datos para una intersección semafórica, el software nos brinda varias opciones de cálculo, en el cual también a los datos predeterminados los aceptamos como válidos, pues como observamos todas las opciones corresponden a los solicitado por el manual HCM – 2000 del cual nos basamos para realizar los cálculos, y sencillamente cerramos esta ventana sin efectuar cambio alguno.

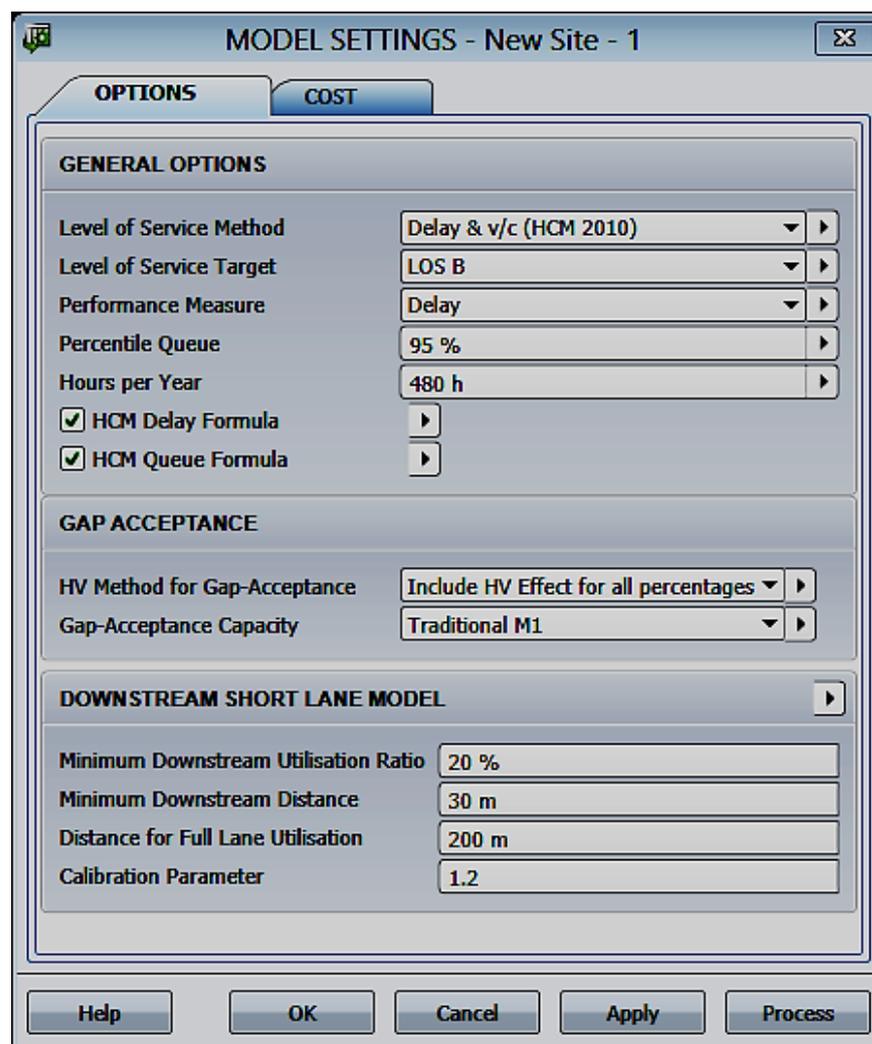


Figura 77: Ventana Model Settings (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 22 de octubre de 2013)

3.5.5.7 Demand & Sensitivity:

Esta resulta la última ventana de introducción de datos para nuestro calculo, en el cual el software nos sugiere varios métodos de análisis tomando en cuenta la demanda y sensibilidad que la intersección puede tener; por defecto el programa marca ningún método de análisis “None”, pero para nuestro caso escogemos un método de análisis aplicando una escala en el flujo entre el 70% al 100% con una capacidad práctica, es decir que al correr los cálculos, se tomaran los volúmenes totales de vehículos con variaciones dentro del tiempo de evaluación (60 minutos) con los límites establecidos anteriormente, esto permite obtener resultados muy acercados a la realidad y evita una sobre valoración de los niveles de servicio, estos índices están debidamente comprobados por observación en el sitio de evaluación y por lo tanto recomendamos el uso de los mismos para el cantón Cuenca, si fuera para otra ciudad sugerimos primero realizar una comparación con lo que sucede en el sitio de evaluación.

The screenshot shows a dialog box titled "DEMAND & SENSITIVITY - New Site - 1". It is divided into several sections:

- ANALYSIS METHOD:** Radio buttons for "None", "Design Life", "Flow Scale" (selected), and "Sensitivity".
- DESIGN LIFE:** "Design Life Analysis Objective" set to "Practical Capacity (v/c ratio = xp)", "Growth Model" set to "Uniform", and "Number of Years" set to "20".
- FLOW SCALE:** "Flow Scale Analysis Objective" set to "Practical Capacity (v/c ratio = xp)", "Lower Limit" set to "70.0 %", and "Upper Limit" set to "100.0 %".
- SENSITIVITY:** A table with columns "Parameter", "Lower", "Upper", and "Increment". The "Critical Gap & Follow-up Headway" parameter is selected with a lower limit of 80.0 %, an upper limit of 120.0 %, and an increment of 5.0 %.

Buttons at the bottom include "Help", "OK", "Cancel", "Apply", and "Process".

Figura 78: Ventana Demand & Sensitivity
(Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 22 de octubre de 2013)

Todo esto nos lleva entonces al punto final de la introducción de datos para nuestra intersección a evaluar, el siguiente paso es procesar los datos haciendo clic en el botón “Process” y de inmediato nos aparecerá una nueva carpeta contenedora “Output”. En esta carpeta se encuentran todos los reportes necesarios para nuestra evaluación, pero de los principales para nuestro trabajo son: Reporte por carril (Lane Summary), Reporte

de Niveles de Servicio (LOS Summary), Reporte de Fases Semafóricas (Phasing Summary) y de ser necesario los gráficos generados (Graphs).

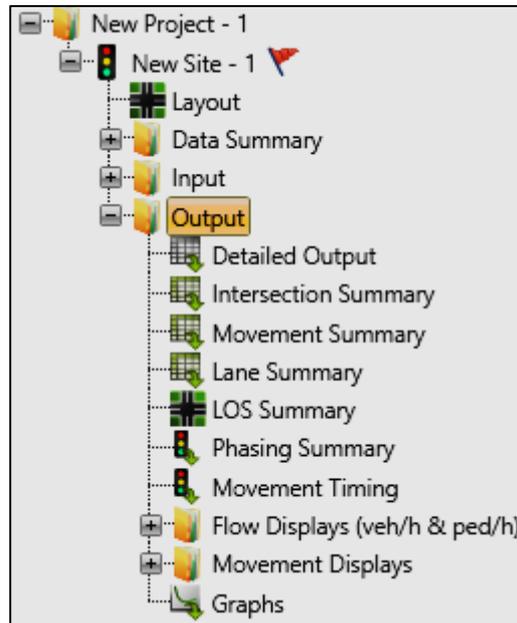


Figura 79: Ventana de tareas "Output" (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 22 de octubre de 2013)

3.5.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS:

3.5.6.1 Lane Summary

Este es el primer cuadro de resultados que utilizamos de los muchos que nos arroja el programa "Sidra Intersection 5.1". En este reporte el software sintetiza la información por carril en cada entrada a la intersección evaluada; identificando primero la dirección de entrada de cada brazo y luego el número de carriles; una vez identificados los carriles, se registran los giros que se realizaron para la evaluación y con sus respectivo totales de volúmenes de tráfico ya ingresados.

Inmediatamente observamos la capacidad de veh/h correspondiente a cada carril, utilización del ancho efectivo de la vida y los retrasos que tendrán los conductores para poder circular por dicha intersección; seguido de ello obtenemos los principales datos para nuestro trabajo que corresponde a los niveles de servicio de cada carril y una referencia al 95% de rendimiento de la cola de vehículos que se puede formar, tanto en número de vehículos como en referencia de longitud en metros y datos adicionales útiles para la toma de decisiones en futuras intervenciones.

LANE SUMMARY														Site: Del Batan			
Unidad Nacional y Del Batán																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 60 seconds (User-Given Cycle Time)																	
Flow Scale Analysis (Practical Capacity): Results for Flow Scale (chosen as largest for any movement) = 92.0 %																	
Lane Use and Performance																	
	L	Demand Flows			Total	HV	Cap.	Deg.	Lane	Average	Level of	95% Back of Queue		Lane	SL	Cap.	Prob.
	veh/h	T	R	veh/h	veh/h	%	veh/h	Satn	Util	Delay	Service	Vehicles	Distance	Length	Type	Adj.	Block.
		veh/h	veh/h	veh/h				v/c	%	sec		veh	m	m		%	%
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	45	376	0	421	6.0	927	0.454	100	10.2	LOS B	8.1	60.3	50	–	0.0	22.1	
Lane 2	0	330	44	373	6.5	823	0.454	100	11.0	LOS B	7.4	55.3	50	–	0.0	14.1	
Approach	45	706	44	794	6.2		0.454		10.6	LOS B	8.1	60.3					
East: Del Batan																	
Lane 1	27	111	72	209	2.0	587	0.356	100	16.8	LOS B	4.8	34.5	50	–	0.0	0.0	
Approach	27	111	72	209	2.0		0.356		16.8	LOS B	4.8	34.5					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	17	330	0	347	7.1	933	0.372	100	9.3	LOS A	6.3	47.0	50	–	0.0	0.0	
Lane 2	0	179	51	229	13.4	617	0.372	100	11.5	LOS B	4.5	35.9	50	–	0.0	0.0	
Approach	17	509	51	576	9.6		0.372		10.2	LOS B	6.3	47.0					
West: Del Batan																	
Lane 1	38	84	103	225	8.0	493	0.457	100	18.8	LOS B	5.5	41.8	50	–	0.0	0.0	
Approach	38	84	103	225	8.0		0.457		18.8	LOS B	5.5	41.8					
Intersection				1805	7.0		0.457		12.2	LOS B	8.1	60.3					
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).																	
Lane LOS values are based on average delay per lane.																	
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.																	
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.																	
<small> Processed: Tuesday, November 26, 2013 10:39:53 AM Copyright © 2000-2011 Akoelik and Associates Pty Ltd SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip Licensed to JUNLAJUBALAM </small>																	

Figura 80: Ventana de resultados "Lane summary" (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

Podemos observar que adicionalmente al final del reporte por cada acceso y como resumen general el software realiza un resumen general de cada situación para destacar principalmente el total de vehículos que circulan por la intersección, al igual que el porcentaje de vehículos pesados, el grado de saturación promedio de dicha intersección vehicular, el promedio de tiempo en segundos del cual un conductor utiliza para circular por aquella y el nivel de servicio general con su respectiva cola de espera de vehículos y la distancia necesaria en metros.

3.5.6.2 Level of Service Summary

Este reporte es gráfico, en él se representa esquemáticamente cuales son los niveles de servicio sintetizado por cada entrada a la intersección en evaluación y de toda globalmente hablando, representando también el sentido de los carriles y los giros posibles de cada uno de ellos; también se posiciona para donde apunta el norte con relación a dicha intersección y representa con colores los niveles de servicio para un mejor entendimiento del usuario.

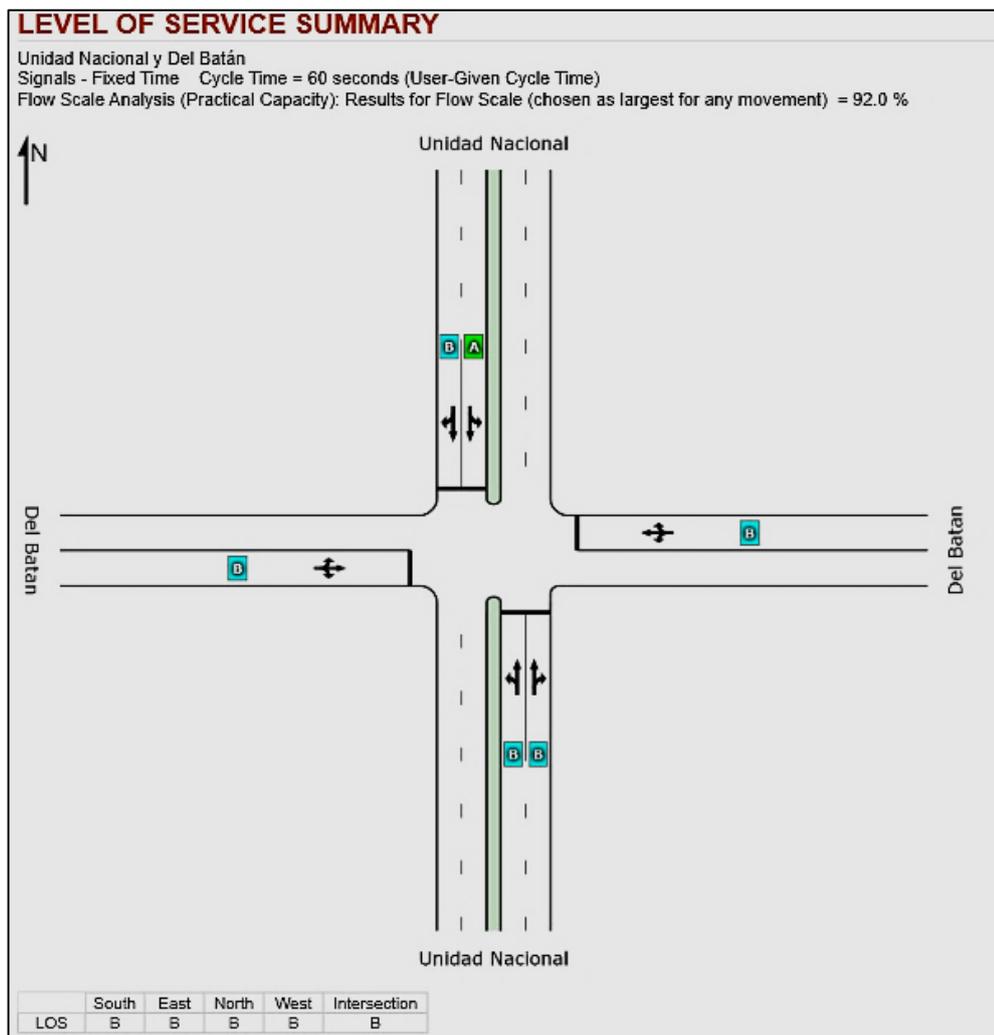


Figura 81: Ventana de resultados “Level of service summary” (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

Informa también cual es el tiempo de fase de semaforización que se aplicó, además del porcentaje de la escala de flujo elegido como el más grande para cualquier movimiento del rango que se introdujo en el programa para su evaluación.

3.5.6.3 Phasing Summary

Con este reporte obtenemos los datos de evaluación de las fases semafóricas aplicadas en la intersección, en la cual consta los tiempos de verde efectivo, los tiempos para amarillo y rojo, además de la división de la fase total para cada sentido que estamos administrando.

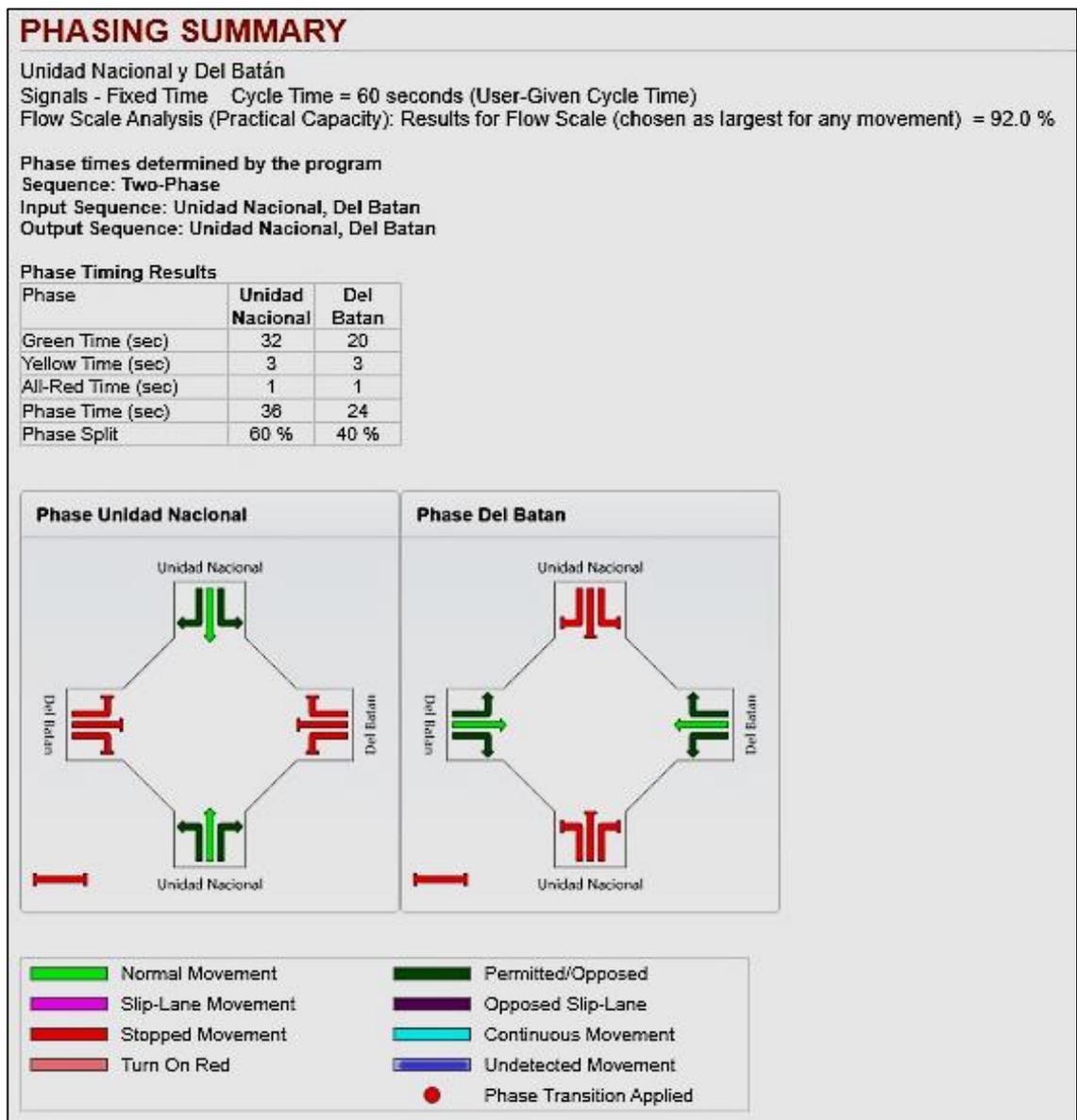


Figura 82: Ventana de resultados "Phasing summary" (Fuente: Sidra Interseccion 5.1)

(Tomada el 23 de octubre de 2013)

Todos estos reportes son los más relevantes para nuestro trabajo, con esto identificamos fácilmente cual es el estado actual de cada intersección, sus posibles modificaciones que se puedan efectuar y una evaluación dentro de tres años más para la evaluación de si es viable o no la ejecución de una intervención en dichas intersecciones para optimizar el corredor que estamos evaluando. Existen muchos más reportes que puede generar este software y que también se los podría utilizar, pero son con respecto a otros puntos fuera de nuestro estudio tales como emisión de gases, análisis económicos basados en consumo de combustible, etc.

Básicamente este es el modo de empleo del programa "Sidra Intersection 5.1", con el cual demostramos la asombrosa facilidad de ingreso de datos, flexibilidad de edición de casos particulares en su geometría, datos y método de cálculo con el cual se necesite evaluar, y confiabilidad de los resultados arrojados por el mismo.

A continuación, realizaremos el mismo procedimiento descrito para evaluar las intersecciones que conforman el corredor vial sujeto del presente estudio y plasmaremos los resultados.

3.6 CALCULO DE NIVELES DE SERVICIO CON USO DE SOFTWARE

En primera instancia, realizaremos la evaluación por medio del uso del software "Sidra Intersection 5.1" descrito anteriormente, en las intersecciones presentes en el corredor vial de la Av. Unidad Nacional con los datos actuales tabulados del estudio previamente mencionado "Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca". De los resultados que obtengamos los aceptaremos como válidos, pues ya los hemos comprobado manualmente y su coincidencia es prácticamente idéntica, por lo tanto iniciamos con el cálculo y análisis de resultados.

3.6.2 INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATAN

Los datos ingresados para evaluar esta intersección de clase semaforizada con fase de tiempo fija es la siguiente:

3.6.2.1 Datos de ingreso

Tabla 44: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N				Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S			
	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA		GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	5,28%	950	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	6,45%	696
	Derecho	0,60%	70		Derecho	3,07%	51
	Izquierdo	0,35%	44		Izquierdo	0,08%	29
TPDA TOTAL EN HORA PICO			1064	TPDA TOTAL EN HORA PICO			776
Acceso 2: Calle del Batán E-O				Acceso 4: Calle del Batán O-E			
	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA		GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	1,03%	154	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	1,50%	118
	Derecho	0,47%	116		Derecho	1,16%	129
	Izquierdo	0,56%	34		Izquierdo	5,29%	53
TPDA TOTAL EN HORA PICO			304	TPDA TOTAL EN HORA PICO			299

Tabla 45: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y CALLE DEL BATÁN

Fase	Av. Unidad Nacional	Calle Del Batán
Verde	32 s	20 s
Amarillo	3 s	3 s
Todo en rojo	1 s	1 s
Tiempo total por fase	36 s	24 s

3.6.2.2 Análisis de resultados

Realizada la modelación en el software, obtenemos los siguientes resultados:

LANE SUMMARY														Site: Del Batan			
Unidad Nacional y Del Batán																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 60 seconds (User-Given Phase Times)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows				HV %	Cap. veh/h	Deg. Safn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L	T	R	Total							Vehicles veh	Distance m					
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	45	472	0	518	4.8	820	0.631	100	14.6	LOS B	12.3	90.4	50	-	0.0	59.7	
Lane 2	0	507	72	579	4.7	917	0.631	100	13.1	LOS B	13.3	97.3	50	-	0.0	66.7	
Approach	45	979	72	1097	4.8		0.631		13.9	LOS B	13.3	97.3					
East: Del Batan																	
Lane 1	44	197	149	390	0.8	672	0.580	100	20.1	LOS C	10.2	71.9	50	-	0.0	38.2	
Approach	44	197	149	390	0.8		0.580		20.1	LOS C	10.2	71.9					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	31	357	0	388	5.9	789	0.492	100	12.7	LOS B	8.3	61.5	50	-	0.0	23.8	
Lane 2	0	391	55	446	6.0	907	0.492	100	10.8	LOS B	8.9	66.3	50	-	0.0	30.6	
Approach	31	748	55	834	6.0		0.492		11.7	LOS B	8.9	66.3					
West: Del Batan																	
Lane 1	59	131	143	333	2.0	633	0.526	100	19.9	LOS B	8.5	61.0	50	-	0.0	23.1	
Approach	59	131	143	333	2.0		0.526		19.9	LOS B	8.5	61.0					
Intersection				2654	4.2		0.631		14.8	LOS B	13.3	97.3					

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).
Lane LOS values are based on average delay per lane.
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Processed: Wednesday, December 11, 2013 3:15:14 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd
SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com
Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip
Licensed to JUNLAJUBALAM

SIDRA
INTERSECTION

Figura 83: Resultados Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

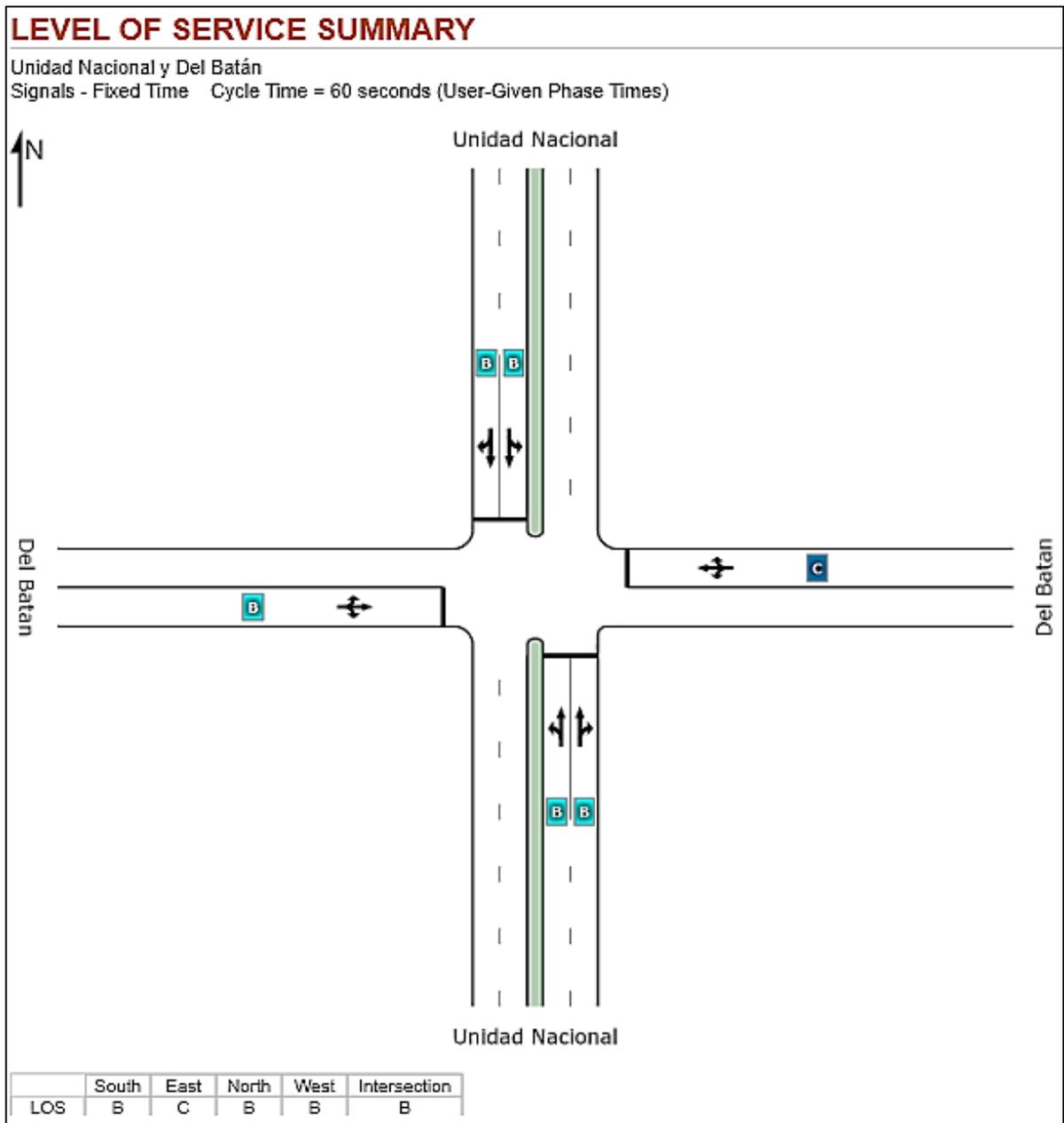


Figura 84: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 23 de octubre de 2013)

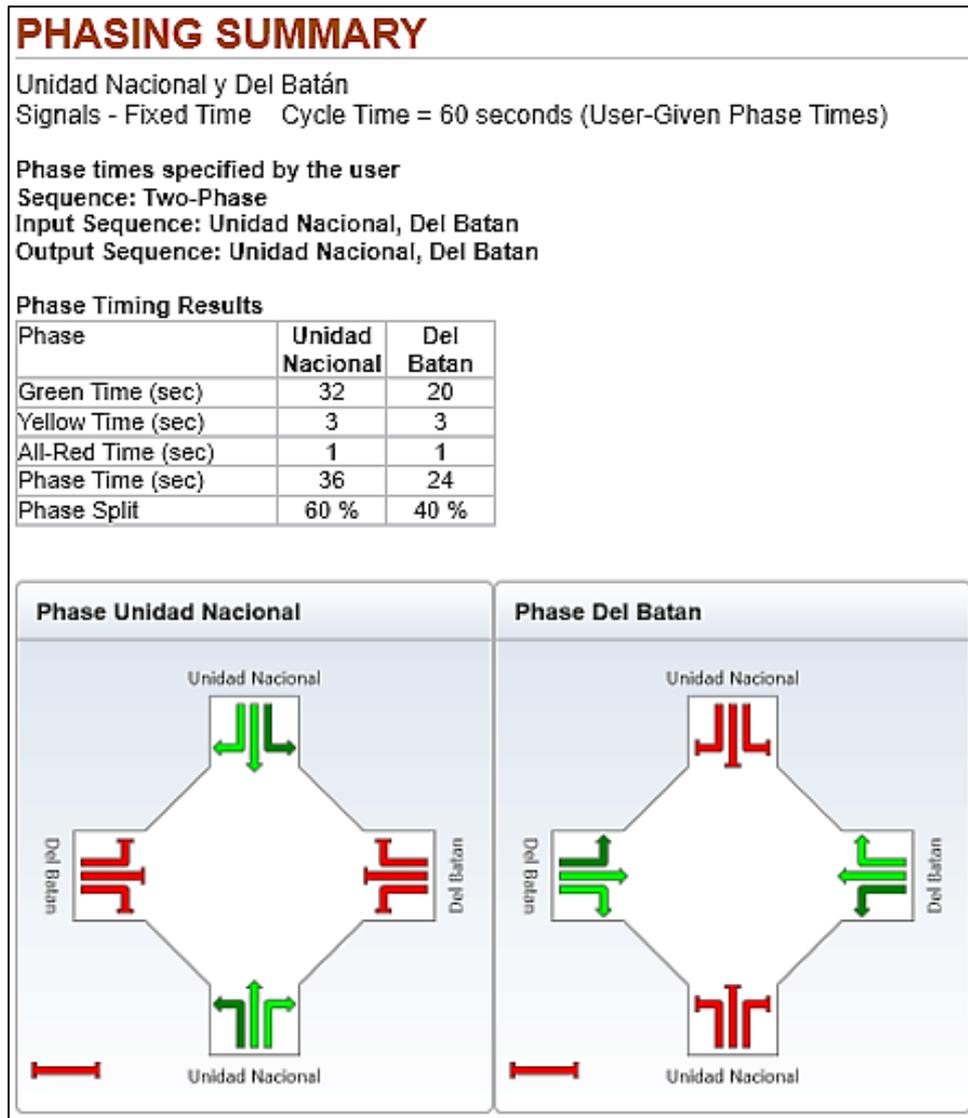


Figura 85: Fases de semaforización Av. Unidad Nacional y Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

Realizada la corrida de datos, observamos que coincidimos los resultados de niveles de servicio realizado por método manual y con la ayuda de este software. Luego verificamos que tenemos un promedio de 14,8 segundos por vehículo para poder circular por dicha intersección, por lo tanto otorgando un nivel de servicio general de categoría "B", que para el actual funcionamiento es muy bueno y la fase semafórica instaurada es coherente con el uso diario de los ciudadanos que circulan por esta intersección.

3.6.3 INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO

Ahora vamos a evaluar la primera intersección rotatoria, la cual ya la hemos descrito anteriormente, sin embargo se detectó una pequeña variación de los resultados emitidos por el software al comparar con la realidad, por lo que fue necesario realizar un

muestreo adicional en la intersección para corregir dicha variación referente a la escala de volumen que por diversas razones se pudo ver comprometida y por lo tanto los resultados del programa no reflejaban la realidad, una vez controlado aquello ingresamos al software los siguientes datos.

3.6.3.1 Datos de ingreso

Tabla 46: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N				Acceso 2: Av. Remigio Crespo E-O			
	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA		GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	4.09%	603	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	3.81%	826
	Derecho	0.58%	182		Derecho	0.80%	356
	Izquierdo	1.82%	150		Izquierdo	1.41%	425
TPDA TOTAL EN HORA PICO			935	TPDA TOTAL EN HORA PICO			1607
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S				Acceso 4: Av. Remigio Crespo O-E			
	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA		GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	3.66%	545	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	5.10%	759
	Derecho	1.49%	73		Derecho	1.32%	214
	Izquierdo	0.82%	203		Izquierdo	2.24%	169
TPDA TOTAL EN HORA PICO			821	TPDA TOTAL EN HORA PICO			1142

De lo antes mencionado, tabulados los datos en el sitio, modificamos en el software las escalas de flujo de cada entrada a la intersección y son los siguientes porcentajes.

Tabla 47: PORCENTAJES DE FLUJO AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. REMIGIO CRESPO

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N		Acceso 2: Av. Remigio Crespo E-O	
Escala de flujo	125%	Escala de flujo	55%
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S		Acceso 4: Av. Remigio Crespo O-E	
Escala de flujo	120%	Escala de flujo	70%

Estos datos serán editados dentro de la ventana “Volumes” del software, en el casillero “Flow Scale (Constant)” y aplicado de manera individual para cada brazo de entrada a la intersección rotatoria. Realizado esto los resultados son los siguientes.

3.6.3.2 Análisis de resultados

Realizada la modelación en el software, obtenemos los siguientes resultados:

LANE SUMMARY													Site: Remigio Crespo			
Unidad Nacional y Remigio Crespo Roundabout																
Lane Use and Performance																
	Demand Flows			Total	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L	T	R								Vehicles	Distance				
	veh/h	veh/h	veh/h	veh/h							veh	m				
South: Unidad Nacional																
Lane 1	193	336	0	529	3.3	576	0.918	100	25.2	LOS C	13.0	93.6	100	-	0.0	3.1
Lane 2	0	441	235	676	2.9	736	0.918	100	19.9	LOS B	14.7	105.7	100	-	0.0	6.6
Approach	193	777	235	1205	3.0		0.918		22.2	LOS C	14.7	105.7				
East: Remigio Crespo																
Lane 1	275	177	0	452	2.4	501	0.903	100	25.4	LOS C	10.6	76.1	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	357	230	588	2.6	651	0.903	100	18.6	LOS B	12.1	86.9	100	-	0.0	1.0
Approach	275	534	230	1040	2.5		0.903		21.6	LOS C	12.1	86.9				
North: Unidad Nacional																
Lane 1	271	215	0	486	2.1	556	0.873	100	21.6	LOS C	10.2	73.2	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	511	97	609	3.3	697	0.873	100	15.7	LOS B	11.4	82.5	100	-	0.0	0.0
Approach	271	727	97	1095	2.8		0.873		18.3	LOS B	11.4	82.5				
West: Remigio Crespo																
Lane 1	125	233	0	358	4.1	426	0.840	100	23.0	LOS C	8.0	58.6	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	326	158	484	3.9	576	0.840	100	17.4	LOS B	9.3	68.0	100	-	0.0	0.0
Approach	125	559	158	841	4.0		0.840		19.7	LOS B	9.3	68.0				
Intersection				4181	3.0		0.918		20.5	LOS C	14.7	105.7				
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).																
Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.																
Lane LOS values are based on average delay per lane.																
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.																
Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.																
SIDRA Standard Delay Model used.																
Processed: Wednesday, December 11, 2013 4:01:44 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip																

Figura 86: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

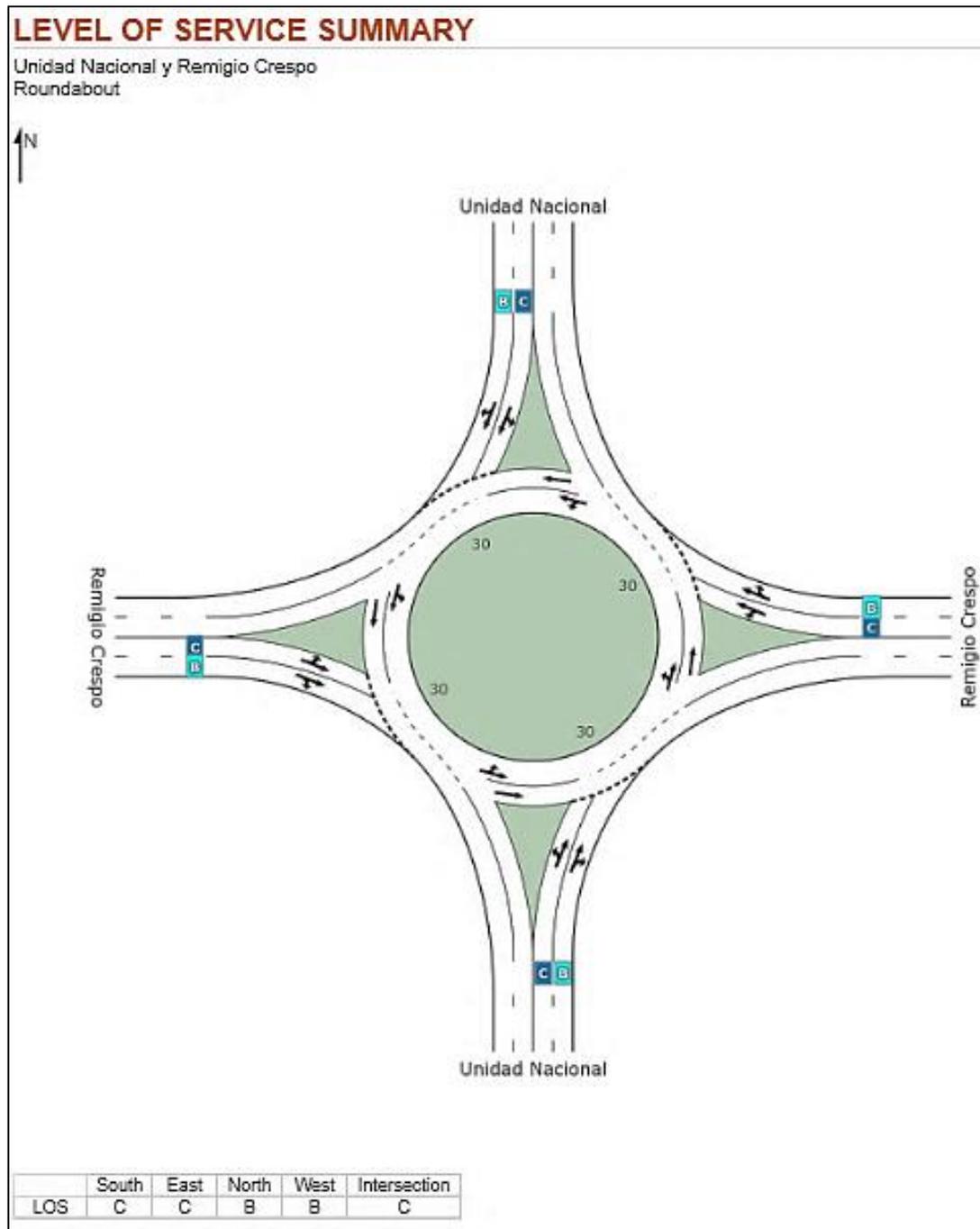


Figura 87: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo
(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

Realizada la corrida de datos, verificamos que tenemos un promedio de 20.50 segundos por vehículo para poder circular por dicha intersección en la actualidad, por lo tanto otorgando un nivel de servicio general de categoría "C", que ya hace un llamado de atención para ya pensar en alguna modificación a la intersección, sabiendo que dentro de tres años o más ya podría presentar una disminución en su nivel de servicio a

categoría “E” el cual ya se considera como insuficiente para una vía urbana. En el próximo capítulo evaluaremos las alternativas para mejorar esta situación.

3.6.4 INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA

La siguiente intersección es de clase semaforizada, con tiempos de fase fija, con cinco vías de las cuales cuatro sirven de ingreso y una exclusiva para salida que ya hemos descrito anteriormente. A continuación la evaluamos.

3.6.4.1 Datos de ingreso

Tabla 48: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S				Acceso 2: Calle Azuay NE-SO				
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	
	Frontal	3,94%	812		Frontal	-	-	-
	Derecho	0,06%	12		Derecho	9,38%	11	11
	Izquierdo 1	1,49%	367		Izquierdo 1	-	-	-
	Izquierdo 2	0,01%	3		Izquierdo 2	-	-	-
TPDA TOTAL EN HORA PICO			1194	TPDA TOTAL EN HORA PICO			11	
Acceso 3: Av. Pichincha E-O				Acceso 4: Av. Unidad Nacional S-N				
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	
	Frontal	0,11%	10		Frontal	5,67%	752	752
	Izquierdo	1,14%	61		Izquierdo	0,04%	3	3
	Derecho 1	3,70%	367		Derecho 1	0,52%	46	46
	Derecho 2	0,05%	2		Derecho 2	0,07%	5	5
TPDA TOTAL EN HORA PICO			440	TPDA TOTAL EN HORA PICO			805	

Tabla 49: FASE DE SEMAFORIZACIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. PICHINCHA

Fase	Av. Unidad Nacional	Av. Pichincha
Verde	40 s	21 s
Amarillo	3 s	3 s
Todo en rojo	1 s	1 s
Tiempo total por fase	44 s	25 s

3.6.4.2 Análisis de resultados

LANE SUMMARY														Site: Pichincha			
Unidad Nacional y Pichincha																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 69 seconds (User-Given Phase Times)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L	T	R								Vehicles	Distance					
South East: Pichincha																	
Lane 1	74	12	450	537	3.2	708	0.757	100	96.7	LOS F	18.3	132.2	100	-	0.0	30.4	
Approach	74	12	450	537	3.2		0.757		96.7	LOS F	18.3	132.2					
North East: Azuay																	
Lane 1	0	0	16	16	8.8	642	0.025	100	1.9	LOS A	0.1	1.1	100	-	0.0	0.0	
Approach	0	0	16	16	8.8		0.025		1.9	LOS A	0.1	1.1					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	385	0	0	385	1.5	821	0.470	100	10.8	LOS B	8.3	59.1	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	859	859	3.9	1244	0.690	100	3.9	LOS A	9.8	71.2	100	-	0.0	0.0	
Approach	385	0	859	1244	3.1		0.690		6.0	LOS A	9.8	71.2					
South West: Unidad Nacional																	
Lane 1	480	0	0	480	5.6	998	0.481	100	10.1	LOS B	10.2	75.1	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	419	6	55	480	5.0	998	0.481	100	10.1	LOS B	10.2	74.7	100	-	0.0	0.0	
Approach	899	6	55	960	5.3		0.481		10.1	LOS B	10.2	75.1					
Intersection				2756	4.0		0.757		25.1	LOS C	18.3	132.2					
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000). Lane LOS values are based on average delay per lane. Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes. HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.																	
<small>Processed: Thursday, December 12, 2013 10:00:05 AM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip Licensed to JUNLAJUBALAM</small>																	

Figura 88: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

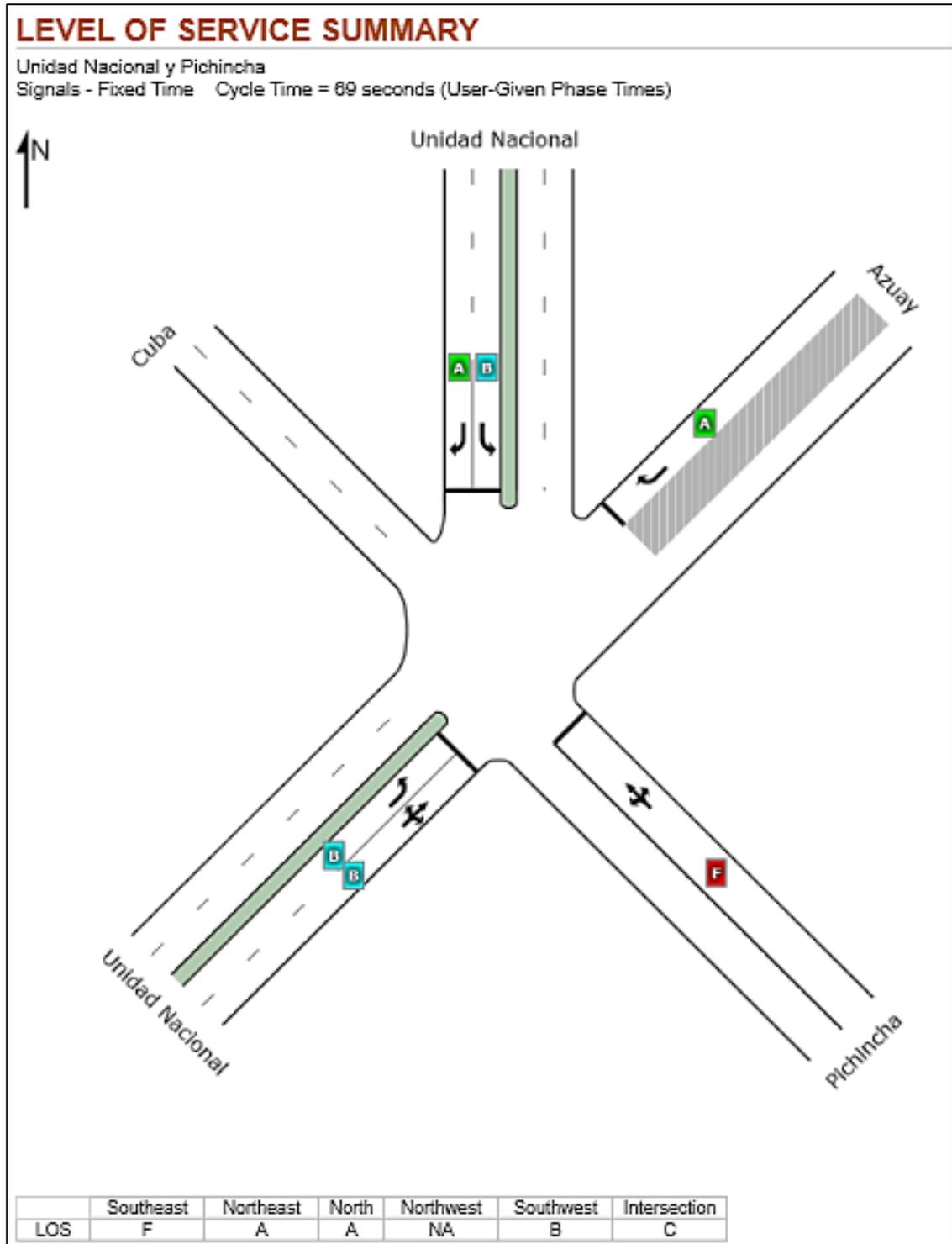


Figura 89: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

PHASING SUMMARY

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 69 seconds (User-Given Phase Times)

Phase times specified by the user

Sequence: Two-Phase

Input Sequence: A, B

Output Sequence: A, B

Phase Timing Results

Phase	A	B
Green Time (sec)	40	21
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	1	1
Phase Time (sec)	44	25
Phase Split	64 %	36 %

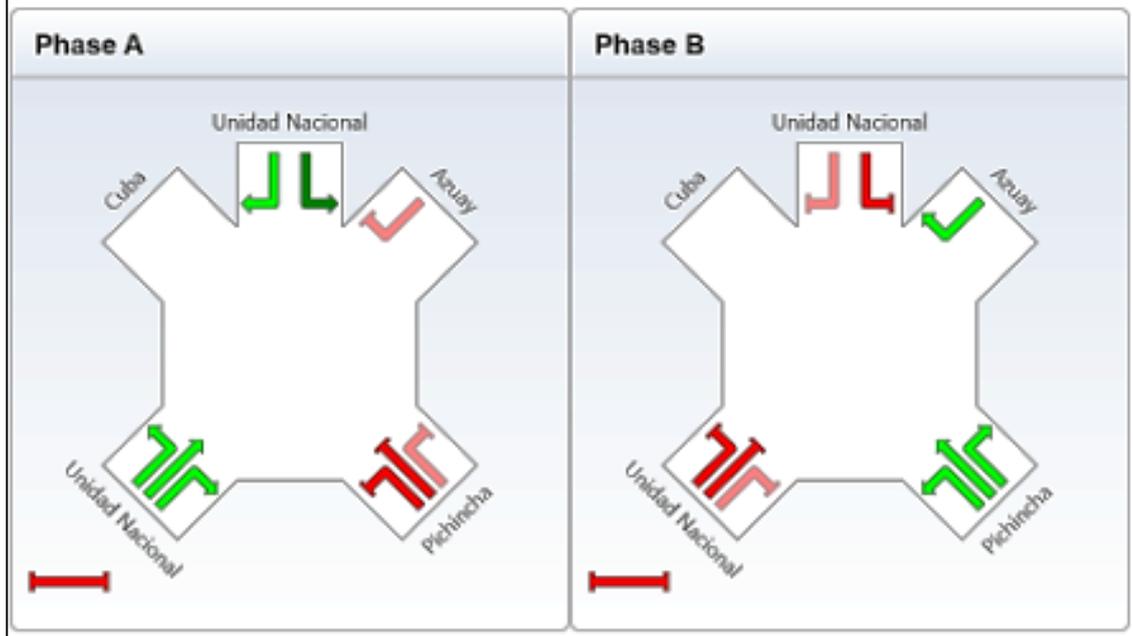


Figura 90: Fases de semaforización Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

Como podemos apreciar evaluando estos datos, verificamos que tenemos un promedio de 25.10 segundos por vehículo para poder circular por dicha intersección en la actualidad con la fase semafórica establecida, por lo tanto otorgando un nivel de servicio general de categoría "C", que como la intersección anteriormente evaluada, hace un llamado de atención para ya pensar en alguna modificación a la intersección, sabiendo que dentro de tres años o más ya podría presentar una disminución en su nivel de servicio a categoría "E" el cual ya se considera como insuficiente para una vía urbana. En el próximo capítulo evaluaremos las alternativas para mejorar esta situación.

3.6.5 INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. AMAZONAS

La siguiente intersección es de clase no semaforizada, es la única de su clase que se ubica dentro de este corredor vial y por lo tanto es prioridad en el desarrollo de propuestas de modificaciones a las intersecciones, diseñar un sistema semafórico de la clase de fase fija para mejorar los niveles de servicio de ésta.

A continuación, presentamos los datos que se ingresaron al programa para evaluar ésta intersección.

3.6.5.1 Datos de ingreso

Tabla 50: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. AMAZONAS

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S				Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-N			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	Frontal	3,69%	587		Frontal	3,92%	781
	Derecho	0,21%	29		Derecho	0,42%	39
	Izquierdo	0,05%	2		Izquierdo	0,45%	75
TPDA TOTAL EN HORA PICO			618	TPDA TOTAL EN HORA PICO			894
Acceso 3: Av. Amazonas E-O				Acceso 4: Av. Amazonas O-E			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	Frontal	2,13%	64		Frontal	1,54%	11
	Derecho	4,80%	135		Derecho	1,85%	32
	Izquierdo	2,67%	57		Izquierdo	1,54%	11
TPDA TOTAL EN HORA PICO			255	TPDA TOTAL EN HORA PICO			55

3.6.5.2 Análisis de resultados

LANE SUMMARY													Site: Amazonas - No semaforizada			
Interseccion UN y Amazonas Stop (Two-Way)																
Lane Use and Performance																
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Vehicles veh	Queue Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L veh/h	T veh/h	R veh/h													
South East: Amazonas																
Lane 1	8	8	24	40	1.7	131	0.308	100	44.2	LOS E	1.1	7.9	50	-	0.0	0.0
Approach	8	8	24	40	1.7		0.308		44.2	LOS E	1.1	7.9				
North East: Unidad Nacional																
Lane 1	82	373	0	454	3.3	1360	0.334	100	4.3	LOS A	1.9	13.5	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	476	42	519	3.6	1554	0.334	100	4.0	LOS A	2.0	14.7	50	-	0.0	0.0
Approach	82	849	42	973	3.5		0.334		4.1	NA	2.0	14.7				
North West: Amazonas																
Lane 1	7	8	17	32	3.7	108	0.293	100	51.6	LOS F	1.0	7.3	50	-	0.0	0.0
Approach	7	8	17	32	3.7		0.293		51.6	LOS F	1.0	7.3				
South West: Unidad Nacional																
Lane 1	2	351	0	353	3.7	1439	0.245	100	3.7	LOS A	1.3	9.2	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	324	33	357	3.4	1456	0.245	100	3.7	LOS A	1.3	9.2	50	-	0.0	0.0
Approach	2	675	33	710	3.5		0.245		3.7	NA	1.3	9.2				
Intersection				1755	3.5		0.334		5.7	NA	2.0	14.7				

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).
 Lane LOS values are based on average delay per lane.
 Minor Road Approach LOS values are based on average delay for all lanes.
 NA: Intersection LOS and Major Road Approach LOS values are Not Applicable for two-way sign control since the average delay is not a good LOS measure due to zero delays associated with major road lanes.
 HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Processed: Thursday, December 12, 2013 10:48:03 AM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd
 SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com
 Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip
 Licensed to JUNLAJUBALAM

SIDRA INTERSECTION 

Figura 91: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 23 de octubre de 2013)

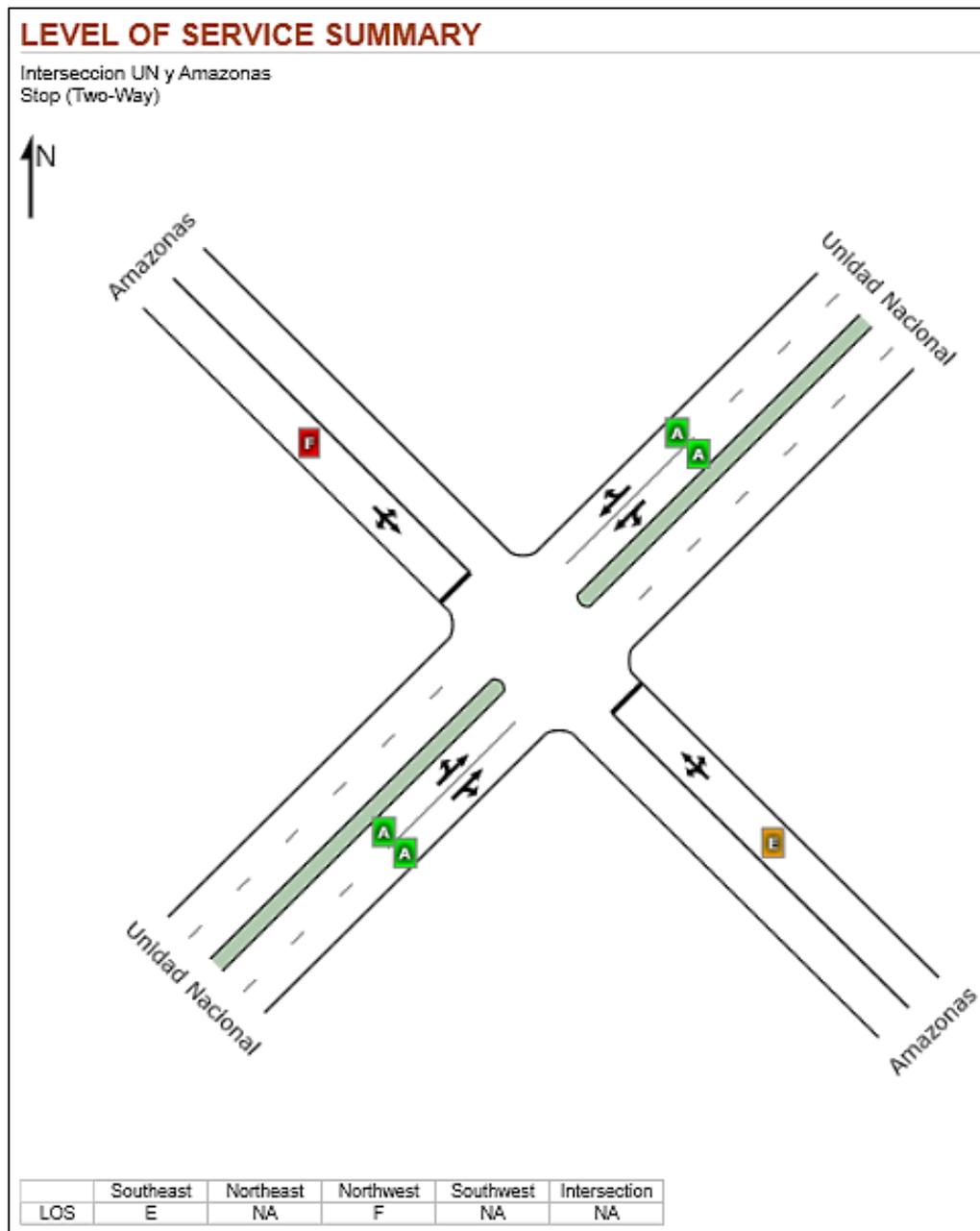


Figura 92: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 25 de octubre de 2013)

Obviamente se esperaban estos resultados, enfatizando en la Av. Amazonas que por ser de categoría secundaria en esta intersección, los tiempos de espera para poder circular están entre los 47,90 segundos de promedio, lo cual refleja el insuficiente nivel de servicio de categoría “F” y “E” respectivamente. Por otra parte existen vehículos que hacen uso de las vías para parquear con tiempos de más del cuarto de hora, los cuales afectan considerablemente el uso total de la vía.

Por los datos calculados, el programa no es capaz de categorizar el nivel de servicio de la intersección, pero por nuestra apreciación y la urgencia de modificar su configuración, asignamos un nivel de servicio “F”.

3.6.6 INTERSECCION AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MEXICO

Para culminar con la evaluación, tenemos esta intersección del tipo rotatoria, con tres entradas y salidas las cuales ya las describimos anteriormente. De igual manera, como resolvimos en la intersección rotatoria anterior, también nos remitimos a un muestreo en campo para acercarnos completamente a la realidad y de esta manera ingresar datos reales al programa. A continuación, presentamos los datos que se ingresaron al programa para evaluar ésta intersección.

3.6.6.1 Datos de ingreso

Tabla 51: DATOS DE HORA PICO INTERSECCIÓN AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MÉXICO

Acceso 1: Av. 10 de Agosto S-N			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	<i>Izquierdo</i>	3,25%	413
	<i>Derecho</i>	2,08%	484
TPDA TOTAL EN HORA PICO			897
Acceso 2: Av. Unidad Nacional N-S			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	<i>Izquierdo</i>	1,77%	421
	<i>Derecho</i>	3,24%	573
TPDA TOTAL EN HORA PICO			994
Acceso 3: Av. México O-E			
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	GIRO	% Vehículos pesados	TOTAL TPDA
	<i>Izquierdo</i>	2,22%	365
	<i>Derecho</i>	14,37%	604
TPDA TOTAL EN HORA PICO			969

Tabla 52: PORCENTAJES DE FLUJO AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. MÉXICO

Acceso 1: Av. 10 de Agosto S-N	
Escala de flujo	147%
Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-O	
Escala de flujo	100%
Acceso 3: Av. México S-E	
Escala de flujo	83%

3.6.6.2 Análisis de resultados

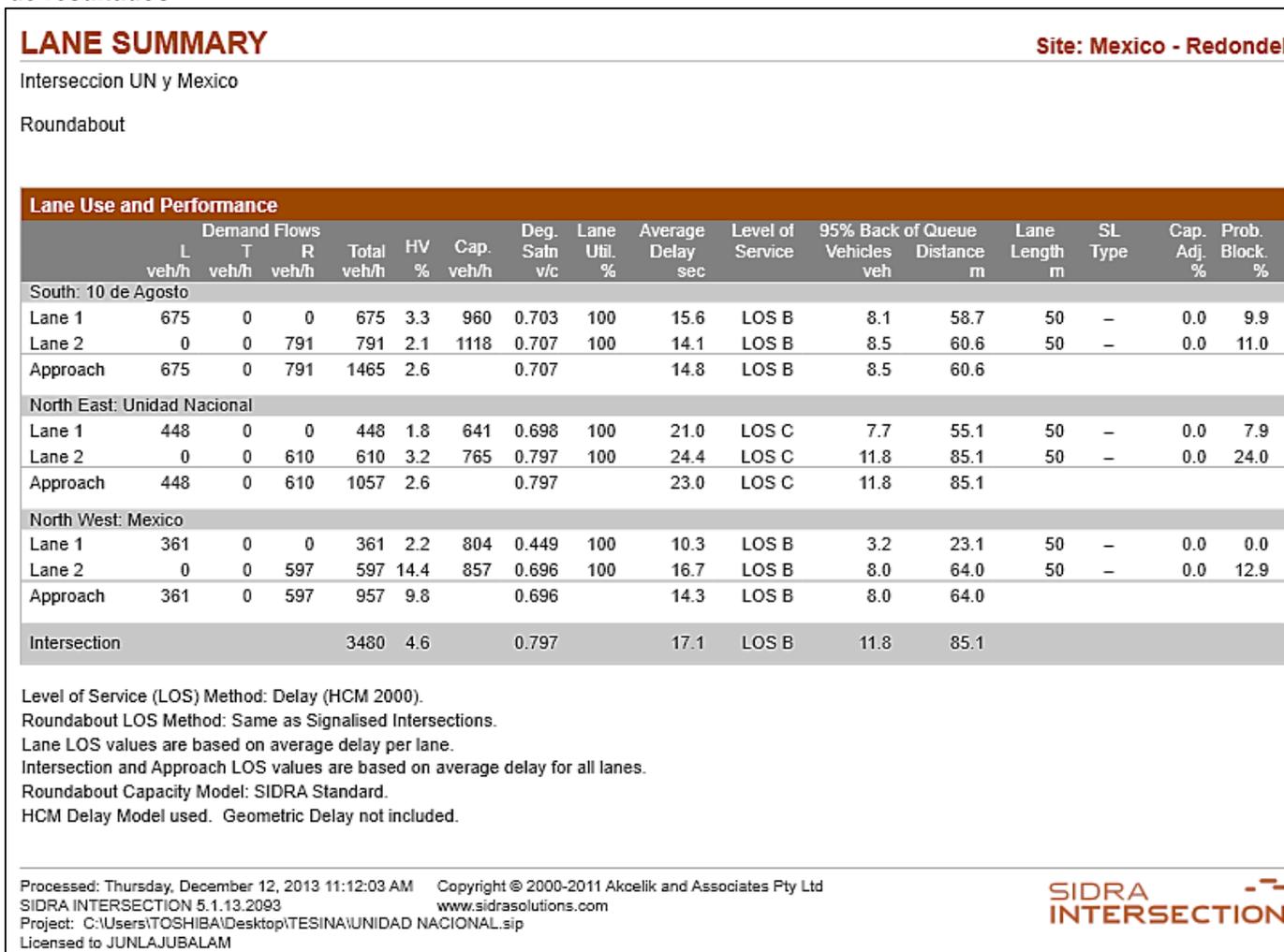


Figura 93: Resultados Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 25 de octubre de 2013)

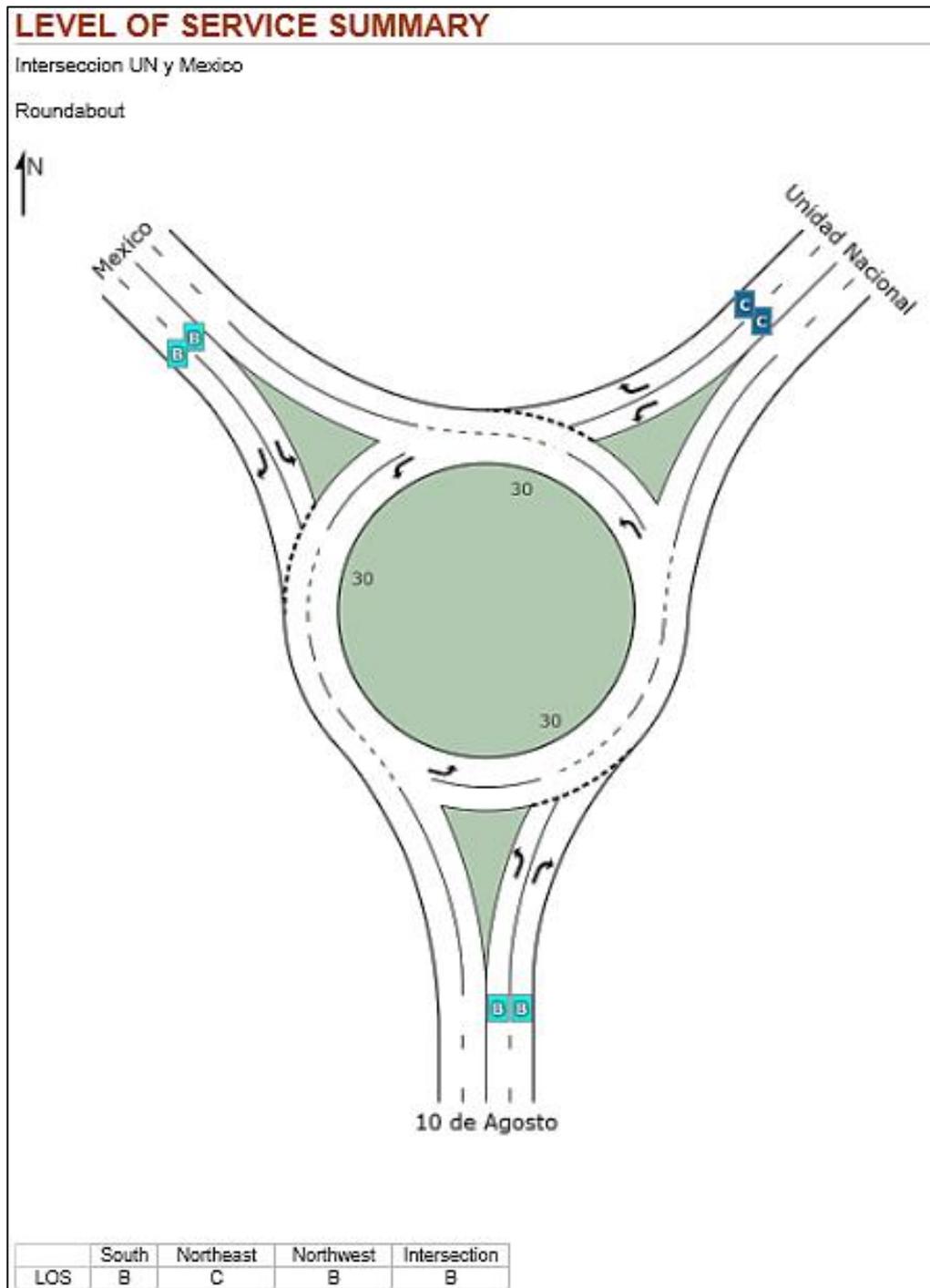


Figura 94: Niveles de servicio Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 25 de octubre de 2013)

Realizada la corrida de datos, verificamos que tenemos un promedio de 17,10 segundos por vehículo para poder circular por dicha intersección en la actualidad, por lo tanto otorgando un nivel de servicio general de categoría “B”, que es una buena categorización para la intersección. Sin embargo, en el próximo capítulo realizaremos una proyección para tres años más y de esta manera garantizar un buen nivel de servicio para los próximos años.

CAPITULO 4

4 DISEÑO DEL CORREDOR

4.2 Semaforización

4.2.2 Generalidades

Los semáforos son dispositivos electrónicos y electromagnéticos que permiten regular y controlar el paso del tránsito (vehicular y peatonal) de forma ordenada y segura, con el fin de evitar algunos de los conflictos que se presentan en las intersecciones no semaforizadas (tal como se analizó en su respectiva metodología). El control se realiza mediante indicaciones de colores uniformados en todo el mundo (verde, amarillo y rojo). Los primeros semáforos fueron instalados en Londres en 1868 y accionados a mano, siendo muy limitados en varios aspectos, por lo que prácticamente, solo constituían un apoyo para los agentes reguladores de tránsito. Mientras que, según los registros, el primer semáforo eléctrico instalado fue en Cleveland, Estados Unidos en 1914, y posteriormente, en 1917 se introduce la interconexión de semáforos en Salt Lake City.

Con el transcurso del tiempo y el avance tecnológico, y como respuesta al gran incremento del parque automotor, y con ello del congestionamiento y los accidentes de tránsito, se han desarrollado sistemas semafóricos mucho más avanzados, tales como los coordinados y aquellos que cuentan con detectores automáticos de tráfico, que permiten desalojar los vehículos proporción a su volumen de llegada a la intersección.

4.2.3 Ventajas y Desventajas

Los semáforos ofrecen grandes ventajas a la hora de controlar el paso del tránsito en una intersección, siempre y cuando cuenten con una correcta instalación y un oportuno y adecuado mantenimiento, pues caso contrario, únicamente entorpecería la circulación del tráfico.

A continuación se mencionan algunas de las ventajas y desventajas del uso de estos dispositivos.

4.2.3.1 Ventajas

- Reducción de los conflictos en ciertas maniobras con distinta dirección de circulación y de los posibles accidentes de tráfico que dichos conflictos pueden

ocasionar, y por ende, mayor seguridad para el tránsito que circule por la intersección.

- Aumento de la seguridad para peatones y ciclistas, al proporcionar un determinado tiempo para su paso
- Disminución de las demoras de los vehículos y de los peatones en cada acceso, y en toda la intersección.
- Mejora del nivel de servicio y de la capacidad vial de cada uno de los accesos, mediante un previo y completo estudio de las condiciones de tránsito de la intersección.
- Representa un ahorro considerable con respecto a la utilización de otras señales o formas de control del tráfico.

4.2.3.2 Desventajas

- Cuando el sistema semafórico no está plenamente justificado, genera algunas deficiencias que se ven reflejadas en las siguientes desventajas de su utilización.
- Su implementación puede significar un gasto innecesario, si su uso no está completamente justificado, y en su lugar, se hubiera optado por una solución menos costosa y más eficiente, según sea el caso.
- Si no cuenta con un mantenimiento periódico, puede generar graves accidentes de tránsito y poner en riesgo la integridad física de los peatones y los conductores.
- Pueden producir reacciones desfavorables por parte del público, lo cual se vería reflejado en una falta de respeto a las indicaciones del dispositivo y/o hacia las autoridades.
- Los costos en los que se incurre para su adecuado y oportuno mantenimiento.

4.2.4 Tipos de semáforos

Según su forma de operación, los semáforos se clasifican en algunos tipos, entre los cuales se encuentran:

4.2.4.1 Semáforos de tiempo fijo

Este tipo de semáforos, tal como su nombre lo indica, proporciona tiempos fijos durante todo el día, para cada el ciclo y por lo tanto para cada una de sus fases (verde, amarillo y rojo), se utilizan en intersecciones que presentan patrones estables de tráfico, es decir, con variaciones moderadas del tráfico a lo largo del día, de tal manera que no ocasionen congestionamientos excesivos.

Este tipo de dispositivos se adaptan principalmente a intersecciones en las que se pretende sincronizar o coordinar la operación de los semáforos con los de las intersecciones adyacentes.

Presentan algunas ventajas, entre las que se pueden destacar que no dependen de los detectores automáticos del tráfico, y por ende no interfieren la circulación normal de los vehículos; además, su costo y su mantenimiento implica un menor costo que para los semáforos accionados por el tránsito.

4.2.4.2 Semáforos accionados por el tránsito

La principal característica que identifica a este tipo de semáforos es que la duración de los ciclos y por ende de las fases, es variable en función del volumen que ingrese por los accesos a la intersección, los mismos que son registrados por los detectores que se encuentran conectados al control del semáforo. El objetivo es satisfacer la demanda mediante el continuo ajuste de los ciclos.

Cuando los detectores de tráfico son utilizados solamente en algunos de los accesos a la intersección (por lo general en las calles transversales o secundarias, pues se concede el derecho de paso a la vía principal) se conoce como control semiaccionado. Mientras que si los detectores se colocan en todos los accesos, se trata de un control totalmente accionado.

Según lo descrito en los párrafos anteriores, se puede establecer que para el presente caso de estudio, lo más conveniente para las intersecciones del corredor de la Av. Unidad Nacional, son los semáforos a tiempo fijo, que ofrecen la posibilidad de generar una coordinación de los semáforos que se coloquen en intersecciones continuas, con el fin de obtener mayor fluidez en la circulación vehicular.

Por lo tanto, en los párrafos posteriores nos enfocaremos en describir la metodología de cálculo necesaria para determinar los tiempos de este tipo de semáforos.

4.3 Distribución de los tiempos del semáforo

Bien sea que el cálculo y la distribución de los tiempos del semáforo se realicen manualmente o mediante algún software, es indispensable conocer y tener muy claro los fundamentos básicos que sustentan el proceso de cálculo, pues de esta manera se pueden interpretar correctamente los resultados que se obtengan.

En una intersección, los flujos vehiculares que llegan por cada uno de los accesos reciben su derecho de paso ordenadamente al ser divididos en diferentes fases que otorgan el uso del espacio disponible a determinados movimientos para atravesar la intersección, permitiendo desalojar algunos vehículos de las colas en los accesos, por medio de una señal de verde, mientras que otros movimientos son detenidos con una indicación de rojo.

Para el cálculo de los tiempos semaforicos, es necesario definir previamente algunos conceptos de términos comunes y que se utilizarán más adelante. Dichas definiciones⁴ se presentan a continuación.

- Indicación de señal: Es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.
- Ciclo o longitud del ciclo: Es el tiempo que se requiere para efectuar una secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo.
- Movimiento: Es la maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.
- Intervalo: Es cualquiera de las divisiones del ciclo, durante la cual todas las indicaciones de señal del semáforo permanecen constantes.
- Fase: Es la combinación de uno o más movimientos que reciben el derecho de paso al mismo tiempo. Puede ser un movimiento solo peatonal, solo vehicular, o ambos a la vez. Una fase inicia con la pérdida del derecho de paso (al momento que aparece la indicación amarilla) de los movimientos que entran en conflicto con los que ganan dicho derecho.
- Secuencia de fases: Es el orden previamente determinado en el que ocurren las diferentes fases del ciclo.

⁴ Las definiciones que se presentan están tomadas de: "Cal y Mayor, Cárdenas, Ingeniería de Tránsito – Fundamentos y Aplicaciones", 8ava edición, p. 445"

- Reparto: Porcentaje de la longitud del ciclo, que es asignado a cada una de las fases.
- Intervalo verde: Intervalo durante el cual la indicación de señal es verde, por lo tanto existe derecho de paso.
- Intervalo de cambio: Tiempo correspondiente a la indicación de señal amarilla, sucede después del intervalo verde, consiste en un aviso de precaución para pasar a una siguiente fase.
- Intervalo de despeje o todo rojo: Tiempo correspondiente a una indicación de señal roja para el tráfico de todos los accesos que van a entrar a la intersección. Se utiliza con el fin de proporcionar un tiempo adicional a los vehículos que pierden el derecho de paso para despejar la intersección, antes de que los vehículos que ganan dicho derecho, reciban el verde. También se puede utilizar si se quiere crear una fase exclusiva para peatones.
- Intervalo de cambio de fase: Intervalo que puede consistir solamente en un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo.

4.3.2 Metodología del cálculo de los tiempos para el semáforo

Para el cálculo de los tiempos se debe tomar en cuenta que se pretende reducir las demoras, para lo cual cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos. El número de fases debe ser el mínimo posible, garantizando la eficiencia y seguridad del sistema semafórico.

Una fase consta de un intervalo amarillo, uno todo rojo y uno verde. Comienza con el amarillo que detiene a los movimientos que pierden el derecho de paso y termina con el final del verde de los que ganan dicho derecho.

La distribución de los tiempos para cada fase debe ser directamente proporcional con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes para cada acceso; por lo tanto, la duración de las fases y por ende del ciclo, estará en función de la demanda. A continuación se detalla el cálculo de los diversos elementos para los tiempos del semáforo y su reparto en las diferentes fases.

4.3.3 Intervalo de cambio de fase

Este intervalo de cambio de fase debe tomar en cuenta el tiempo de percepción-reacción del conductor, los requerimientos para la desaceleración, y el tiempo necesario de despeje para la intersección. Se calcula mediante la siguiente expresión:

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right) \quad (45)$$

Donde,

y = Intervalo de cambio de fase, amarillo mas todo rojo (segundos)

t = tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1 seg.)

v = Velocidad de aproximación de los vehículos (segundos)

a = tasa de desaceleración (valor usual 3.05 m/s^2)

W = ancho de la intersección (m)

L = Longitud del vehículos (Valor típico 6.10 m)

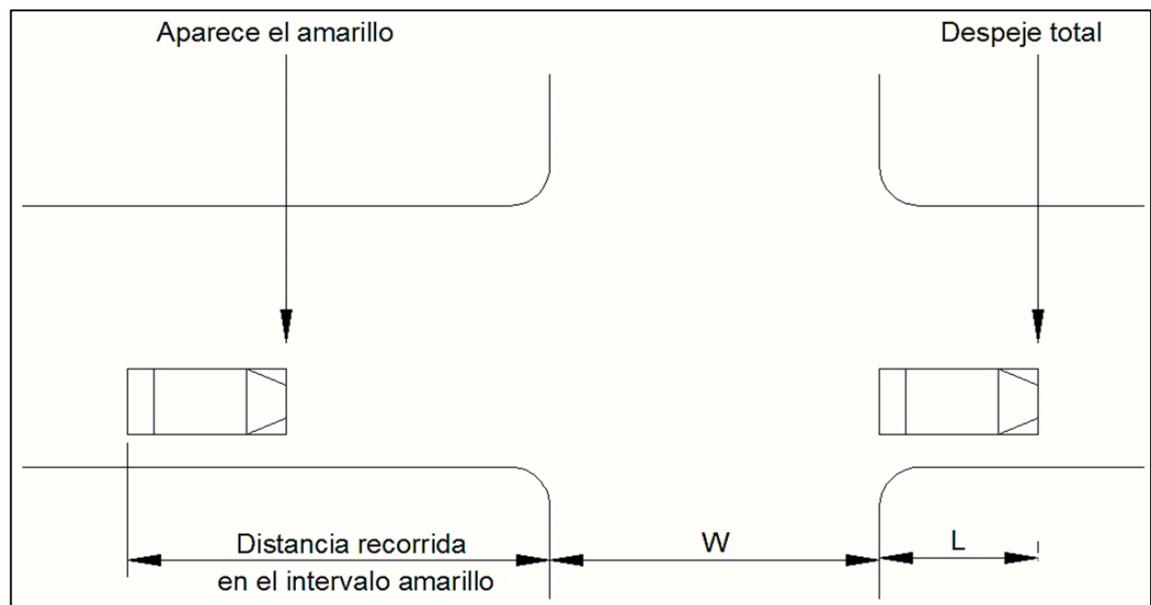


Figura 95: Intervalo de cambio de fase

En la figura 95 se puede apreciar gráficamente la definición de las variables de la ecuación 45. Los dos primeros términos de dicha ecuación, identifican el intervalo de cambio de amarillo, y el tercer término, se asocia al intervalo de despeje todo rojo.

4.3.4 Longitud del ciclo

Según investigaciones de F.V. Webster con base en algunas observaciones de campo y simulaciones en múltiples condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima para una intersección semaforizada, se puede obtener para la siguiente longitud de ciclo óptimo:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} (Y_i)} \quad (46)$$

Donde,

C_o = *Tiempo óptimo del ciclo*

L = *Tiempo total perdido por ciclo (segundos)*

Y_i = *Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i.*

φ = *Número de fases*

El intervalo de valores aceptables para la longitud de un ciclo determinado, está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo, para el cual las demoras no serán mayores en más del 10% al 20% de la demora mínima.

4.3.5 Vehículos Equivalentes

Con el fin de reflejar las condiciones reales de tránsito, como su composición vehicular (debido a que por las intersecciones no solamente transitan vehículos livianos, sino también pesados), además de la distribución de los movimientos en cada acceso (giros a la derecha e izquierda), es necesario introducir factores de equivalencia.

Para ello, se utilizarán las siguientes expresiones:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (47)$$

Donde,

f_{HV} = *Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados*

P_T = *Porcentaje de camiones en la corriente vehicular*

E_T = *Automóviles equivalentes a un camión*

P_B = *Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular*

E_B = *Automóviles equivalentes a un autobus*

P_R = *Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular*

E_R = *Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo*

Los vehículos pesados necesitan más tiempo para desalojar la intersección (por su longitud y menor poder de desaceleración). Para intersecciones, la metodología del HCM2000 utiliza 2.0 automóviles equivalentes para vehículos pesados (camiones y buses).

Los vehículos que realizan las maniobras para los giros en cada acceso a la intersección (ya sea a la derecha o a la izquierda), utilizan más tiempo que aquellos que siguen de frente, por lo que también es necesario realizar un ajuste por movimiento de vuelta, mediante los respectivos valores que se muestran en las tablas 53 y 54.

Tabla 53: AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES PARA VUELTAS A LA IZQUIERDA, E_{VI}

Flujo opuesto (veh/h)	Número de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1,1	1,1	1,1
200	2,5	2,0	1,8
400	5,0	3,0	2,5
600	10,0	5,0	4,0
800	13,0	8,0	6,0
1000	15,0	13,0	10,0
>1200	15,0	15,0	15,0
Para vueltas hacia la izquierda protegidas:			EVI=1,05

(Fuente: Roess, Prassas and Mcshane. Traffic Engineering. 2004)

Tabla 54: AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES PARA VUELTAS A LA DERECHA, E_{VD}

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones/hora)	Equivalente
Ninguno (0)	1,18
Bajo (50)	1,21
Moderado (200)	1,32
Alto (400)	1,52
Extremo (800)	2,14

(Fuente: Roess, Prassas and Mcshane. Traffic Engineering. 2004)

Por otra parte, los volúmenes horarios de máxima demanda o de hora pico (VHMD), deben ser convertidos a tasas de flujo, a través del factor horario de máxima demanda o factor de hora pico (FHMD). De tal manera que los volúmenes horarios mixtos (VHMD), se convierten a flujos de automóviles directos equivalentes por hora, mediante la siguiente expresión.

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{V(I,D)}) \quad (48)$$

Donde,

q_{ADE} = Flujos de automóviles directos equivalentes por hora

$VHMD =$ Volumen horario de máxima demanda o de hora pico

$FHMD =$ Factor horario de máxima demanda o de hora pico

$f_{HV} =$ Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

$E_{V(I, \phi D)} =$ Automóviles directos equivalentes para vueltas a la izquierda o derecha

4.3.6 Flujo de saturación y tiempo perdido

Cuando el semáforo cambia a verde, la cantidad de vehículos adquieren el derecho de paso se incrementa a una tasa llamada flujo de saturación, S , la cual se mantiene constante hasta que se desaloje toda la fila, o hasta que el verde se termine. La tasa de vehículos es menor durante los primeros segundos, hasta que adquieran una velocidad normal; asimismo, al final del verde, la tasa de vehículos también se reduce debido a la disminución de la velocidad que experimentan.

El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que puedan salir del acceso a la intersección, cuando existen filas y aún al final del verde no se ha disipado totalmente.

En este caso, existe un período de verde completamente saturado.

El tiempo total perdido para un ciclo semafórico se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$L = \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) \quad (49)$$

Donde,

$L =$ Tiempo total perdido por ciclo

$A_i =$ Intervalo amarillo

$TR_i =$ Intervalo todo rojo

$\phi =$ Número de fases

Asignación de Tiempos Verdes

El tiempo verde efectivo total del cual se dispone por ciclo para todos los accesos de la intersección, está dado por:

$$g_T = C - L \quad (50)$$

$$g_T = C - \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) \quad (51)$$

Donde,

$g_T =$ Tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

$C =$ Longitud actual del ciclo (redondeando C_0 a los 5 segundos más cercanos)

$A_i =$ Intervalo amarillo

$TR_i =$ Intervalo todo rojo

$\varphi = \text{Número de fases}$

Con el fin de obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T , debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de Y_i , de la siguiente manera:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} (Y_i)} (g_T) \quad (52)$$

$$g_i = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}} \quad (53)$$

Donde,

$g_i = \text{Tiempo de verde efectivo para cada fase } i$

$Y_i = \text{Valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase } i$

Finalmente, el tiempo verde real para cada fase i se obtiene mediante:

$$G_i = g_i + I_i - A_i - TR_i \quad (54)$$

O lo que resulta lo mismo, para φ fases:

$$G_1 = g_1 + I_1 - A_1 - TR_1 \quad (55)$$

$$G_2 = g_2 + I_2 - A_2 - TR_2 \quad (56)$$

$$G_{\varphi} = g_{\varphi} + I_{\varphi} - A_{\varphi} - TR_{\varphi} \quad (57)$$

Donde,

$G_{\varphi} = \text{Tiempo de verde real para la fase } \varphi$

$g_{\varphi} = \text{Tiempo de verde efectivo para la fase } \varphi$

$I_{\varphi} = \text{Tiempo perdido durante la fase } \varphi$

$$I_i = y_i \quad (58)$$

Donde,

$y_i = \text{Intervalo de cambio de fase (Calculado en paso \# 1)}$

$A_{\varphi} = \text{Intervalo amarillo para la fase } \varphi$

$TR_{\varphi} = \text{Intervalo todo rojo para la fase } \varphi$

4.4 PROPUESTAS DE REFORMAS

Del capítulo anterior, al analizar las intersecciones se demuestran que cuatro de las cinco intersecciones necesitan alguna reforma para mejorar el nivel de servicio, sea con reformas geométricas o mejoramiento de fases semaforicas que en la actualidad están operando. Para ello revisamos el siguiente cuadro de decisión para realizar las reformas necesarias.

Tabla 55: CUADRO DE DECISIÓN PARA REFORMAS

INTERSECCION	CLASE DE INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO ACTUAL	REFORMA A REALIZAR
Av. Unidad Nacional y Calle del Batán	<i>SEMAFORIZADA</i>	<i>B</i>	<i>MEJORAR ENTRADAS</i>
Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo	<i>ROTATORIA</i>	<i>C</i>	<i>AMPLIAR VIA ROTATORIA</i>
Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha	<i>SEMAFORIZADA</i>	<i>C</i>	<i>MEJORAR ENTRADAS</i>
Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas	<i>NO SEMAFORIZADA</i>	<i>F</i>	<i>SEMAFORIZAR</i>
Av. Unidad Nacional y Av. México	<i>ROTATORIA</i>	<i>B</i>	<i>AMPLIAR VIA ROTATORIA</i>

4.4.2 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Para esta intersección, proponemos realizar una modificación en el ingreso de las dos vías secundarias correspondientes a la Calle del Batán de manera que el ingreso sea de dos carriles y la salida de un solo carril. Esto es muy factible, pues tenemos un ancho de vía de 10 metros, suficientes para dividir en tres carriles de 3.30 metros cada uno, ancho permitido por el manual Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000). Por otra parte, también será necesario modificar las fases de semaforización, esto lo conseguiremos mediante el uso del software para que nos recomiende la mejor fase de semaforización óptima para dicha intersección. Por lo tanto, la propuesta para esta intersección se presenta de la siguiente manera.

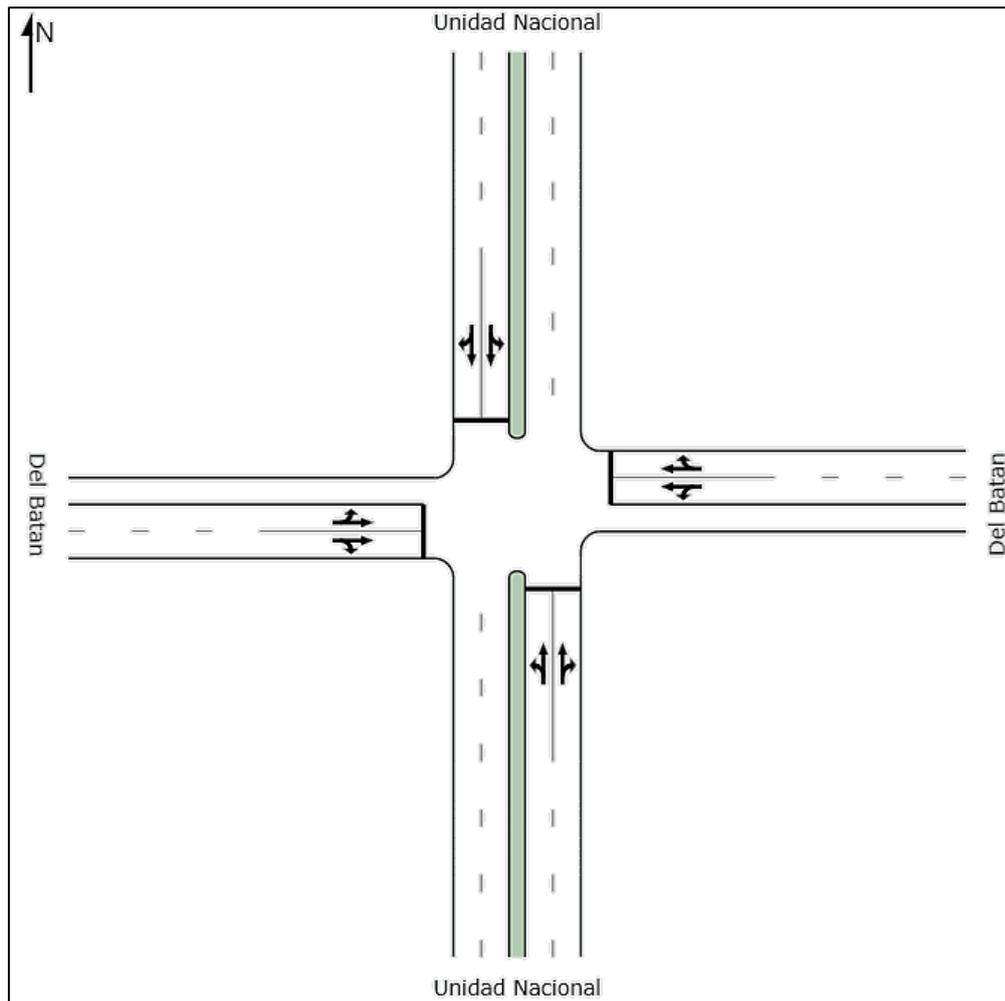


Figura 96: Propuesta intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

4.4.3 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

En esta intersección al ser rotatoria, existen varias propuestas para realizar, de las cuales vamos presentando y evaluando su mejora en nuestro principal objetivo que es el nivel de servicio, pero además contemplaremos la factibilidad que representarían esas modificaciones.

4.4.3.1 Intersección rotatoria semaforizada

Esta es nuestra primera propuesta para esta intersección, de bajo impacto al estado actual, sin embargo la aplicación de esta configuración sería la primera en realizarse en nuestra ciudad y por lo tanto causaría mucha confusión entre los usuarios; por otro lado, este sistema resulta un tanto costoso para su uso debido a que necesita del accionamiento inteligente mediante un software que precise en tiempo real un conteo en una aproximación predeterminada. Este sistema aplica el concepto de dar paso libre a la vía con mayor flujo vehicular que en este caso es la Av. Remigio Crespo y controlado

a la otra vía que es la Av. Unidad Nacional, con un sensor para realizar el conteo en el acceso norte de esta vía y un controlador semafórico en la parte sur de la misma vía. A continuación presentamos gráficamente su configuración.

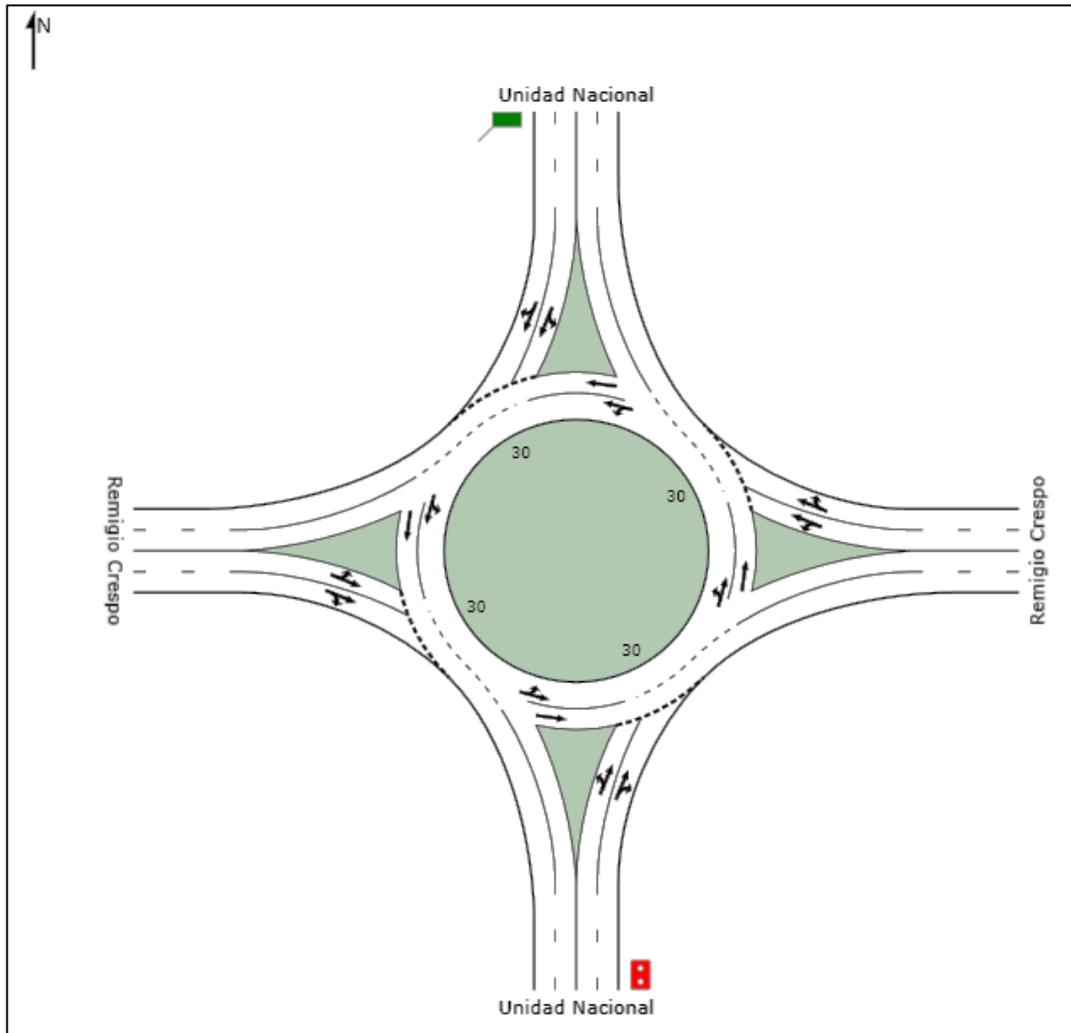


Figura 97: Propuesta intersección rotatoria semaforizada
Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.3.2 Intersección semaforizada

Continuando con la segunda propuesta, otra opción sería la de eliminar el redondeo para semaforizar la intersección, aunque esta es desechada desde el inicio debido a la imposibilidad de reubicar al monumento que se encuentra alojado en el redondeo conocido como “Los Tótems”, entregado a la ciudad por parte del ceramista Eduardo Vega, autor de la obra, en calidad de donación en el año de 1992 y por lo tanto inamovible de su ubicación. Desde el punto de vista técnico, es evidente que los niveles de servicio presentarán menor capacidad a comparación de una intersección rotatoria, debido a que la fluidez y tiempos de espera para poder cruzar dicha intersección serían más largos. A continuación presentamos la gráfica de la modificación que se presenta como nuestra segunda propuesta para esta intersección.

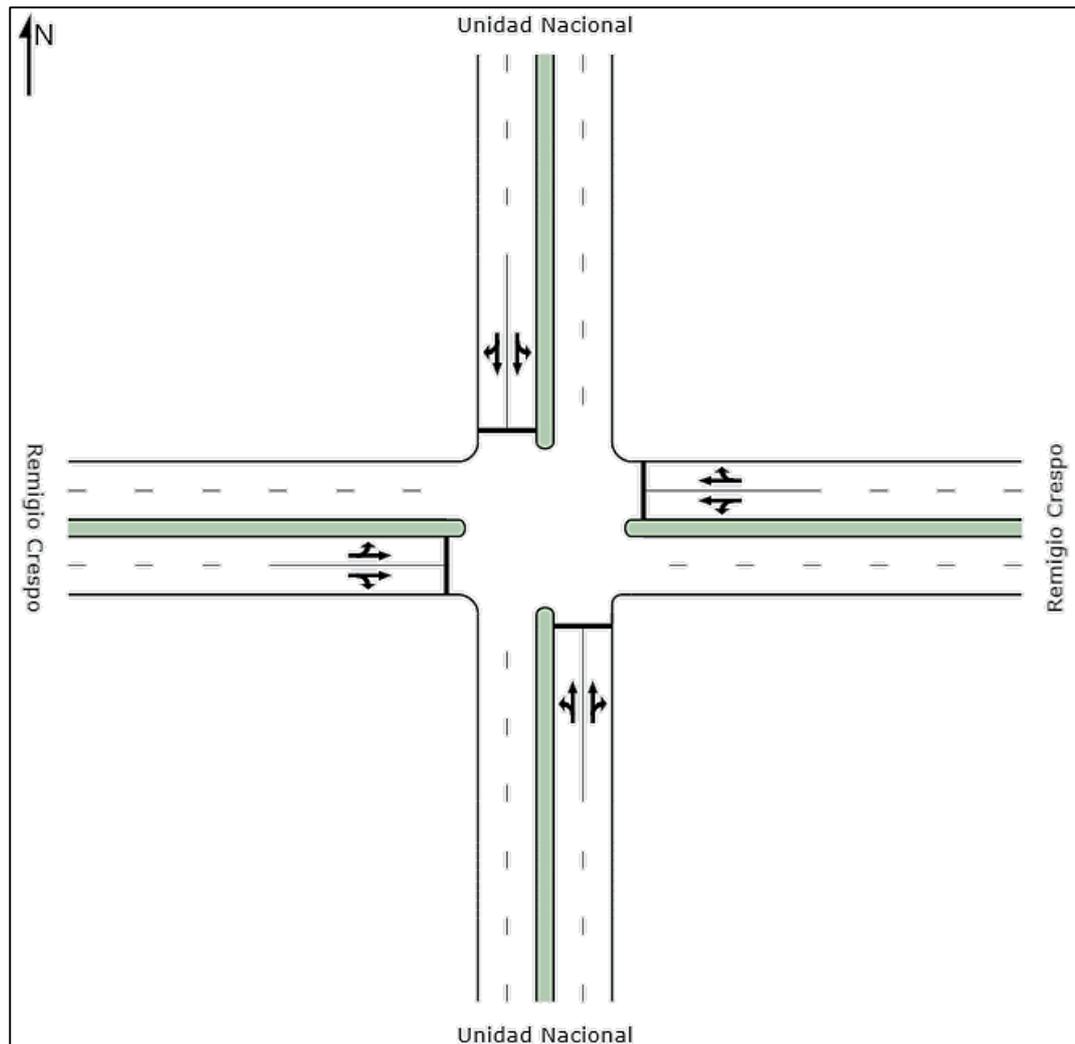


Figura 98: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo
(Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.3.3 Intersección rotatoria ampliada

Como última propuesta para esta intersección, presentamos la ampliación de la misma, manteniendo los anchos de carriles de 5 metros en la zona rotatoria pero con la ampliación a tres carriles, fácilmente ejecutable geométricamente, pues en la actualidad el redondel presenta un diámetro máximo de 30 metros, el cual sería modificado a 20 metros. Además en sus vías de ingreso a la intersección se puede modificar para también ensanchar la vía para que se ubiquen tres carriles de 3.20 metros de ancho, permitidos según el manual Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000); manteniendo además dos carriles del mismo ancho, 3.20 metros, en sus respectivas salidas. Con esta modificación geométrica se obtiene un mejor nivel de servicio para las vías de ingreso como para el nivel de servicio general de la intersección y lo demostraremos

posteriormente en el desarrollo del presente capítulo. A continuación presentamos la gráfica de la propuesta

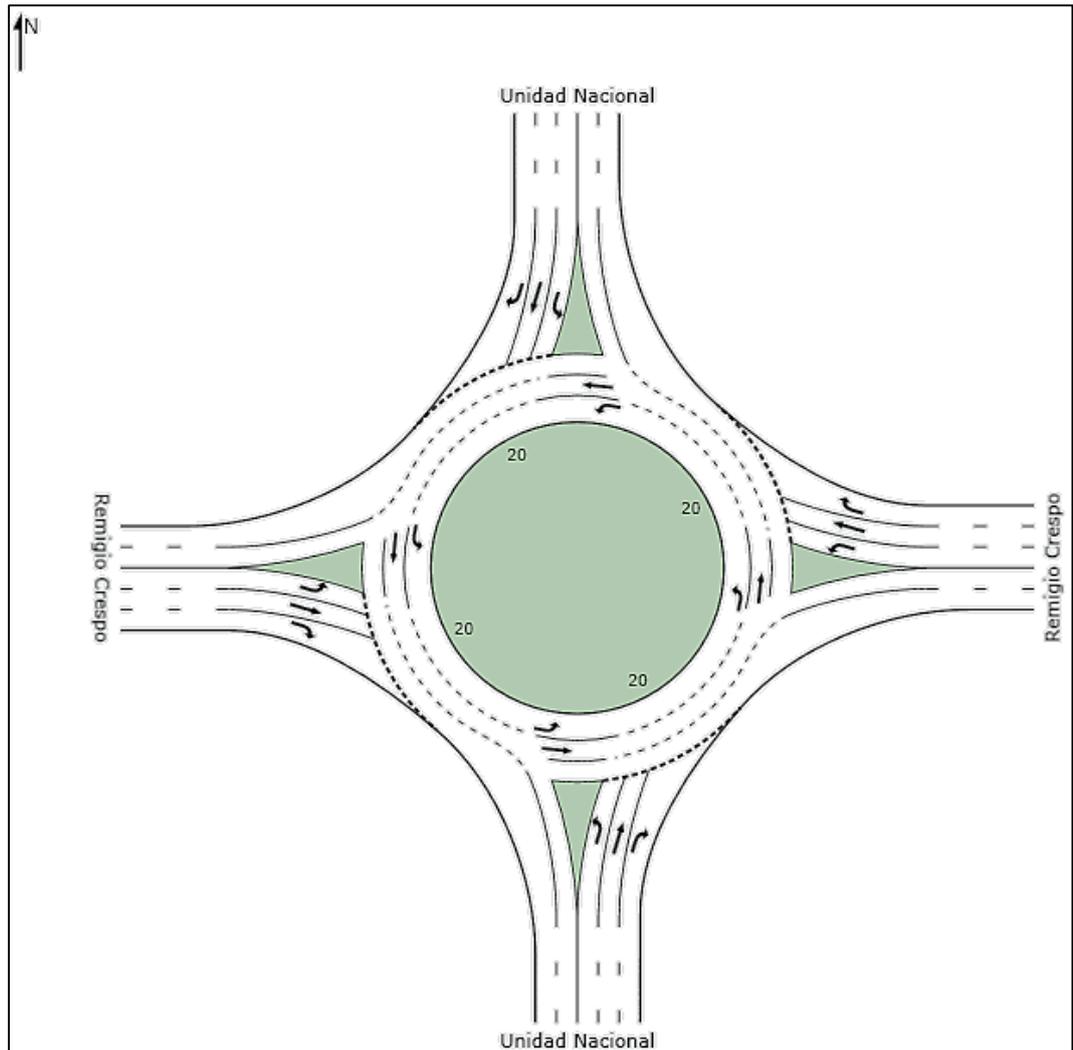


Figura 99: Propuesta intersección rotatoria ampliada Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.4 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Al igual que la intersección con la Calle del Batán, en ésta sugerimos una propuesta de mejorar el nivel de servicio de la Av. Pichincha ampliando a dos carriles su ingreso y uno de salida, con un ancho por carril de 3.70 metros y con restricción de estacionamiento, además obedeciendo al poco flujo de tráfico que ingresa a la intersección por la Calle Azuay, hemos visto factible asignar a esta vía como únicamente salida con dos carriles de 4.00 metros de ancho respectivamente.

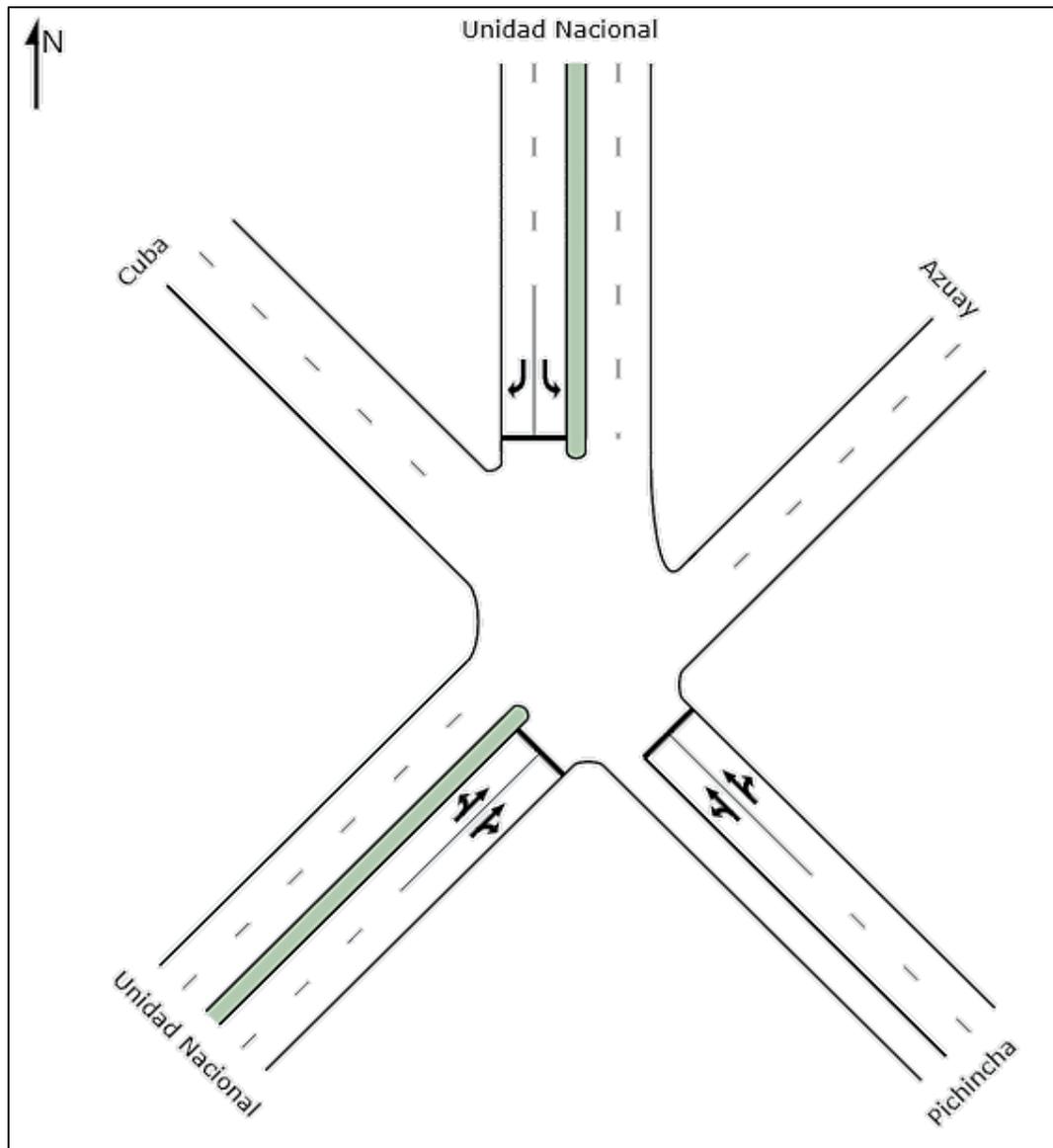


Figura 100: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 28 de octubre de 2013)

De esta manera, la intersección solo tendrá tres brazos de ingreso (Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha) y dos brazos de salida (Calle Cuba y Calle Azuay), su configuración quedaría de la siguiente manera.

4.4.5 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

Esta intersección, como ya lo hemos evaluado, necesita una urgente intervención para mejorar su nivel de servicio y como lo anticipamos proponemos una semaforización de la misma con fases fijas para homologar con las otras dos intersecciones presentes en el corredor. Además proponemos ampliar a dos carriles los ingresos por la Av.

Amazonas, dejar solo un carril de salida por la misma vía y restringir el estacionamiento en dichas vías; estos carriles tendrán un ancho de 3.30 metros. Por lo tanto presentamos nuestra propuesta a continuación.

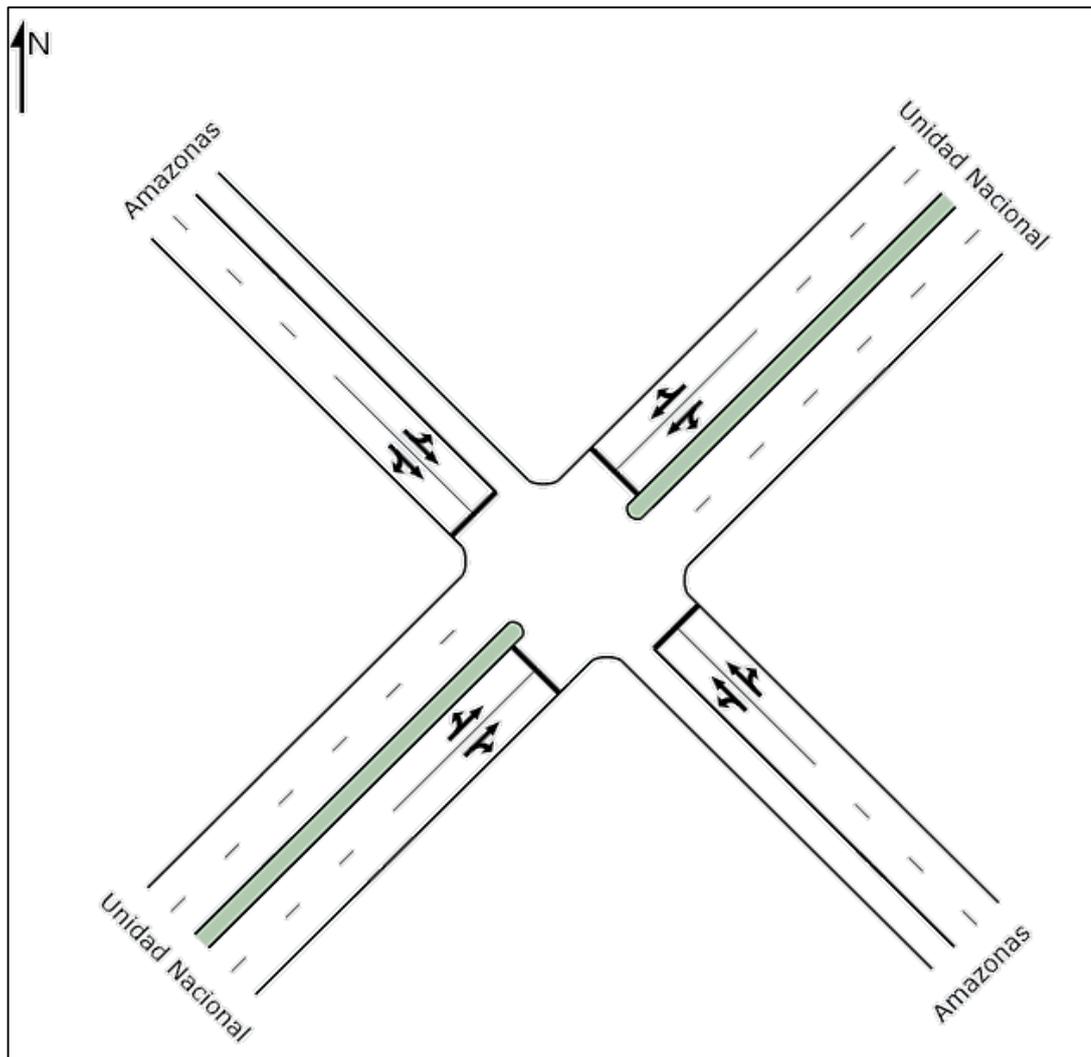


Figura 101: Propuesta intersección semaforizada
Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.6 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

Por último, para la intersección rotatoria con la Av. México presentamos las mismas propuestas que las realizamos para la intersección rotatoria con la Av. Remigio Crespo, las consideraciones efectuadas son iguales, por lo tanto.

4.4.6.1 Intersección rotatoria semaforizada

Para esta propuesta, asignamos al acceso que resulta de la prolongación de la Av. 10 de Agosto el paso libre, por razones de su disminuida longitud de vía; al ingreso que corresponde a la Av. Unidad Nacional colocamos el módulo de conteo de tráfico, por ser el de mayor tráfico afluente y por ultimo acceso que corresponde a la Av. México

asignamos el sistema de control semafórico, entonces su configuración se presenta a continuación.

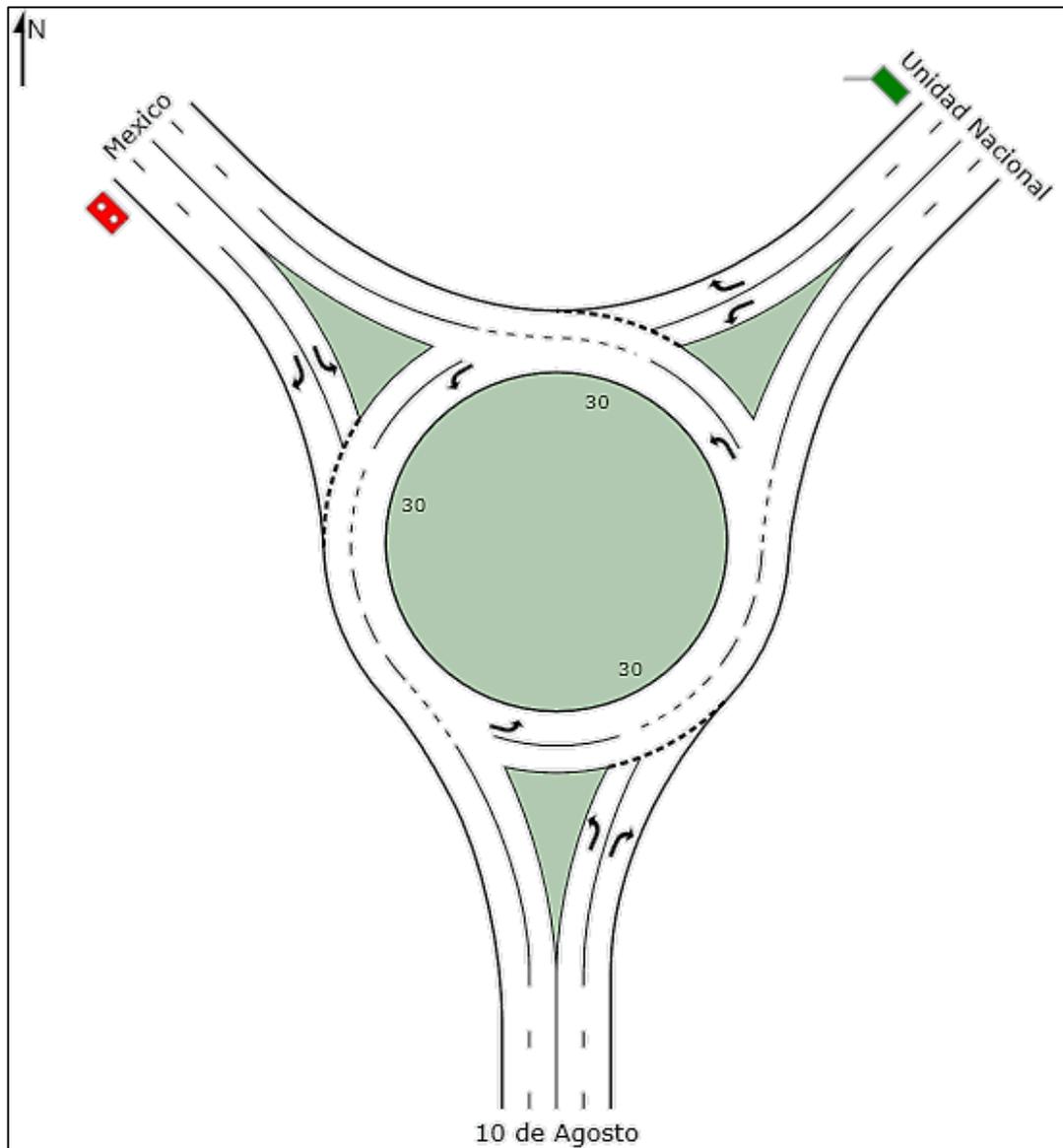


Figura 102: Propuesta intersección rotatoria semaforizada
Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.6.2 Intersección semaforizada

Continuando con la segunda propuesta, otra opción sería la de eliminar el redondeo para semaforizar la intersección. A pesar de que ya anticipamos un bajo resultado con respecto a sus niveles de servicio, principalmente afectado por los giros izquierdos que se tendrían que realizar aplicando esta configuración. A continuación presentamos esta configuración.

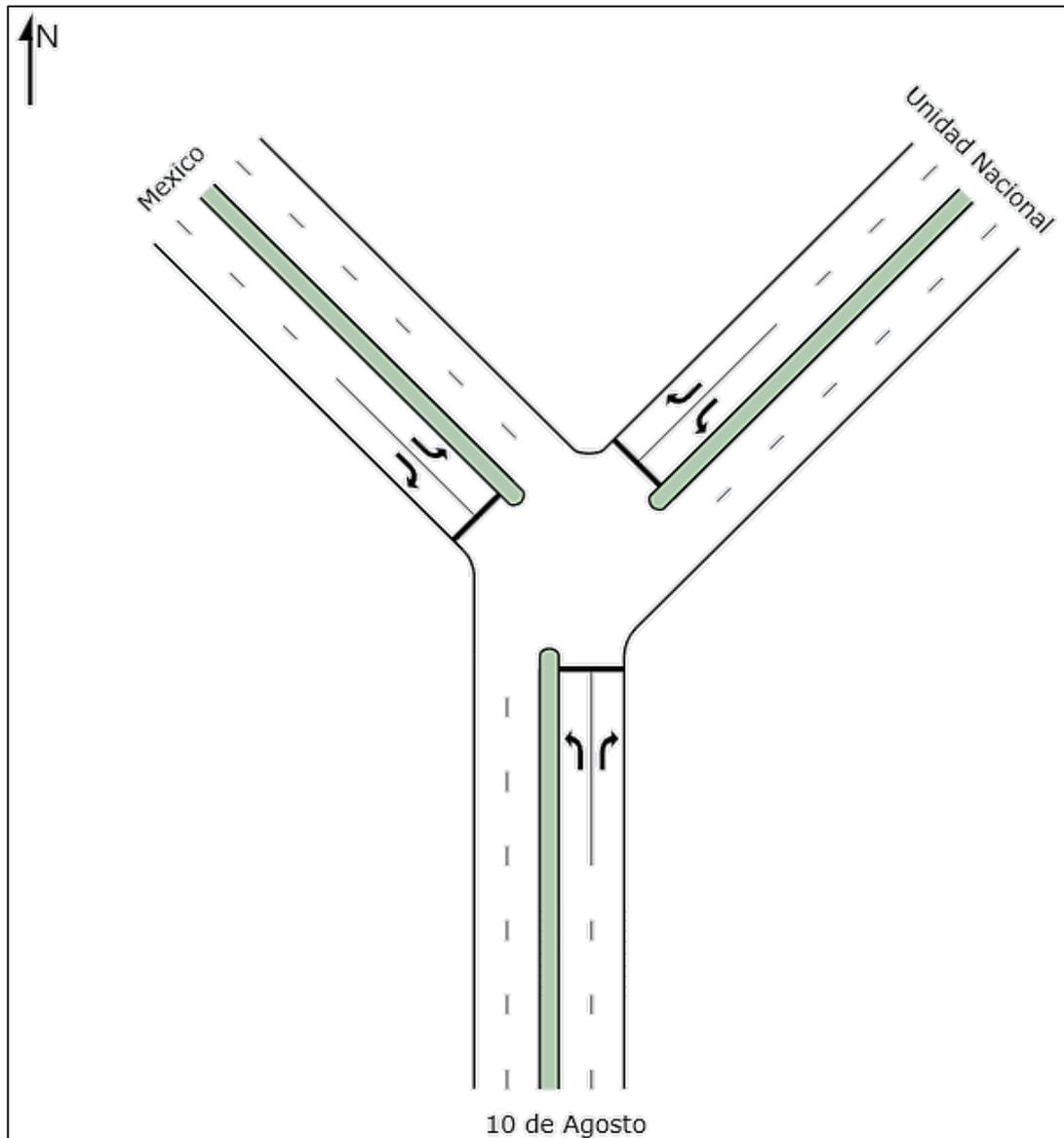


Figura 103: Propuesta intersección semaforizada Av. Unidad Nacional y Av. México

(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.4.6.3 Intersección rotatoria ampliada

Como última propuesta para esta intersección, presentamos la ampliación de la misma, manteniendo los anchos de carriles de 5 metros en la zona rotatoria pero con la ampliación a tres carriles, fácilmente ejecutable geométricamente, pues en la actualidad el redondel presenta un diámetro máximo de 30 metros, el cual sería modificado a 20 metros. Además en sus vías de ingreso a la intersección se puede modificar para también ensanchar la vía para que se ubiquen tres carriles de 3.20 metros de ancho, permitidos según el manual Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000); manteniendo además dos carriles del mismo ancho, 3.20 metros, en sus respectivas salidas. Con esta modificación geométrica se obtiene un mejor nivel de servicio para las vías de ingreso como para el nivel de servicio general de la intersección y lo demostraremos

posteriormente en el desarrollo del presente capítulo. A continuación presentamos la gráfica de la propuesta.

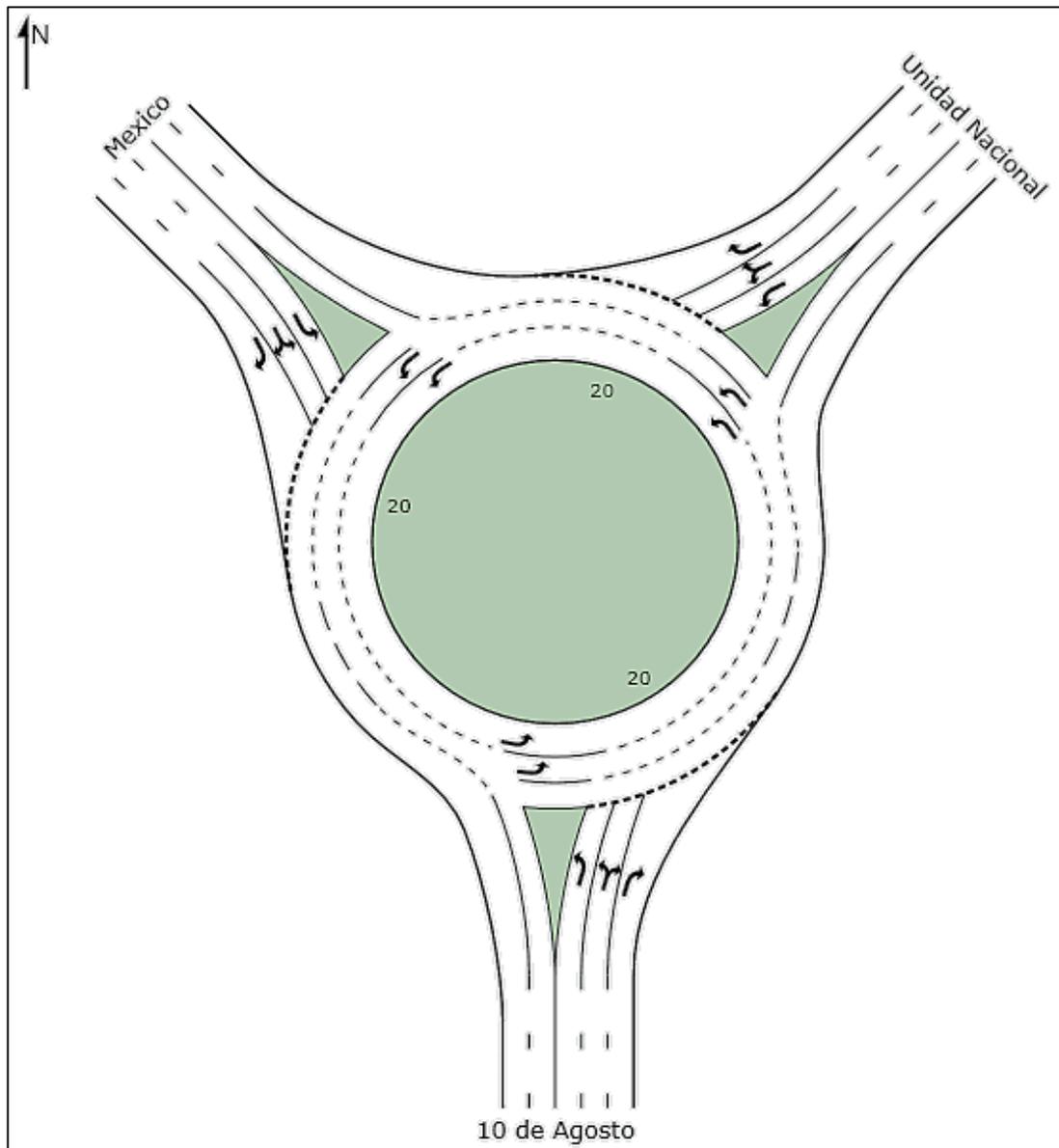


Figura 104: Propuesta intersección rotatoria ampliada

Av. Unidad Nacional y Av. México (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

4.5 EVALUACION DE PROPUESTAS

4.5.2 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Realizando la corrida de los mismos datos que ocupamos anteriormente en esta intersección pero con las modificaciones explicadas, el programa nos presenta los siguientes resultados.

LANE SUMMARY														Site: Del Batan Corregida			
Unidad Nacional y Del Batán																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 30 seconds (Optimum Cycle Time - Minimum Delay)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m					
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	45	512	0	558	4.9	888	0.628	100	8.8	LOS A	6.8	50.2	50	-	0.0	5.4	
Lane 2	0	467	72	539	4.7	859	0.628	100	8.9	LOS A	6.6	48.6	50	-	0.0	2.4	
Approach	45	979	72	1097	4.8		0.628		8.9	LOS A	6.8	50.2					
East: Del Batan																	
Lane 1	44	197	0	241	0.9	418	0.577	100	15.9	LOS B	3.5	25.0	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	149	149	0.5	374	0.397	69 ⁵	12.8	LOS B	2.0	14.0	50	-	0.0	0.0	
Approach	44	197	149	390	0.8		0.577		14.7	LOS B	3.5	25.0					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	31	393	0	424	6.0	879	0.483	100	6.8	LOS A	4.5	33.7	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	355	55	410	6.0	849	0.483	100	6.9	LOS A	4.4	32.6	50	-	0.0	0.0	
Approach	31	748	55	834	6.0		0.483		6.9	LOS A	4.5	33.7					
West: Del Batan																	
Lane 1	59	131	0	190	2.7	396	0.480	100	14.1	LOS B	2.6	19.0	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	143	143	1.2	367	0.391	81 ⁵	12.8	LOS B	1.9	13.6	50	-	0.0	0.0	
Approach	59	131	143	333	2.0		0.480		13.5	LOS B	2.6	19.0					
Intersection				2654	4.2		0.628		9.7	LOS A	6.8	50.2					
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).																	
Lane LOS values are based on average delay per lane.																	
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.																	
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.																	
5 Lane underutilisation determined by program																	
Processed: Saturday, December 14, 2013 12:08:09 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd																	
SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com																	
Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip																	

Figura 105: Resultados propuesta intersección Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 28 de octubre de 2013)

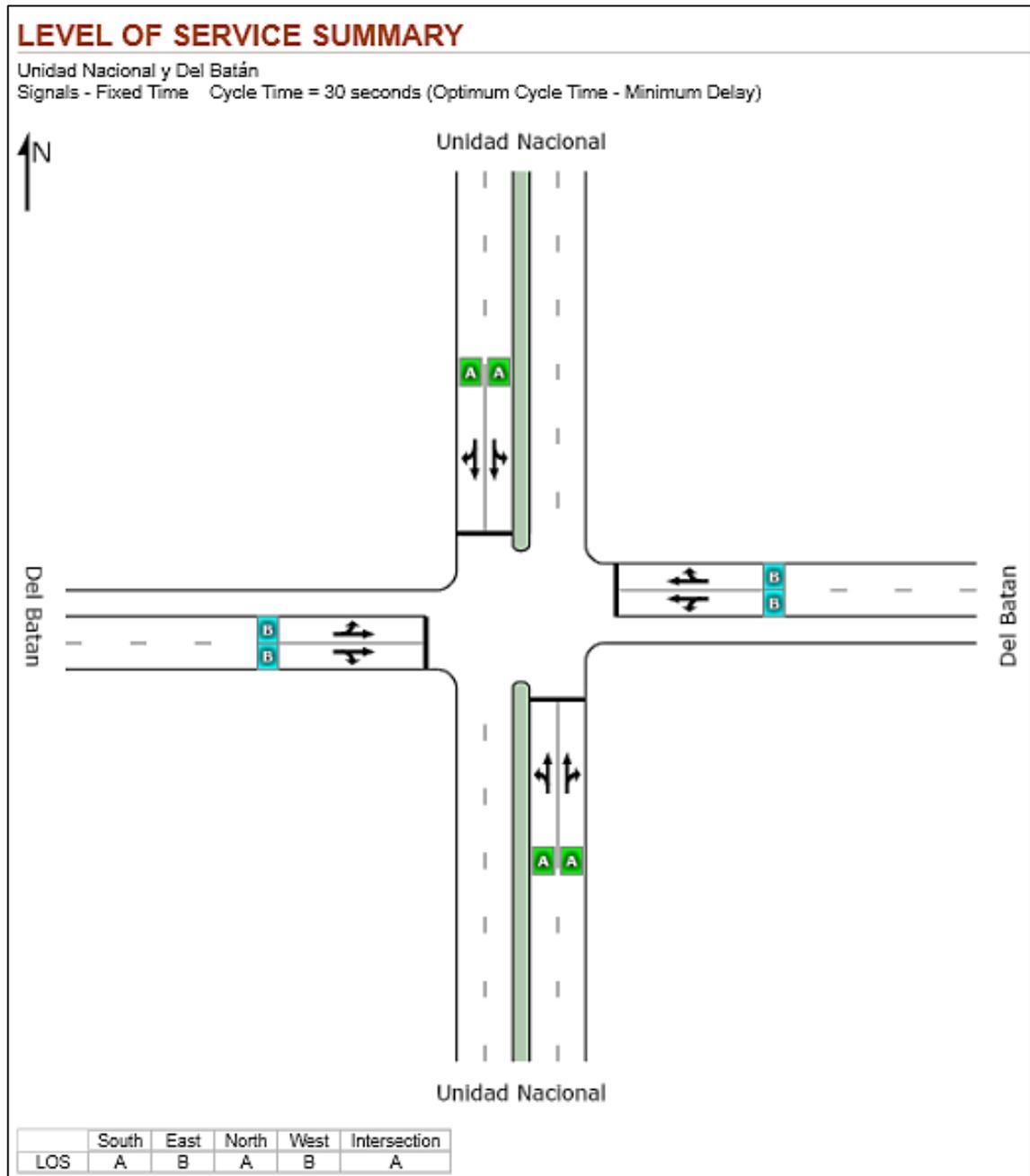


Figura 106: Niveles de servicio propuesta intersección Calle del Batán

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 30 de octubre de 2013)

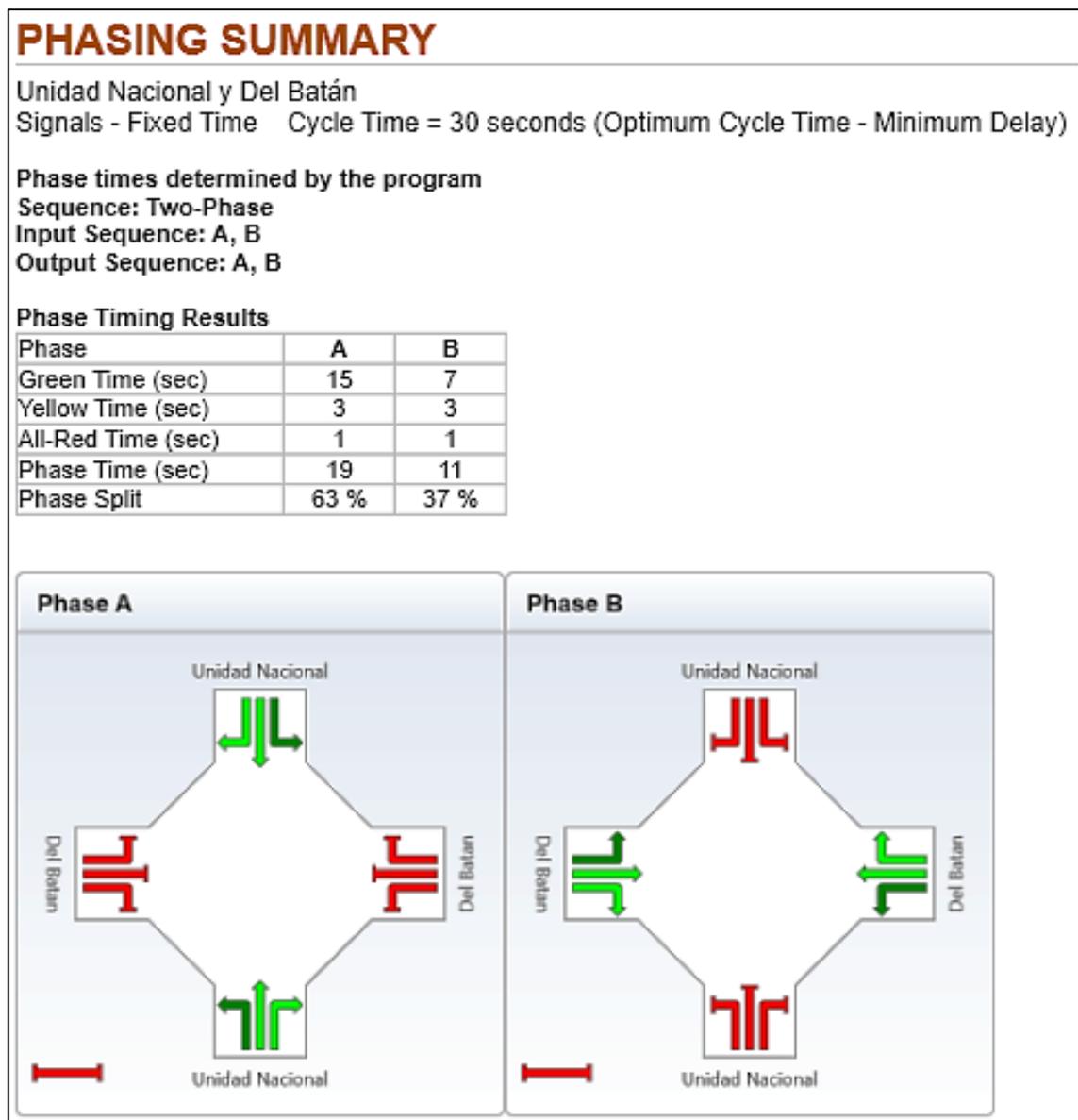


Figura 107: Fase semafórica propuesta intersección Calle del Batán

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 30 de octubre de 2013)

Buen resultado esperado, se mejora el nivel de servicio global de la intersección a “A” y también mejoramos la fase semafórica para obtener mejor fluidez del tráfico.

4.5.3 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

Realizando la misma metodología de cálculo por medio de software pero aplicando las modificaciones, tenemos.

4.5.3.1 Intersección rotatoria semaforizada

LANE SUMMARY														Site: Remigio Crespo - Redondel Semaforizado			
Unidad Nacional y Remigio Crespo Roundabout Metering																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Vehicles veh	Queue Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h														
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	193	336	0	530	3.3	504	1.051	100	138.8	LOS F	58.0	419.2	50	-	0.0	100.0	
Lane 2	0	441	235	675	2.9	643	1.051	100	129.8	LOS F	73.3	527.8	50	-	0.0	100.0	
Approach	193	777	235	1205	3.0		1.051		133.7	LOS F	73.3	527.8					
East: Remigio Crespo																	
Lane 1	275	182	0	457	2.4	653	0.699	100	11.5	LOS B	5.8	41.5	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	352	230	583	2.6	833	0.699	100	9.4	LOS A	6.2	44.9	50	-	0.0	1.9	
Approach	275	534	230	1040	2.5		0.699		10.3	LOS B	6.2	44.9					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	271	216	0	487	2.1	581	0.838	100	17.0	LOS B	8.8	62.7	50	-	0.0	12.1	
Lane 2	0	511	97	608	3.3	726	0.838	100	14.9	LOS B	9.9	71.6	50	-	0.0	16.9	
Approach	271	727	97	1095	2.8		0.838		15.8	LOS B	9.9	71.6					
West: Remigio Crespo																	
Lane 1	125	233	0	358	4.1	430	0.833	100	20.3	LOS C	7.2	52.3	50	-	0.0	6.3	
Lane 2	0	326	158	484	3.9	581	0.833	100	17.5	LOS B	8.6	62.8	50	-	0.0	12.2	
Approach	125	559	158	841	4.0		0.833		18.7	LOS B	8.6	62.8					
Intersection				4181	3.0		1.051		49.0	LOS D	73.3	527.8					
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000). Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections. Lane LOS values are based on average delay per lane. Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes. Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard. SIDRA Standard Delay Model used.																	

Figura 108: Resultados propuesta intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 30 de octubre de 2013)

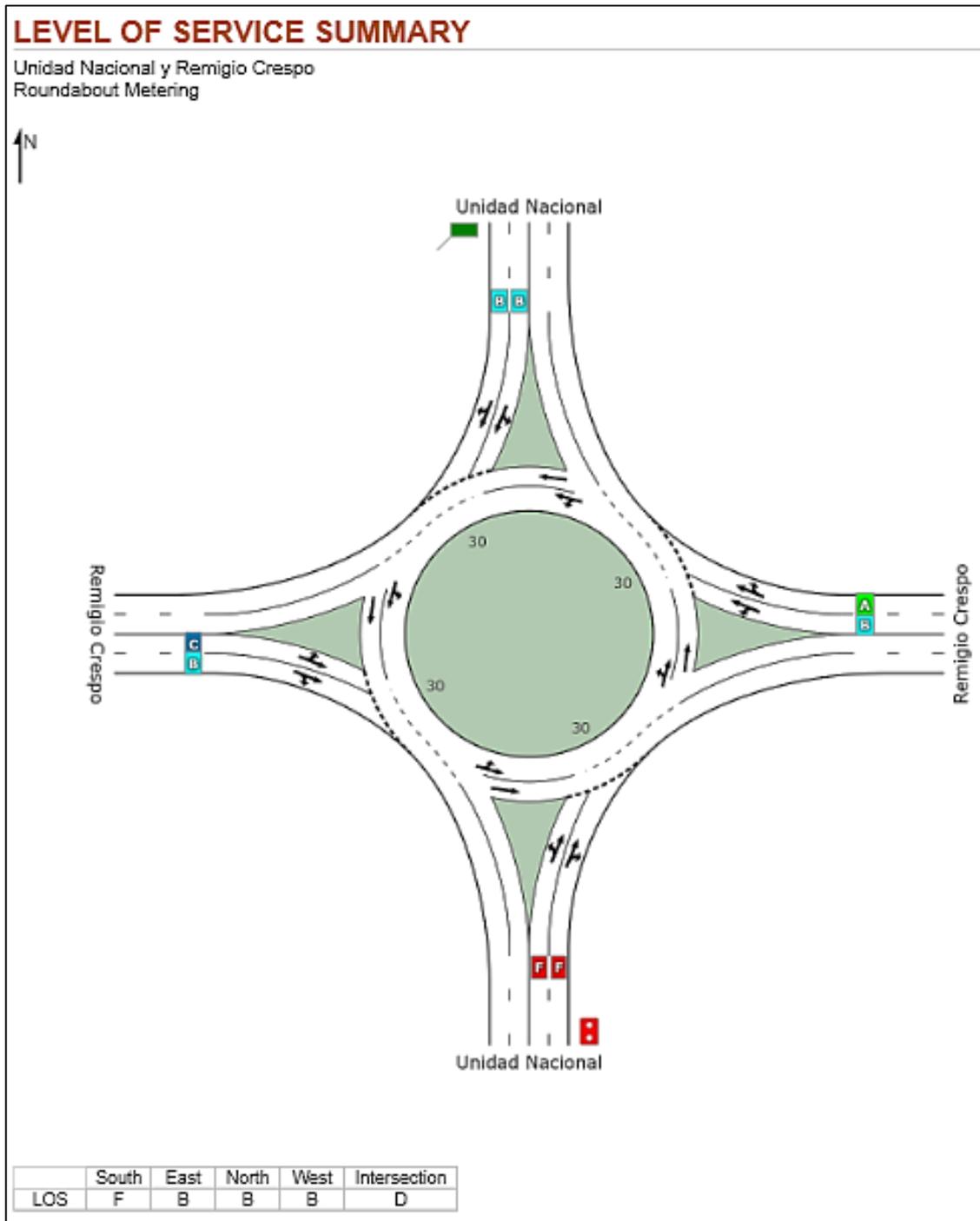


Figura 109: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo
(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 30 de octubre de 2013)

ROUNABOUT METERING

Unidad Nacional y Remigio Crespo
Roundabout Metering

Metering Signal Control Settings

Timing Method	Optimum Cycle Time
	Phase times determined by the program
Cycle Time (sec)	100

	Blank Phase	Red Phase
Blank or Red Time (sec)	87	3
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	2	2
Phase Time (sec)	92	8
Phase Split (%)	92	8

Metered Approach

Approach Name	Unidad Nacional
Approach Location	South
Red Time (Displayed)	10 sec
Blank Time (Displayed)	87 sec
Yellow Time	3 sec
Red Time (Effective)	13 sec
Blank Time (Effective)	87 sec
Blank Time Ratio	0.87

Figura 110: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

4.5.3.2 Intersección semaforizada

LANE SUMMARY														Site: Remigio Crespo - Semaforizado			
Unidad Nacional y Remigio Crespo																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 40 seconds (Practical Cycle Time)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total	HV	Cap.	Deg. Satn	Lane Util.	Average Delay	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length	SL Type	Cap. Adj.	Prob. Block.	
	L	T	R								Vehicles	Distance					
	veh/h	veh/h	veh/h	veh/h	%	veh/h	v/c	%	sec			veh	m	m		%	%
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	193	406	0	599	3.4	815	0.735	100	14.9	LOS B	11.3	82.0	50	-	0.0	50.5	
Lane 2	0	371	235	606	2.7	824	0.735	100	13.8	LOS B	10.5	75.4	50	-	0.0	42.6	
Approach	193	777	235	1205	3.0		0.735		14.3	LOS B	11.3	82.0					
East: Remigio Crespo																	
Lane 1	275	235	0	510	2.5	632	0.807	100	22.4	LOS C	11.3	80.7	50	-	0.0	49.0	
Lane 2	0	299	230	530	2.5	656	0.807	100	20.4	LOS C	10.6	75.8	50	-	0.0	43.1	
Approach	275	534	230	1040	2.5		0.807		21.4	LOS C	11.3	80.7					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	271	273	0	543	2.2	817	0.666	100	12.9	LOS B	9.5	68.0	50	-	0.0	33.1	
Lane 2	0	454	97	551	3.3	828	0.666	100	12.2	LOS B	9.1	65.7	50	-	0.0	29.9	
Approach	271	727	97	1095	2.8		0.666		12.6	LOS B	9.5	68.0					
West: Remigio Crespo																	
Lane 1	125	290	0	415	4.2	629	0.659	100	16.3	LOS B	7.8	56.8	50	-	0.0	16.5	
Lane 2	0	269	158	427	3.7	647	0.659	100	14.5	LOS B	7.1	51.4	50	-	0.0	7.5	
Approach	125	559	158	841	4.0		0.659		15.4	LOS B	7.8	56.8					
Intersection				4181	3.0		0.807		15.8	LOS B	11.3	82.0					

Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).
Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.
LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Figura 111: Resultados propuesta intersección semaforizada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

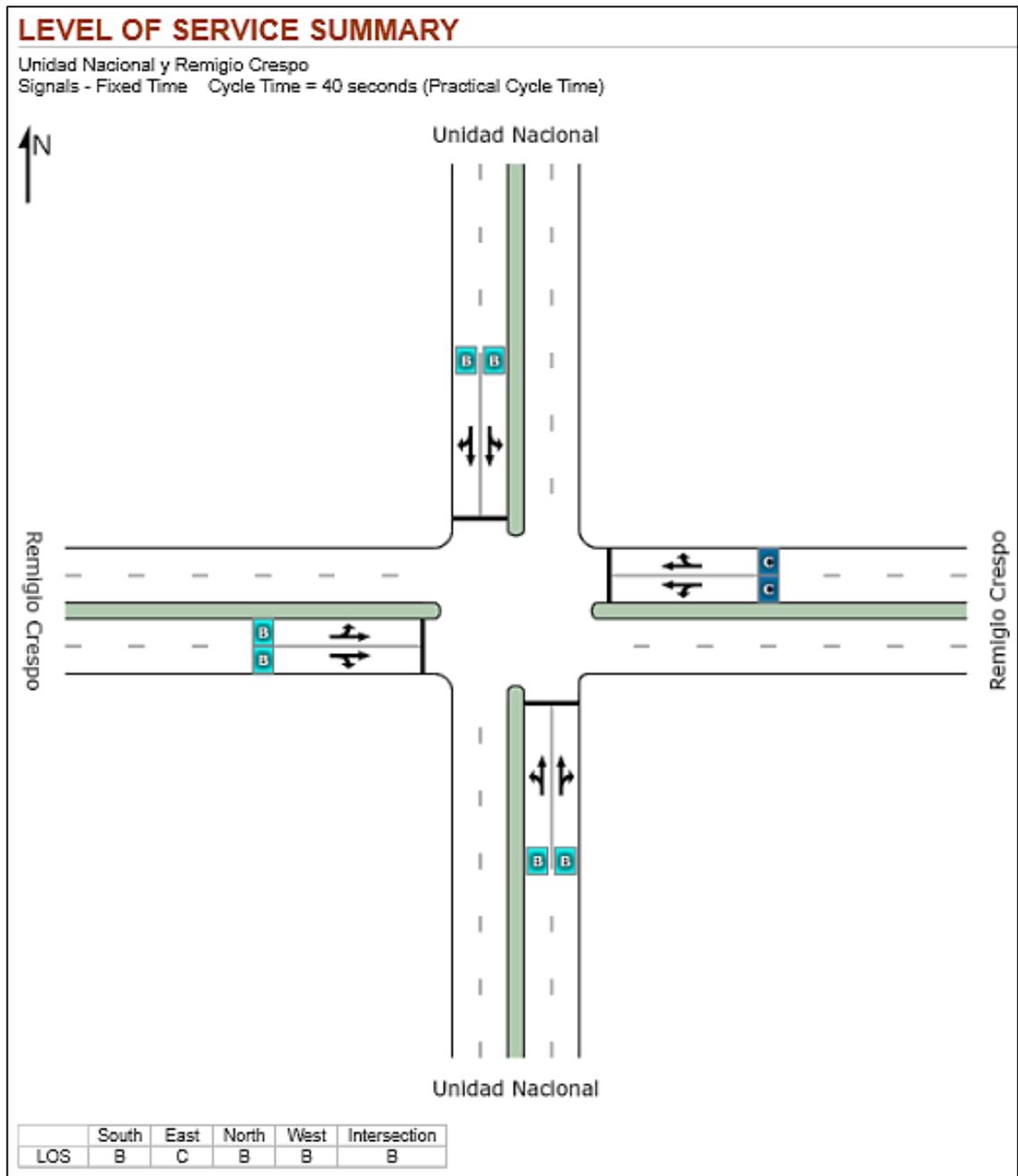


Figura 112: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Remigio Crespo

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

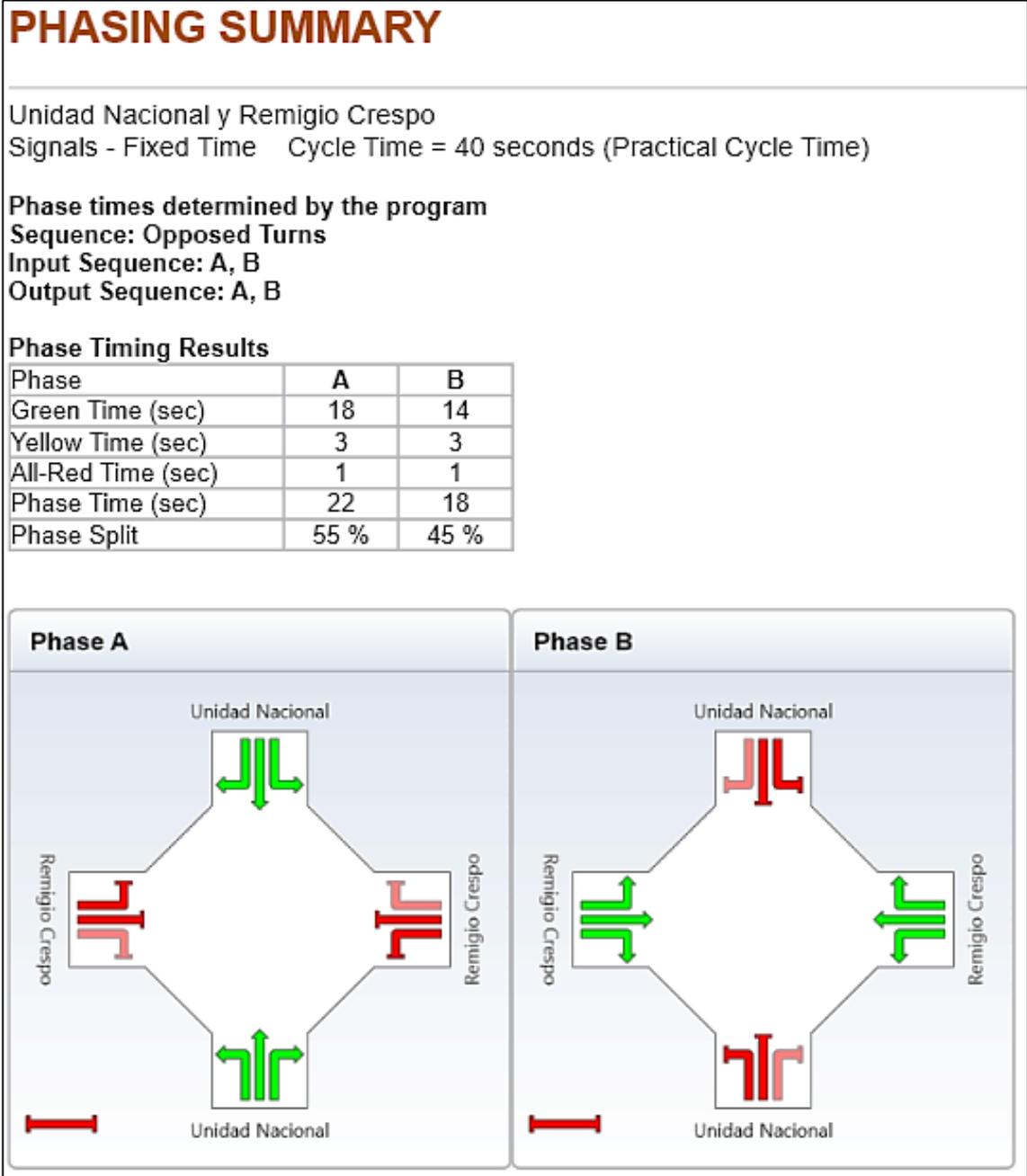


Figura 113: Fase semafórica intersección semaforizada Av. Remigio Crespo

(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

4.5.3.3 Intersección rotatoria ampliada

LANE SUMMARY															Site: Remigio Crespo - Redondel Corregida	
Unidad Nacional y Remigio Crespo Roundabout																
Lane Use and Performance																
	L	Demand Flows T	R	Total	HV	Cap.	Deg. Satn	Lane Util.	Average Delay	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles	Distance	Lane Length	SL Type	Cap. Adj.	Prob. Block.
	veh/h	veh/h	veh/h	veh/h	%	veh/h	v/c	%	sec		veh	m	m		%	%
South: Unidad Nacional																
Lane 1	193	240	0	433	3.1	643	0.674	100	10.5	LOS B	5.4	38.7	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	537	0	537	4.1	796	0.674	100	7.9	LOS A	5.9	42.7	100	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	235	235	0.6	608	0.388	57 ^a	6.2	LOS A	2.1	15.0	100	-	0.0	0.0
Approach	193	777	235	1205	3.0		0.674		8.5	LOS A	5.9	42.7				
East: Remigio Crespo																
Lane 1	275	84	0	359	2.0	582	0.617	100	10.2	LOS B	4.2	30.3	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	451	0	451	3.8	731	0.617	100	6.9	LOS A	4.7	33.8	100	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	230	230	0.8	562	0.410	66 ^a	6.4	LOS A	2.3	16.0	100	-	0.0	0.0
Approach	275	534	230	1040	2.5		0.617		7.9	LOS A	4.7	33.8				
North: Unidad Nacional																
Lane 1	271	176	0	446	1.9	636	0.702	100	11.1	LOS B	5.6	40.2	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	551	0	551	3.7	785	0.702	100	8.0	LOS A	6.2	44.7	100	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	97	97	1.4	512	0.190	27 ^a	5.9	LOS A	0.9	6.2	100	-	0.0	0.0
Approach	271	727	97	1095	2.8		0.702		9.1	LOS A	6.2	44.7				
West: Remigio Crespo																
Lane 1	125	172	0	297	3.9	490	0.605	100	11.8	LOS B	4.1	30.0	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	387	0	387	5.1	639	0.605	100	8.9	LOS A	4.6	34.2	100	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	158	158	1.3	478	0.330	54 ^a	7.4	LOS A	1.7	12.3	100	-	0.0	0.0
Approach	125	559	158	841	4.0		0.605		9.6	LOS A	4.6	34.2				
Intersection				4181	3.0		0.702		8.7	LOS A	6.2	44.7				

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).
Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.
Lane LOS values are based on average delay per lane.
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.
Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.
SIDRA Standard Delay Model used.

Figura 114: Resultados propuesta intersección rotatoria ampliada Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

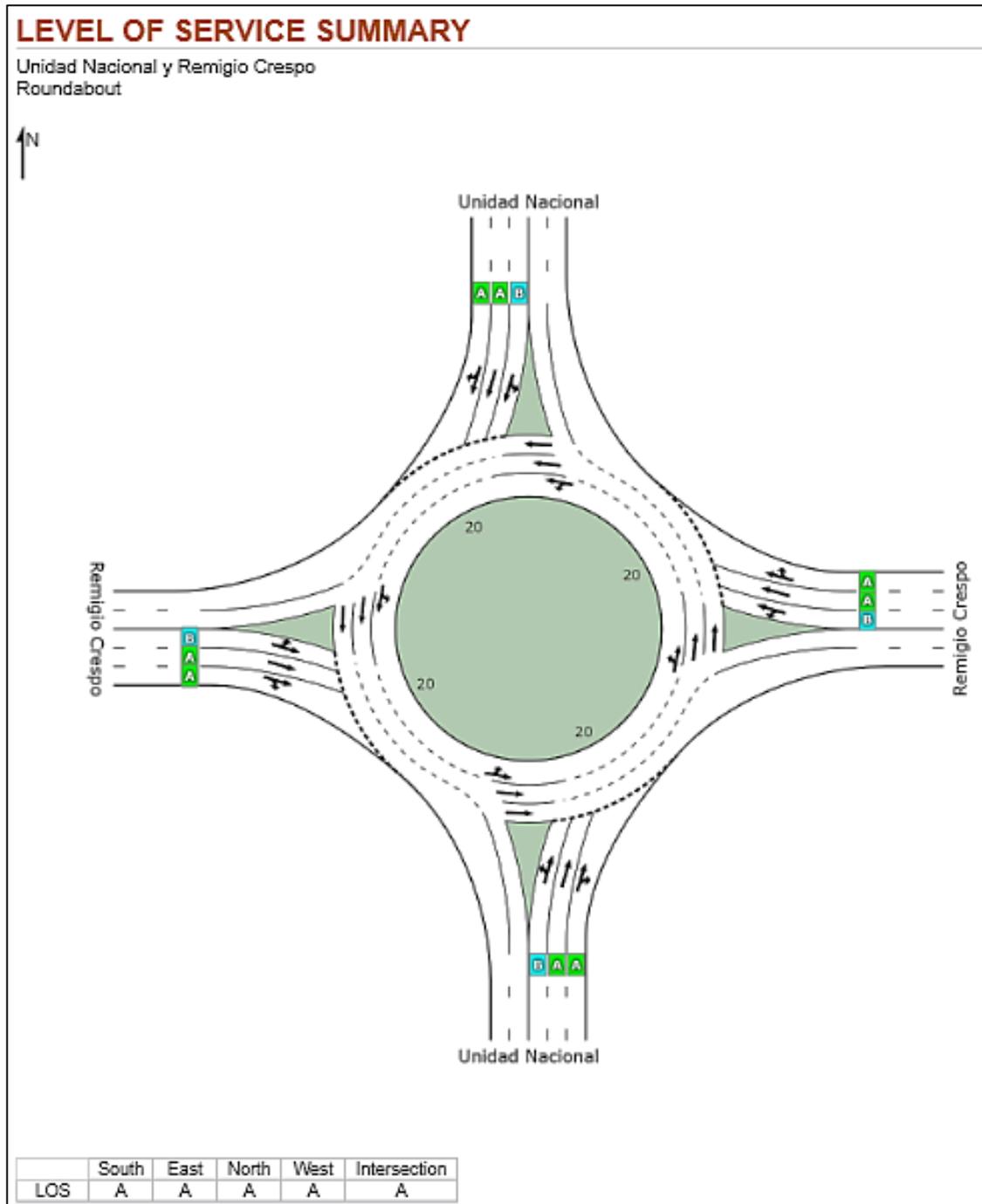


Figura 115: Niveles de servicio intersección rotatoria ampliada Av. Remigio Crespo
(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

Es evidente que la mejor propuesta es ésta última, tanto por el nivel de servicio “A” que posee como por la factibilidad de ejecución de reforma que sería aplicable.

4.5.4 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Continuando con la evaluación de las propuestas, ahora corremos en el software los datos para intersección pero con las anunciadas reformas, entonces tenemos.

LANE SUMMARY**Site: Pichincha Corregida**

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 75 seconds (User-Given Phase Times)

Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m					
South East: Pichincha																	
Lane 1	74	12	186	273	2.8	503	0.543	100	39.2	LOS D	9.6	68.9	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	264	264	3.7	485	0.543	100	21.2	LOS C	7.2	52.5	100	-	0.0	0.0	
Approach	74	12	450	537	3.2		0.543		30.4	LOS C	9.6	68.9					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	385	0	258	644	2.4	1082	0.595	100	10.1	LOS B	14.5	103.7	100	-	0.0	8.3	
Lane 2	0	0	600	600	3.9	1009	0.595	100	9.5	LOS A	12.3	89.4	100	-	0.0	0.0	
Approach	385	0	859	1244	3.1		0.595		9.8	LOS A	14.5	103.7					
South West: Unidad Nacional																	
Lane 1	479	0	0	479	5.6	1079	0.444	100	8.6	LOS A	9.8	72.4	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	420	6	55	480	5.0	1082	0.444	100	8.6	LOS A	9.8	72.3	100	-	0.0	0.0	
Approach	899	6	55	960	5.3		0.444		8.6	LOS A	9.8	72.4					
Intersection				2740	3.9		0.595		13.4	LOS B	14.5	103.7					

Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).

Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.

LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).

HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Figura 116: Resultados propuesta intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

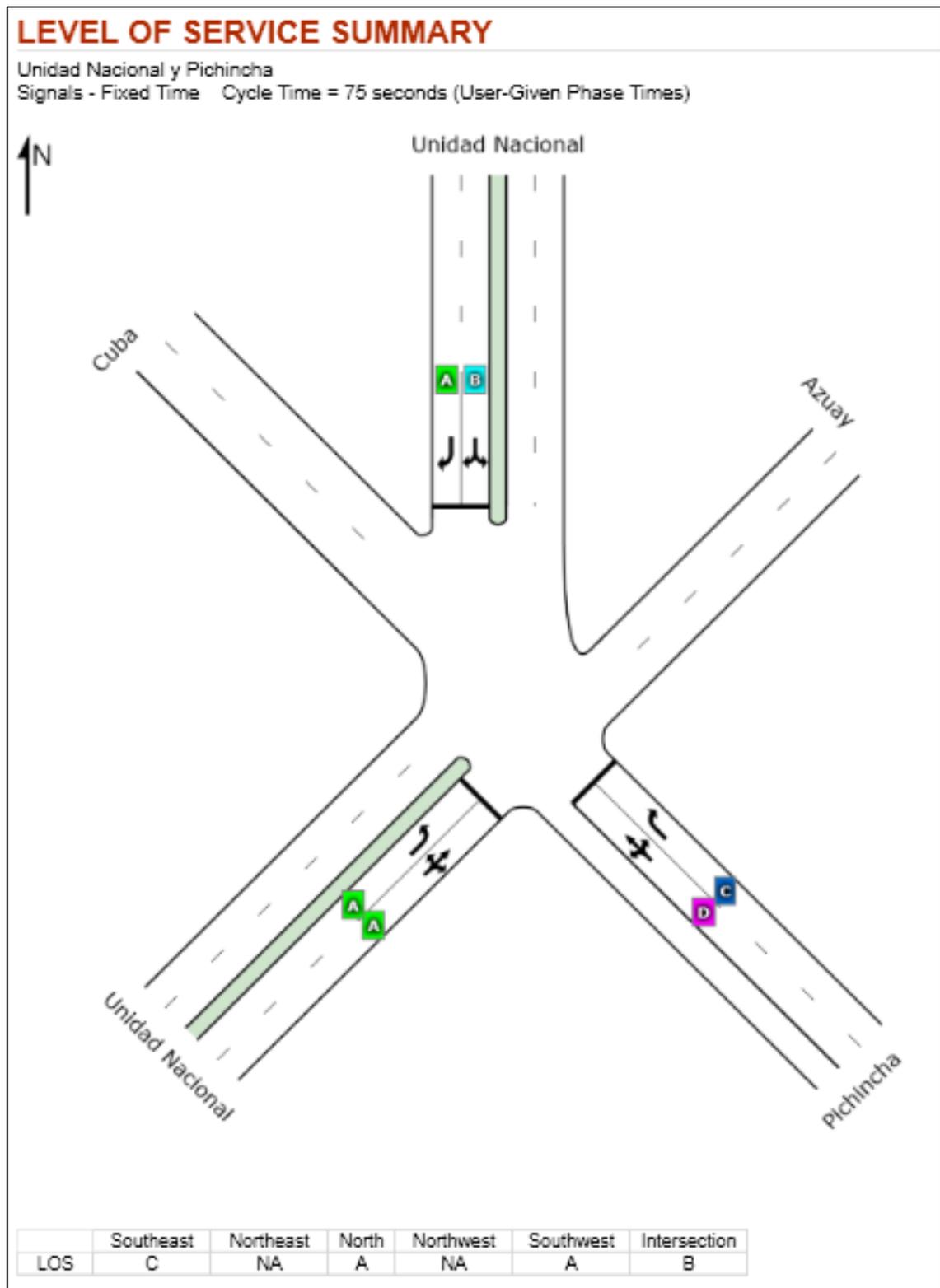


Figura 117: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Pichincha

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

PHASING SUMMARY

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 75 seconds (User-Given Phase Times)

Phase times specified by the user

Sequence: Two-Phase

Input Sequence: Unidad Nacional, Av. Pichincha

Output Sequence: Unidad Nacional, Av. Pichincha

Phase Timing Results

Phase	Unidad Nacional	Av. Pichincha
Green Time (sec)	47	20
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	1	1
Phase Time (sec)	51	24
Phase Split	68 %	32 %

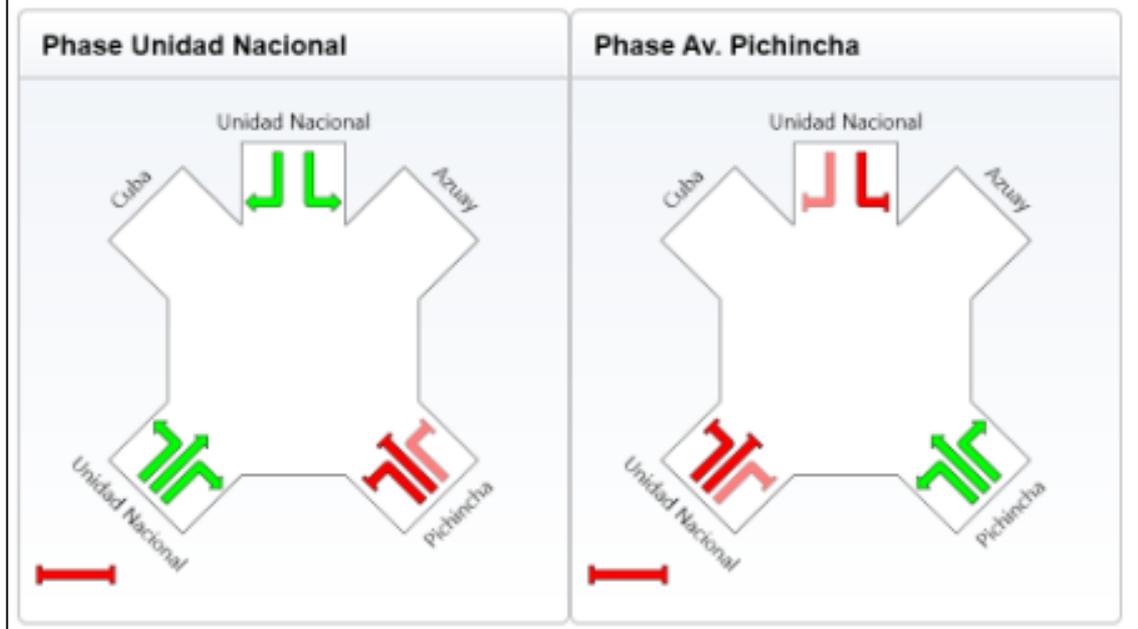


Figura 118: Fase semafórica intersección semaforizada Av. Pichincha

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

Muy buen resultado obtenido con las simples modificaciones de aumentar un carril en la Av. Pichincha y asignar solo salida a la calle Azuay, si nos damos cuenta, la fase semafórica calculada es muy similar a la actual.

4.5.5 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

Esta es la intersección que demanda una reforma inmediata, entonces ingresados los datos al programa sus resultados son.

LANE SUMMARY**Site: Amazonas - Semaforizada - corregida**

Interseccion UN y Amazonas

Signals - Fixed Time Cycle Time = 30 seconds (Practical Cycle Time)

Lane Use and Performance

	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m				
South East: Amazonas																
Lane 1	8	8	0	16	1.5	375	0.044	100	9.9	LOS A	0.2	1.4	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	24	24	1.9	558	0.043	98 ^s	1.3	LOS A	0.1	0.7	50	-	0.0	0.0
Approach	8	8	24	40	1.7		0.044		4.8	LOS A	0.2	1.4				
North East: Unidad Nacional																
Lane 1	82	361	0	442	3.3	823	0.537	100	7.1	LOS A	4.8	34.7	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	488	42	530	3.6	987	0.537	100	6.1	LOS A	5.3	38.5	50	-	0.0	0.0
Approach	82	849	42	973	3.5		0.537		6.5	LOS A	5.3	38.5				
North West: Amazonas																
Lane 1	7	8	0	15	2.4	368	0.041	100	9.9	LOS A	0.2	1.3	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	17	17	4.8	487	0.034	84 ^s	1.5	LOS A	0.1	0.6	50	-	0.0	0.0
Approach	7	8	17	32	3.7		0.041		5.5	LOS A	0.2	1.3				
South West: Unidad Nacional																
Lane 1	2	349	0	351	3.7	968	0.363	100	5.1	LOS A	3.2	23.5	50	-	0.0	0.0
Lane 2	0	326	33	359	3.4	990	0.363	100	4.2	LOS A	2.9	21.0	50	-	0.0	0.0
Approach	2	675	33	710	3.5		0.363		4.7	LOS A	3.2	23.5				
Intersection				1755	3.5		0.537		5.7	LOS A	5.3	38.5				

Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).

Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.

LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).

HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Figura 119: Resultados propuesta intersección Av. Amazonas (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 05 de noviembre de 2013)

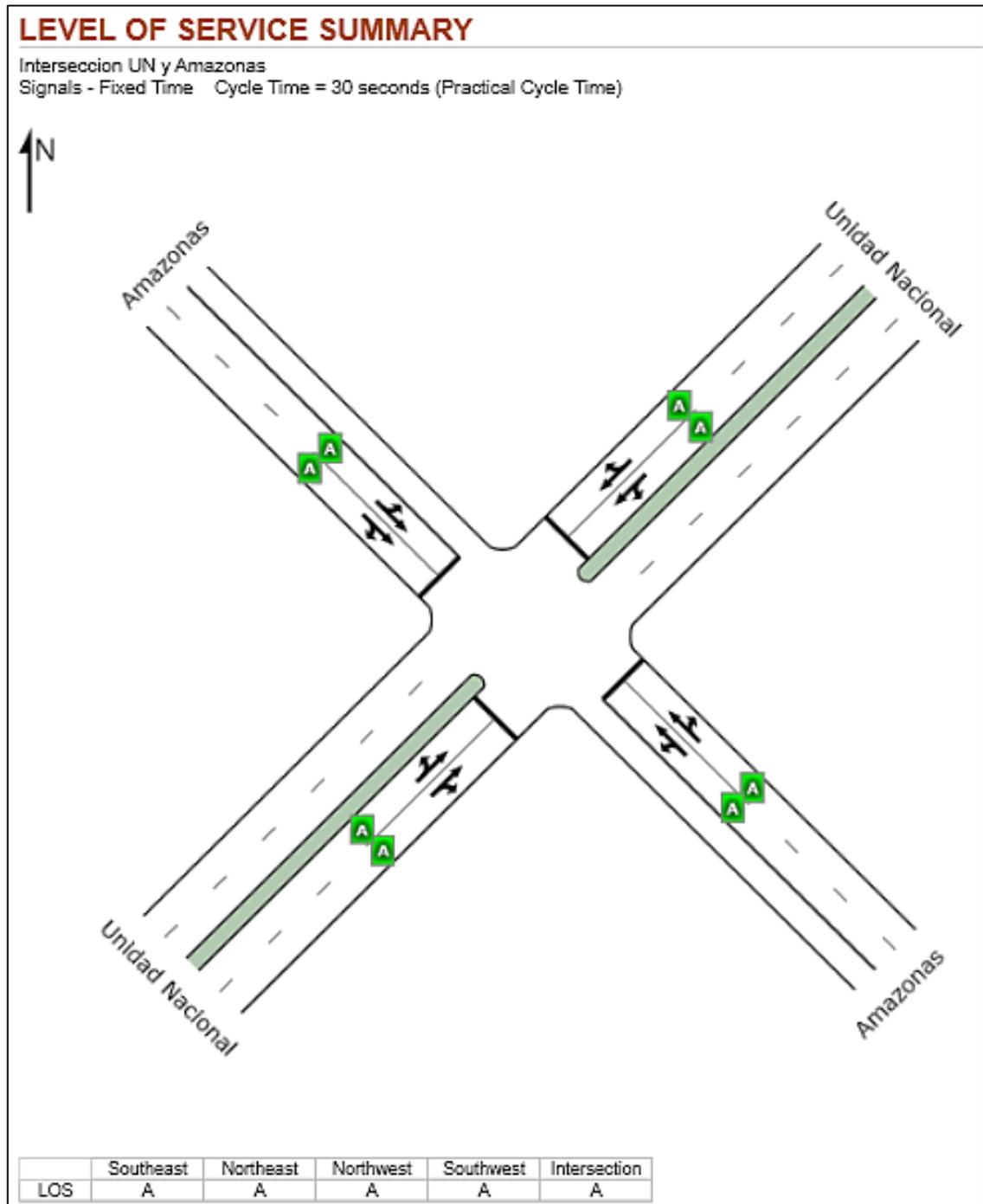


Figura 120: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. Amazonas
 (Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)



Figura 121: Niveles de servicio y fase semafórica intersección semafórica Av. Amazonas

(Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

Muy buen resultado, es evidente la mejora obtenida con incorporar un controlador de tráfico semafórico.

4.5.6 Propuesta para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

Por último evaluaremos las propuestas que realizamos para esta intersección rotatoria, que son las siguientes.

4.5.6.1 Intersección rotatoria semaforizada

LANE SUMMARY														Site: Mexico - Redondel Semaforizado			
Interseccion UN y Mexico																	
Roundabout Metering																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h														
South: 10 de Agosto																	
Lane 1	675	0	0	675	3.3	978	0.690	100	4.5	LOS A	6.8	49.4	50	-	0.0	4.7	
Lane 2	0	0	791	791	2.1	1148	0.689	100	4.0	LOS A	7.1	51.0	50	-	0.0	5.6	
Approach	675	0	791	1465	2.6		0.690		4.2	LOS A	7.1	51.0					
North East: Unidad Nacional																	
Lane 1	448	0	0	448	1.8	647	0.693	100	12.3	LOS B	7.3	52.3	50	-	0.0	6.3	
Lane 2	0	0	610	610	3.2	771	0.790	100	14.6	LOS B	11.3	81.5	50	-	0.0	22.1	
Approach	448	0	610	1057	2.6		0.790		13.6	LOS B	11.3	81.5					
North West: Mexico																	
Lane 1	361	0	0	361	2.2	691	0.522	100	9.7	LOS A	10.1	72.0	50	-	0.0	38.4	
Lane 2	0	0	597	597	14.4	741	0.806	100	21.7	LOS C	30.2	242.1	50	-	0.0	100.0	
Approach	361	0	597	957	9.8		0.806		17.1	LOS B	30.2	242.1					
Intersection				3480	4.6		0.806		10.6	LOS B	30.2	242.1					

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).
Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.
Lane LOS values are based on average delay per lane.
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.
Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.
SIDRA Standard Delay Model used.

Processed: Saturday, December 14, 2013 1:22:21 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd
SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com
Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip
Licensed to JUNLAJUBALAM



Figura 122: Resultados propuesta intersección rotatoria semaforizada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

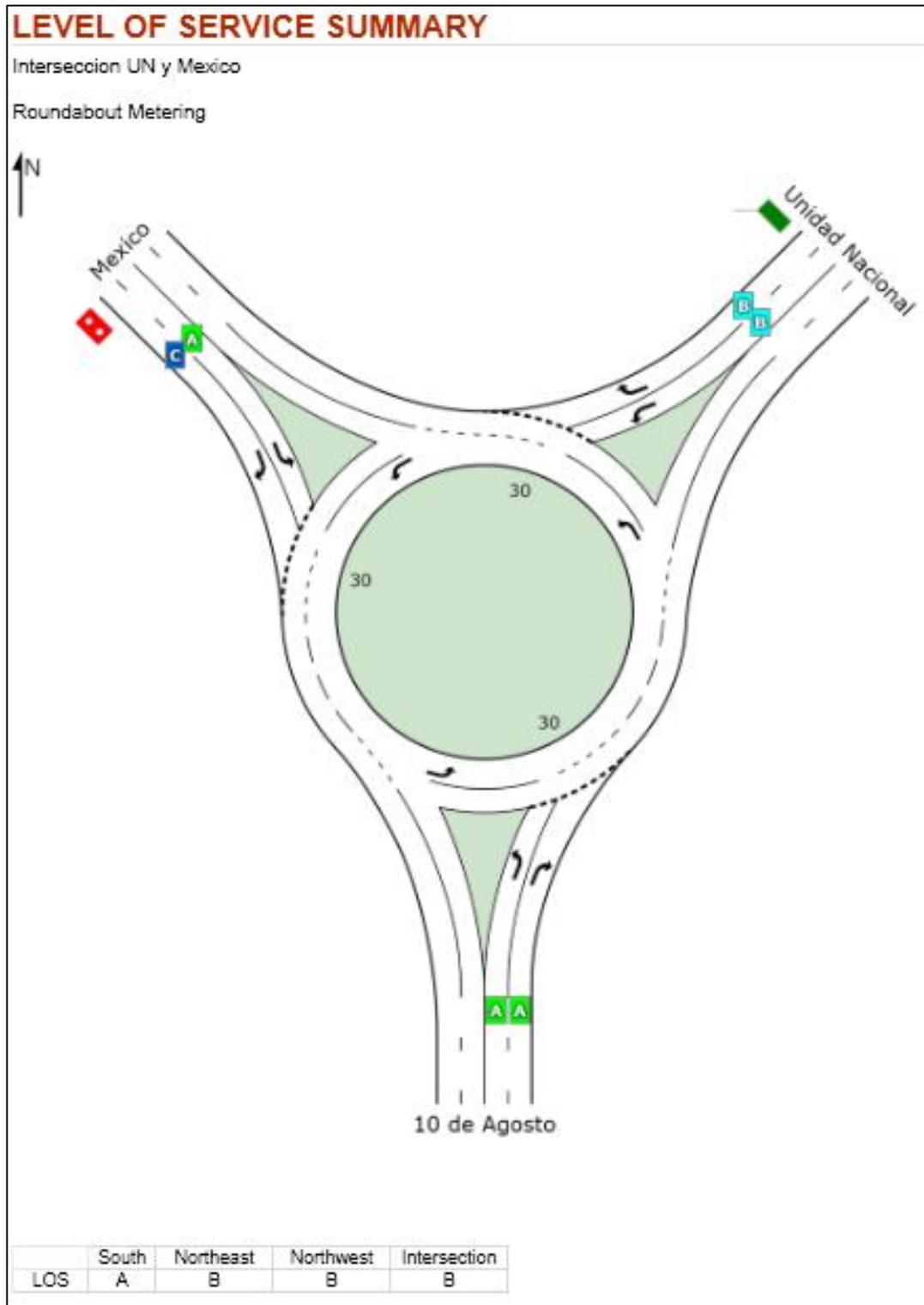


Figura 123: Niveles de servicio intersección rotatoria semaforizada Av. México
(Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

ROUNDABOUT METERING

Intersección UN y Mexico

Roundabout Metering

Metering Signal Control Settings

Timing Method	Optimum Cycle Time
	Phase times determined by the program
Cycle Time (sec)	120

	Blank Phase	Red Phase
Blank or Red Time (sec)	103	7
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	2	2
Phase Time (sec)	108	12
Phase Split (%)	90	10

Metered Approach

Approach Name	Mexico
Approach Location	North West
Red Time (Displayed)	14 sec
Blank Time (Displayed)	103 sec
Yellow Time	3 sec
Red Time (Effective)	17 sec
Blank Time (Effective)	103 sec
Blank Time Ratio	0.86

Figura 124: Niveles de servicio y fase semafórica intersección rotatoria semaforizada Av. México

(Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

4.5.6.2 Intersección semaforizada

LANE SUMMARY														Site: Mexico - Semaforizado			
Interseccion UN y Mexico																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 150 seconds (Practical Cycle Time)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back Vehicles veh	of Queue Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h														
South: 10 de Agosto																	
Lane 1	675	0	0	675	3.3	738	0.914	100	58.7	LOS E	55.1	398.0	50	-	0.0	100.0	
Lane 2	0	0	791	791	2.1	1063	0.744	100	15.9	LOS B	36.9	263.7	50	-	0.0	100.0	
Approach	675	0	791	1465	2.6		0.914		35.6	LOS D	55.1	398.0					
North East: Unidad Nacional																	
Lane 1	448	0	0	448	1.8	487	0.920	100	78.0	LOS E	38.4	273.2	50	-	0.0	100.0	
Lane 2	0	0	610	610	3.2	785	0.776	100	32.0	LOS C	35.6	257.3	50	-	0.0	100.0	
Approach	448	0	610	1057	2.6		0.920		51.5	LOS D	38.4	273.2					
North West: Mexico																	
Lane 1	361	0	0	361	2.2	402	0.897	100	81.5	LOS F	30.6	219.0	50	-	0.0	100.0	
Lane 2	0	0	597	597	14.4	898	0.664	100	14.7	LOS B	26.5	211.8	50	-	0.0	100.0	
Approach	361	0	597	957	9.8		0.897		39.9	LOS D	30.6	219.0					
Intersection				3480	4.6		0.920		41.6	LOS D	55.1	398.0					
Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).																	
Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.																	
LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).																	
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).																	
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.																	
<small>Processed: Saturday, December 14, 2013 1:28:01 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip Licensed to JUNLAJUBALAM</small>																	

Figura 125: Resultados propuesta intersección semaforizada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

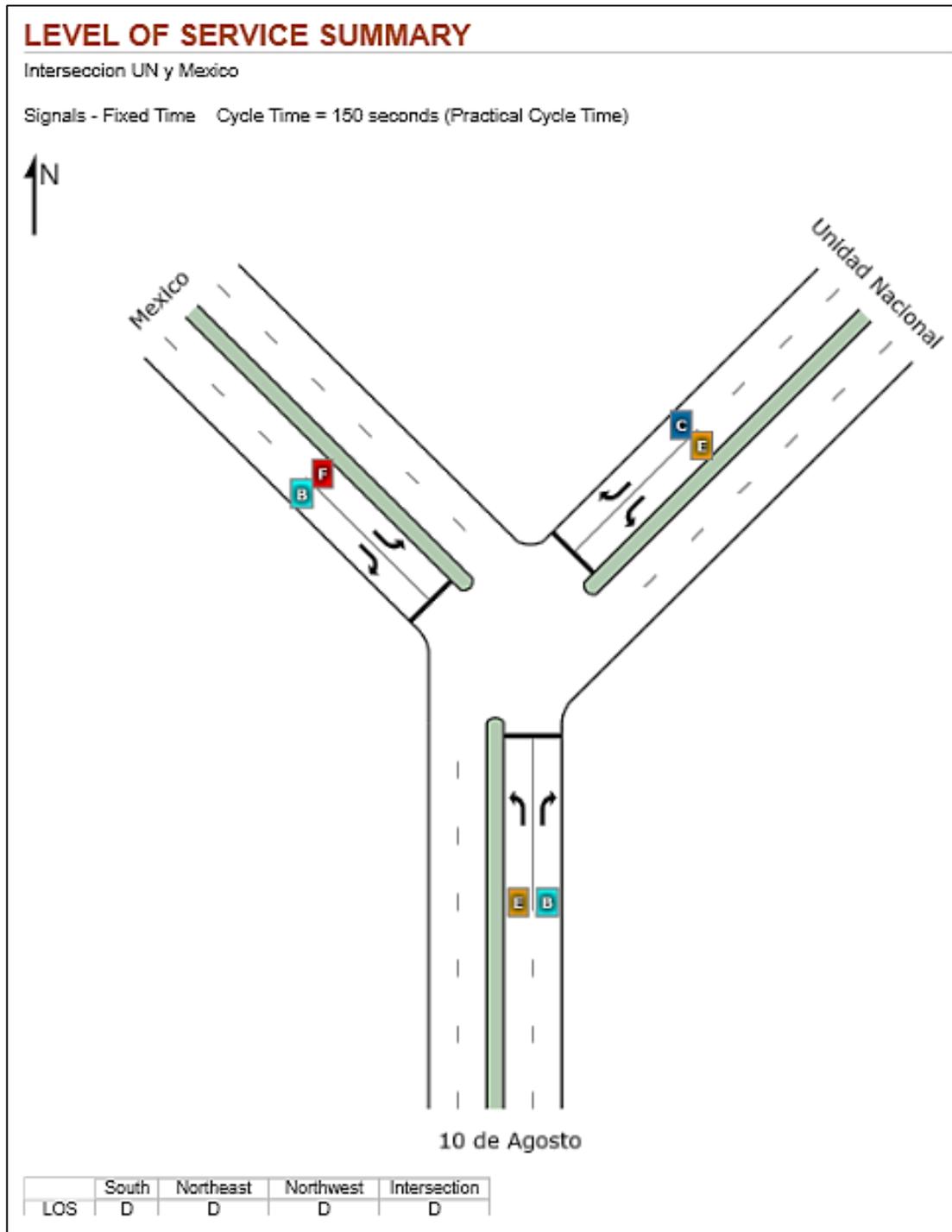


Figura 126: Niveles de servicio intersección semaforizada Av. México

(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

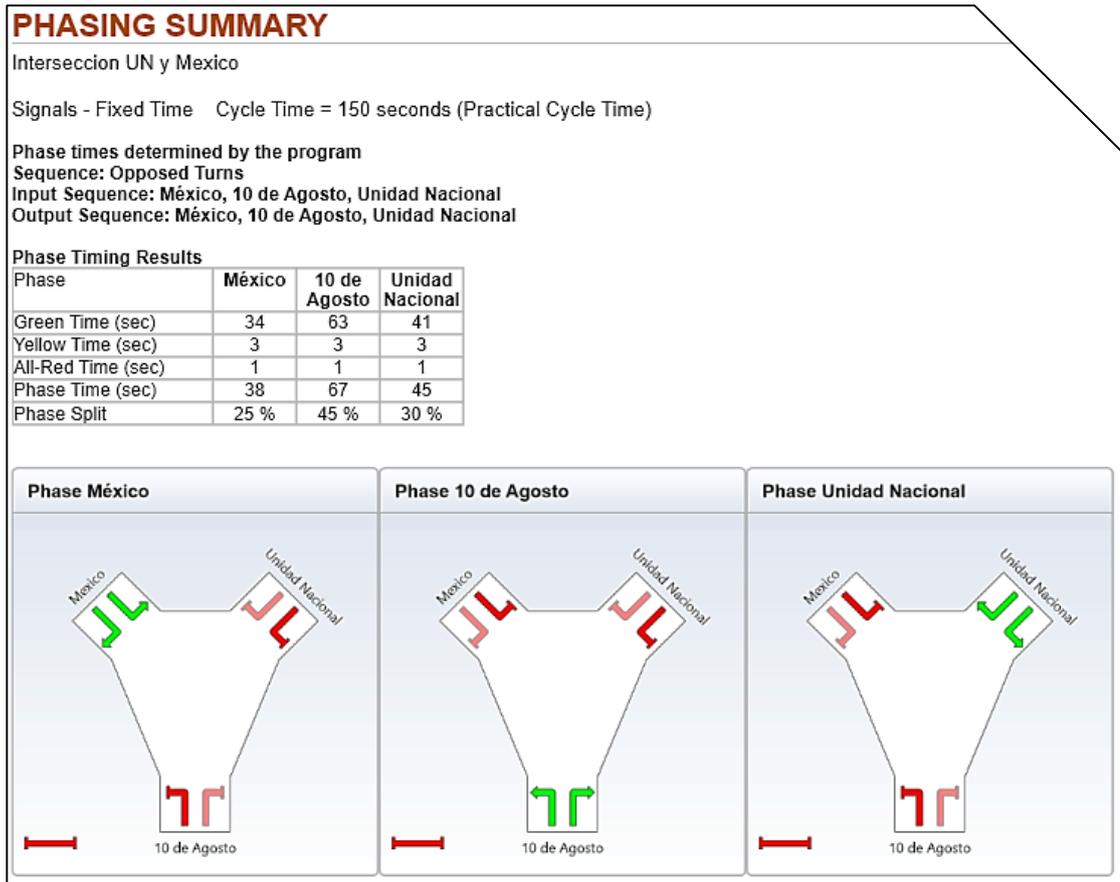


Figura 127: Niveles de servicio y fase semafórica intersección semaforizada Av. México

(Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

4.5.6.3 Intersección rotatoria ampliada

LANE SUMMARY													Site: Mexico - Redondel Corregida			
Interseccion UN y Mexico																
Roundabout																
Lane Use and Performance																
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m				
South: 10 de Agosto																
Lane 1	457	0	0	457	3.3	1059	0.432	100	3.7	LOS A	2.6	18.7	50	-	0.0	0.0
Lane 2	217	0	326	543	2.5	1257	0.432	100	3.1	LOS A	2.7	19.4	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	465	465	2.1	1076	0.432	100	3.3	LOS A	2.6	18.5	50	-	0.0	0.0
Approach	675	0	791	1465	2.6		0.432		3.3	LOS A	2.7	19.4				
North East: Unidad Nacional																
Lane 1	330	0	0	330	1.8	887	0.372	100	5.0	LOS A	1.9	13.7	50	-	0.0	0.0
Lane 2	118	0	287	404	2.8	1086	0.372	100	4.2	LOS A	2.0	14.6	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	323	323	3.2	868	0.372	100	4.7	LOS A	1.9	13.8	50	-	0.0	0.0
Approach	448	0	610	1057	2.6		0.372		4.6	LOS A	2.0	14.6				
North West: Mexico																
Lane 1	333	0	0	333	2.2	1028	0.324	100	5.3	LOS A	1.7	12.2	50	-	0.0	0.0
Lane 2	28	0	314	342	13.4	1057	0.324	100	4.9	LOS A	1.7	13.6	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	283	283	14.4	873	0.324	100	5.4	LOS A	1.6	13.1	50	-	0.0	0.0
Approach	361	0	597	957	9.8		0.324		5.2	LOS A	1.7	13.6				
Intersection				3480	4.6		0.432		4.2	LOS A	2.7	19.4				
Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).																
Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.																
Lane LOS values are based on average delay per lane.																
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.																
Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.																
SIDRA Standard Delay Model used.																
Processed: Saturday, December 14, 2013 1:33:42 PM Copyright © 2000-2011 Akoelik and Associates Pty Ltd SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip																

Figura 128: Resultados propuesta intersección rotatoria ampliada Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

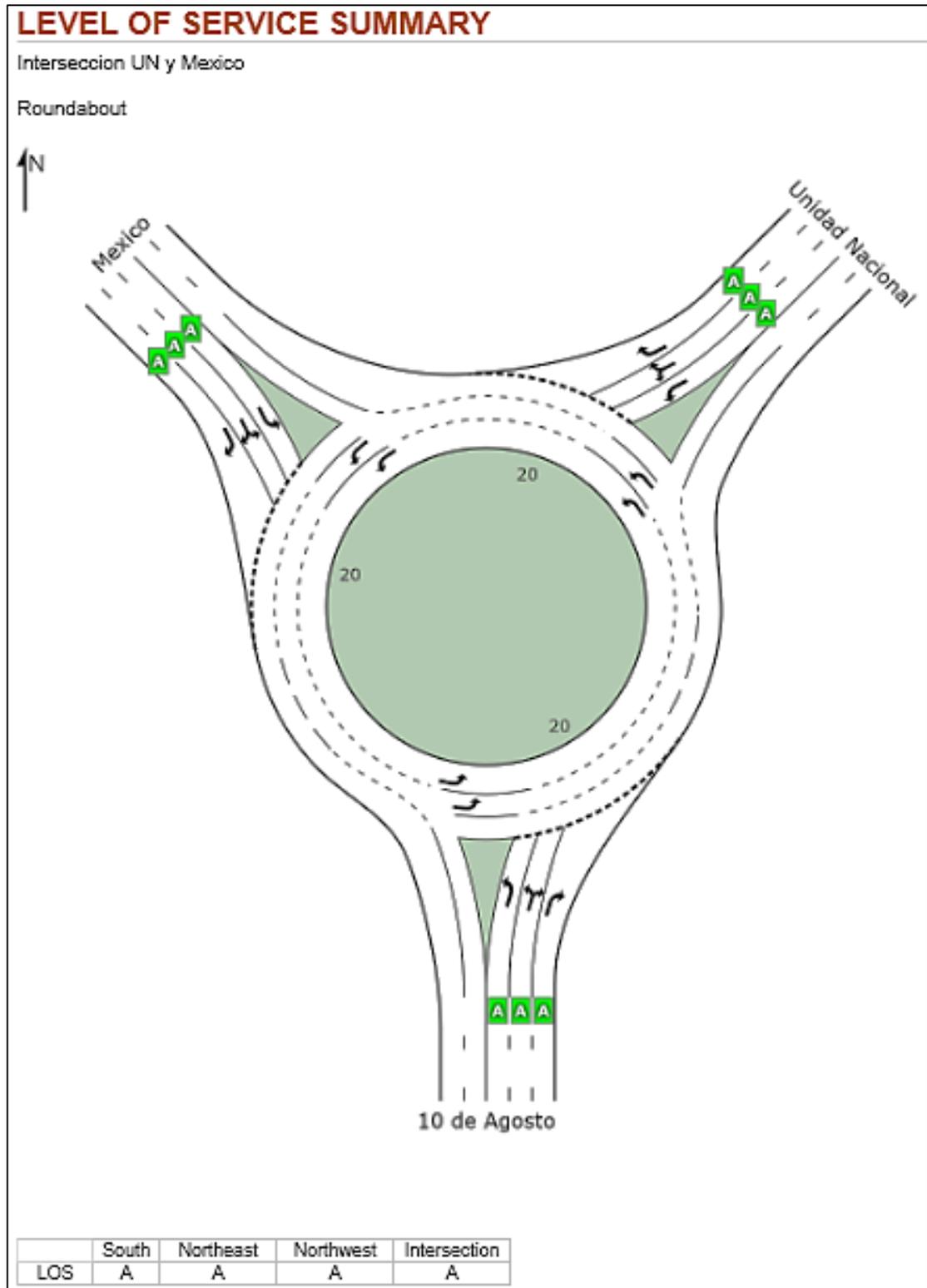


Figura 129: Niveles de servicio intersección rotatoria ampliada Av. México
(Fuente: Sidra Intersección 5.1) (Tomada el 08 de noviembre de 2013)

Es evidente que la mejor propuesta es ésta última, tanto por el nivel de servicio “A” que posee como por la factibilidad de ejecución de reforma que sería aplicable.

4.6 PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO Y EVALUACIÓN DE INTERSECCIONES

Una vez analizadas las intersecciones y evaluadas sus mejores propuestas para mejorar los niveles de servicio en todo el corredor vial, procedemos a proyectar para tres años posteriores al último estudio, es decir para el año 2016, tiempo adecuado para evaluar si las propuestas resultan efectivas y de esta manera afirmar su factibilidad de inversión por parte de las empresas competentes, caso contrario no resultarían nuestras propuestas y se tendría que pensar en reformas más drásticas que implica mayor inversión y posibles indemnizaciones para los habitantes de dicho corredor, para conseguir una ampliación total de todas las intersecciones y vía conectora que es la Av. Unidad Nacional.

Entonces partimos de las nuevas reformas y en ellas ingresaremos los nuevos datos de volúmenes de tráfico proyectados, procesamos la información en el programa utilizado para obtener los resultados de niveles de servicio y si se cuenta con un sistema de semaforización a tiempo fijo, saber cuál sería la mejor configuración para dicha fase semafórica.

Para proyectar los volúmenes de tráfico se empleó la siguiente formulación.

$$TF = TA + (1 + i)^n \quad (59)$$

Donde,

TF = Tráfico Futuro o Proyectado

TA = Tráfico Actual

i = Tasa de crecimiento

En este caso la tasa de crecimiento es con respecto al parque automotor, que para la ciudad de Cuenca, es del 10% al 12% anual, según antecedentes históricos de los Estudios de la Movilidad en el Cantón Cuenca (Fuente: Plan de Movilidad del Sistema Integrado de Transporte – Presentación CICA 2013)

Por lo tanto $i = 10\% = 0,1$

n = Tiempo para el cual se va a proyectar los datos (Horizonte de diseño)

Tal como se explicó en los párrafos anteriores, la proyección se realizará para 3 años de vida útil que se plantea como horizonte de diseño para las reformas definitivas propuestas, tanto para el sistema semafórico como para la ampliación de carriles en las intersecciones rotatorias.

Por lo tanto empezamos a presentar las proyecciones para todas las intersecciones con su respectiva evaluación realizada por medio del software "Sidra Intersection 5.1".

4.6.2 Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Tabla 56: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN CALLE DEL BATÁN

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N			Acceso 2: Calle del Batán E-O		
	GIRO	TOTAL TPDA		GIRO	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	1265	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	205
	Derecho	94		Derecho	154
	Izquierdo	58		Izquierdo	45
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1417	TPDA TOTAL EN HORA PICO		404
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S			Acceso 4: Calle del Batán O-E		
	GIRO	TOTAL TPDA		GIRO	TOTAL TPDA
DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	926	DETALLE DE TPDA EN HORA PICO	Frontal	156
	Derecho	68		Derecho	171
	Izquierdo	38		Izquierdo	70
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1032	TPDA TOTAL EN HORA PICO		398

LANE SUMMARY

Site: Del Batan 2016

Unidad Nacional y Del Batán

Signals - Fixed Time Cycle Time = 40 seconds (Practical Cycle Time)

Lane Use and Performance																
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m				
South: Unidad Nacional																
Lane 1	80	790	0	850	8.0	1059	0.803	100	12.6	LOS B	16.0	118.5	50	-	0.0	85.9
Lane 2	0	514	97	611	8.7	781	0.803	100	17.1	LOS B	12.5	93.1	50	-	0.0	82.5
Approach	80	1304	97	1461	8.3		0.803		14.5	LOS B	16.0	118.5				
East: Del Batan																
Lane 1	48	211	0	258	2.4	374	0.690	100	24.8	LOS C	5.5	39.1	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	159	159	1.3	310	0.512	74 ⁵	22.3	LOS C	3.2	22.5	100	-	0.0	0.0
Approach	48	211	159	418	2.0		0.690		23.9	LOS C	5.5	39.1				
North: Unidad Nacional																
Lane 1	39	632	0	671	7.0	1049	0.640	100	8.2	LOS A	9.8	73.4	50	-	0.0	40.1
Lane 2	0	323	70	393	12.2	614	0.640	100	13.6	LOS B	6.8	53.4	50	-	0.0	11.0
Approach	39	955	70	1064	9.0		0.640		10.2	LOS B	9.8	73.4				
West: Del Batan																
Lane 1	72	161	0	233	12.5	333	0.700	100	26.5	LOS C	5.0	39.5	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	176	176	2.5	275	0.641	92 ⁵	28.3	LOS C	3.8	27.4	100	-	0.0	0.0
Approach	72	161	176	409	8.2		0.700		27.3	LOS C	5.0	39.5				
Intersection				3351	6.8		0.803		15.8	LOS B	16.0	118.5				

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).

Lane LOS values are based on average delay per lane.

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.

HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

⁵ Lane underutilisation determined by program

Processed: Monday, December 16, 2013 3:42:38 PM
 SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093
 Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip
 Licensed to JUNLAJUBALAM

Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd
 www.sidrasolutions.com

SIDRA
INTERSECTION

Figura 130: Resultados proyección intersección Calle del Batán (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

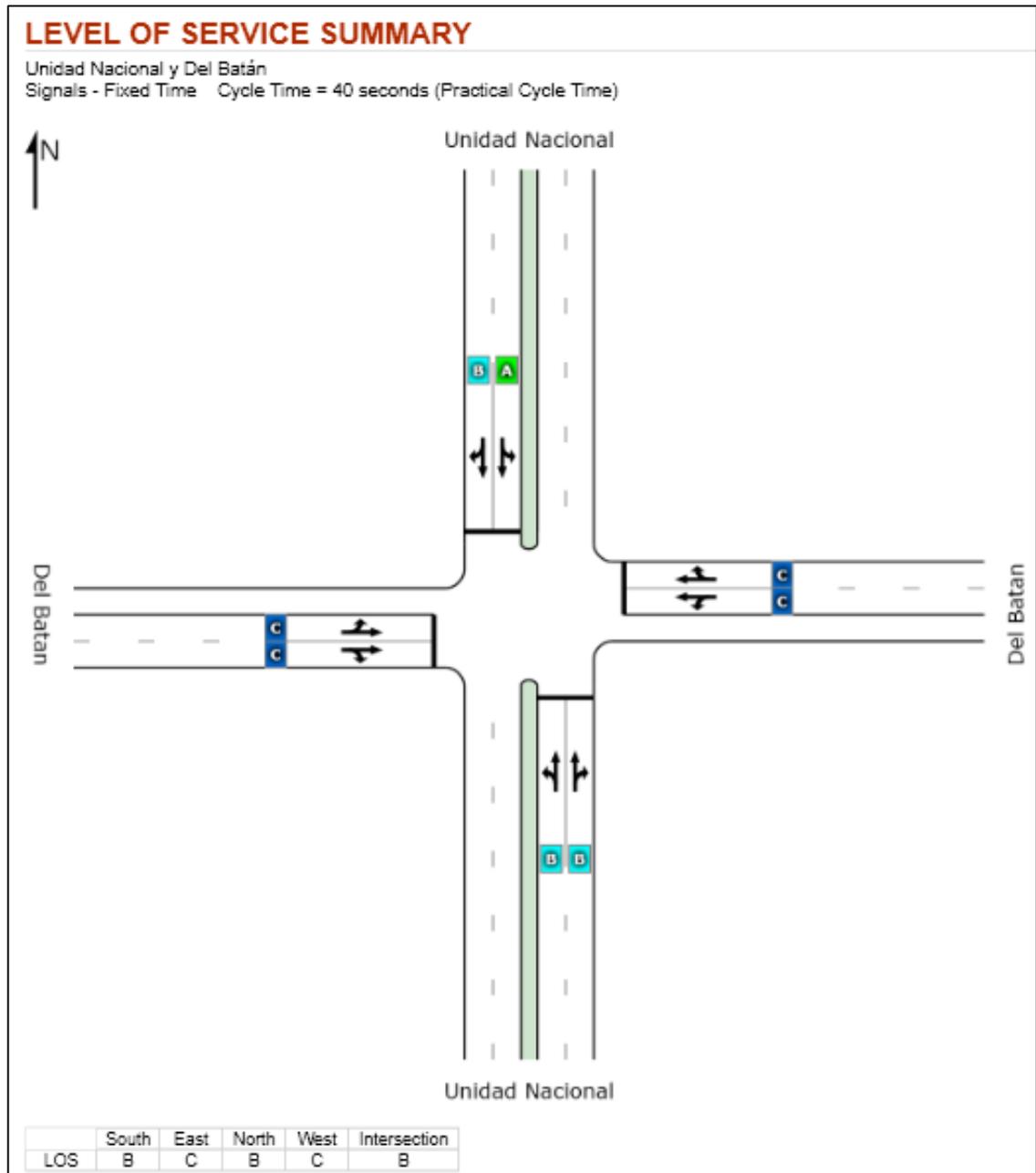


Figura 131: Niveles de servicio intersección Calle del Batán
 (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

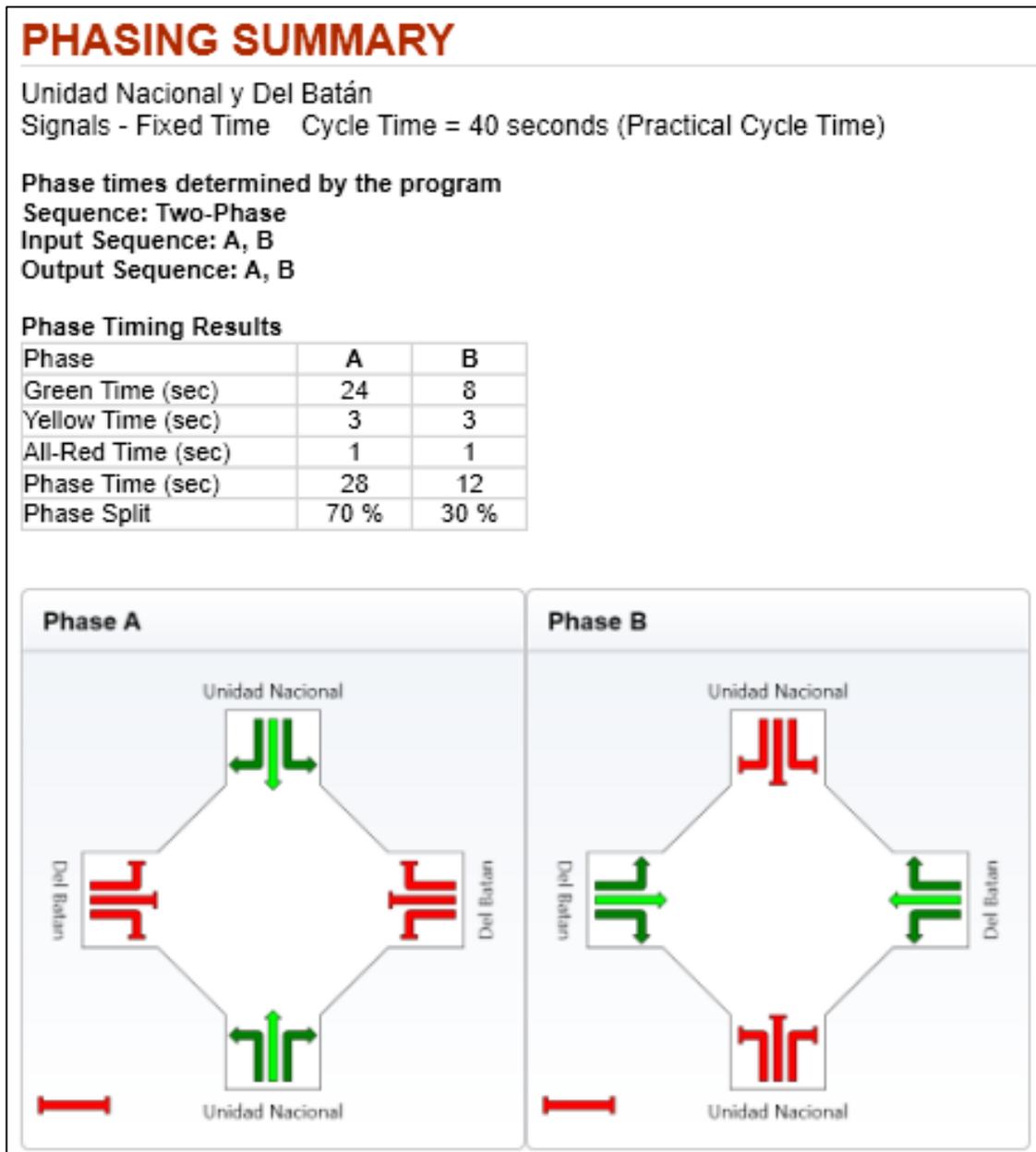


Figura 132: Fase semafórica intersección Calle del Batán

(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

A pesar de aumentar los volúmenes de tráfico en la intersección y predeterminedar una nueva fase semafórica, con tiempos más cortos que la actual, para cruzar por esta intersección tan solo bastarán unos 15.80 segundos y llegando a un nivel de servicio de categoría "B", el cual es muy bueno para una aplicación de las reformas propuestas. Por lo tanto aceptamos sus nuevas condiciones proyectadas como válidas y muy procedente la ejecución de las reformas propuestas.

4.6.3 Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

Tabla 57: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRAFICO INTERSECCIÓN AV. REMIGIO CRESPO

Acceso 1: Av. Unidad Nacional S-N			Acceso 2: Av. Remigio Crespo E-O		
	GIRO	TOTAL TPDA		GIRO	TOTAL TPDA
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	802	<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	1099
	Derecho	243		Derecho	474
	Izquierdo	199		Izquierdo	566
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1244	TPDA TOTAL EN HORA PICO		2139
Acceso 3: Av. Unidad Nacional N-S			Acceso 4: Av. Remigio Crespo O-E		
	GIRO	TOTAL TPDA		GIRO	TOTAL TPDA
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	725	<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	1010
	Derecho	97		Derecho	285
	Izquierdo	271		Izquierdo	225
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1092	TPDA TOTAL EN HORA PICO		1520

LANE SUMMARY										Site: Remigio Crespo - Redondel - 2016 Corregida							
Unidad Nacional y Remigio Crespo Roundabout																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back Vehicles veh	Queue Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h														
South: Unidad Nacional																	
Lane 1	164	192	0	357	3.0	497	0.718	100	13.8	LOS B	5.7	41.0	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	469	0	469	4.1	653	0.718	100	11.5	LOS B	6.5	47.2	100	-	0.0	0.0	
Lane 3	0	0	200	200	0.6	491	0.408	57 ^s	8.3	LOS A	2.4	16.7	100	-	0.0	0.0	
Approach	164	661	200	1026	3.0		0.718		11.7	LOS B	6.5	47.2					
East: Remigio Crespo																	
Lane 1	499	153	0	653	2.0	624	1.045	100	48.1	LOS D	25.5	181.8	100	-	0.0	27.2	
Lane 2	0	817	0	817	3.8	781	1.045	100	44.6	LOS D	30.0	217.7	100	-	0.0	37.9	
Lane 3	0	0	418	418	0.8	604	0.693	66 ^s	10.5	LOS B	5.4	38.3	100	-	0.0	0.0	
Approach	499	970	418	1887	2.5		1.045		38.3	LOS D	30.0	217.7					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	241	129	0	370	1.8	372	0.995	100	47.8	LOS D	13.9	98.8	100	-	0.0	4.7	
Lane 2	0	511	0	511	3.7	513	0.995	100	42.9	LOS D	17.4	126.2	100	-	0.0	12.3	
Lane 3	0	5	86	91	1.5	372	0.244	25 ^s	8.9	LOS A	1.3	9.1	100	-	0.0	0.0	
Approach	241	644	86	972	2.8		0.995		41.6	LOS D	17.4	126.2					
West: Remigio Crespo																	
Lane 1	178	240	0	417	3.9	438	0.953	100	41.9	LOS D	14.0	101.7	100	-	0.0	5.5	
Lane 2	0	558	0	558	5.1	585	0.953	100	37.5	LOS D	17.2	126.3	100	-	0.0	12.4	
Lane 3	0	0	225	225	1.3	439	0.513	54 ^s	12.9	LOS B	3.4	24.1	100	-	0.0	0.0	
Approach	178	797	225	1200	4.0		0.953		34.4	LOS C	17.2	126.3					
Intersection				5085	3.0		1.045		32.6	LOS C	30.0	217.7					

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).
Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.
Lane LOS values are based on average delay per lane.
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.
Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.
SIDRA Standard Delay Model used.

Figura 133: Resultados proyección intersección Av. Remigio Crespo (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

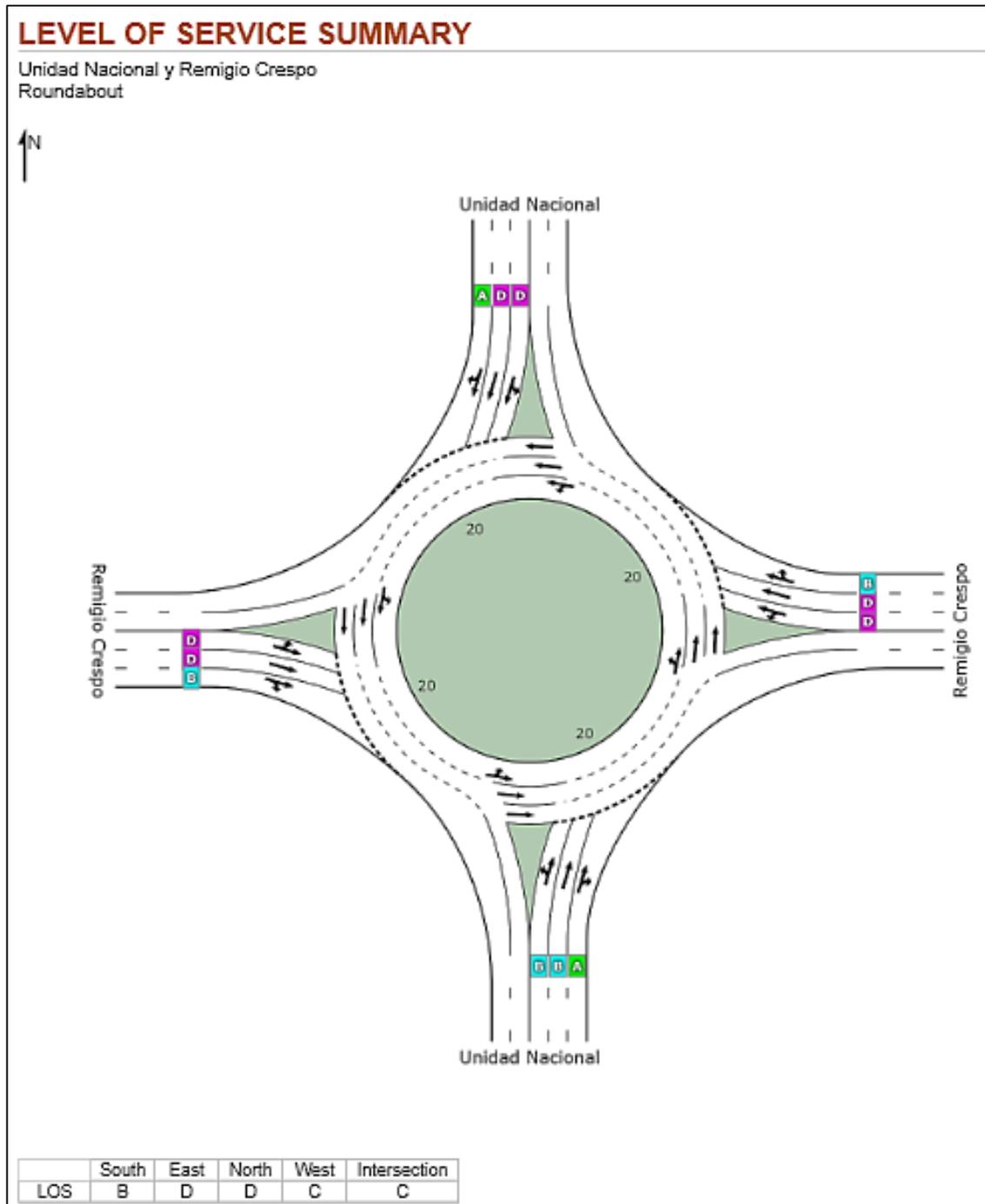


Figura 134: Niveles de servicio intersección Av. Remigio Crespo
(Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

De los resultados obtenidos y analizando la factibilidad de la ejecución de dichas reformas a esta intersección rotatoria, damos como válida y procedente dicha reforma, además tomamos en cuenta de que con la proyección de los datos para los volúmenes de tráfico para el año 2016, observamos que los niveles de servicio a pesar de descender para convertirse de categoría general “C”, el tiempo promedio para poder cruzar por dicha intersección es de 32.60 segundo, el cual representa un buen tiempo sabiendo que en la actualidad se invierte un promedio de 20.71 segundos para el mismo

efecto. Por lo tanto recomendamos tomar en cuenta estas reformas que demuestran su factibilidad de ejecución.

4.6.4 Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Tabla 58: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRAFICO INTERSECCIÓN AV. PICHINCHA

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	1080
	Derecho	16
	Izquierdo 1	489
	Izquierdo 2	4
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1589
Acceso 3: Av. Pichincha E-O		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	13
	Izquierdo	81
	Derecho 1	488
	Derecho 2	3
TPDA TOTAL EN HORA PICO		585
Acceso 4: Av. Unidad Nacional S-N		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Frontal	1000
	Izquierdo	4
	Derecho 1	61
	Derecho 2	7
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1072

Cabe recordar que en esta intersección se resolvió eliminar una entrada que corresponde a la Calle Azuay, ya que el volumen que ingresa por dicho acceso es irrelevante, por lo que la mencionada calle servirá solamente como salida de la intersección. Es por esta razón que ya no fue necesaria la proyección de dicha entrada para nuestra evaluación, la cual presentamos a continuación.

LANE SUMMARY**Site: Pichincha 2016**

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 45 seconds (Optimum Cycle Time - Minimum Delay)

Lane Use and Performance

	L	Demand Flows			Total	HV	Cap.	Deg.	Lane	Average	Level of	95% Back of Queue		Lane	SL	Cap.	Prob.
	veh/h	T	R	veh/h	%	veh/h	Satn	Util.	Delay	Service	Vehicles	Distance	Length	Type	Adj.	Block.	
		veh/h	veh/h	veh/h			v/c	%	sec		veh	m	m		%	%	
South East: Pichincha																	
Lane 1	99	16	249	363	2.8	446	0.815	100	36.4	LOS D	8.2	59.4	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	350	350	3.7	429	0.815	100	28.9	LOS C	7.5	54.2	100	-	0.0	0.0	
Approach	99	16	599	713	3.2		0.815		32.8	LOS C	8.2	59.4					
North: Unidad Nacional																	
Lane 1	514	0	336	849	2.4	1052	0.807	100	12.9	LOS B	16.9	121.2	100	-	0.0	22.4	
Lane 2	0	0	806	806	3.9	999	0.807	100	12.4	LOS B	14.9	108.0	100	-	0.0	12.0	
Approach	514	0	1142	1655	3.1		0.807		12.7	LOS B	16.9	121.2					
South West: Unidad Nacional																	
Lane 1	635	0	0	635	5.6	1033	0.615	100	8.4	LOS A	10.0	74.3	100	-	0.0	0.0	
Lane 2	560	8	73	641	5.0	1043	0.615	100	8.5	LOS A	10.2	74.9	100	-	0.0	0.0	
Approach	1195	8	73	1276	5.3		0.615		8.5	LOS A	10.2	74.9					
Intersection				3645	3.9		0.815		15.1	LOS B	16.9	121.2					

Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).

Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.

LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).

HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Processed: Monday, December 16, 2013 4:42:07 PM Copyright © 2000-2011 Akcelik and Associates Pty Ltd
 SIDRA INTERSECTION 5.1.13.2093 www.sidrasolutions.com
 Project: C:\Users\TOSHIBA\Desktop\TESINA\UNIDAD NACIONAL.sip
 Licensed to JUNLAJUBALAM



Figura 135: Resultados proyección intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

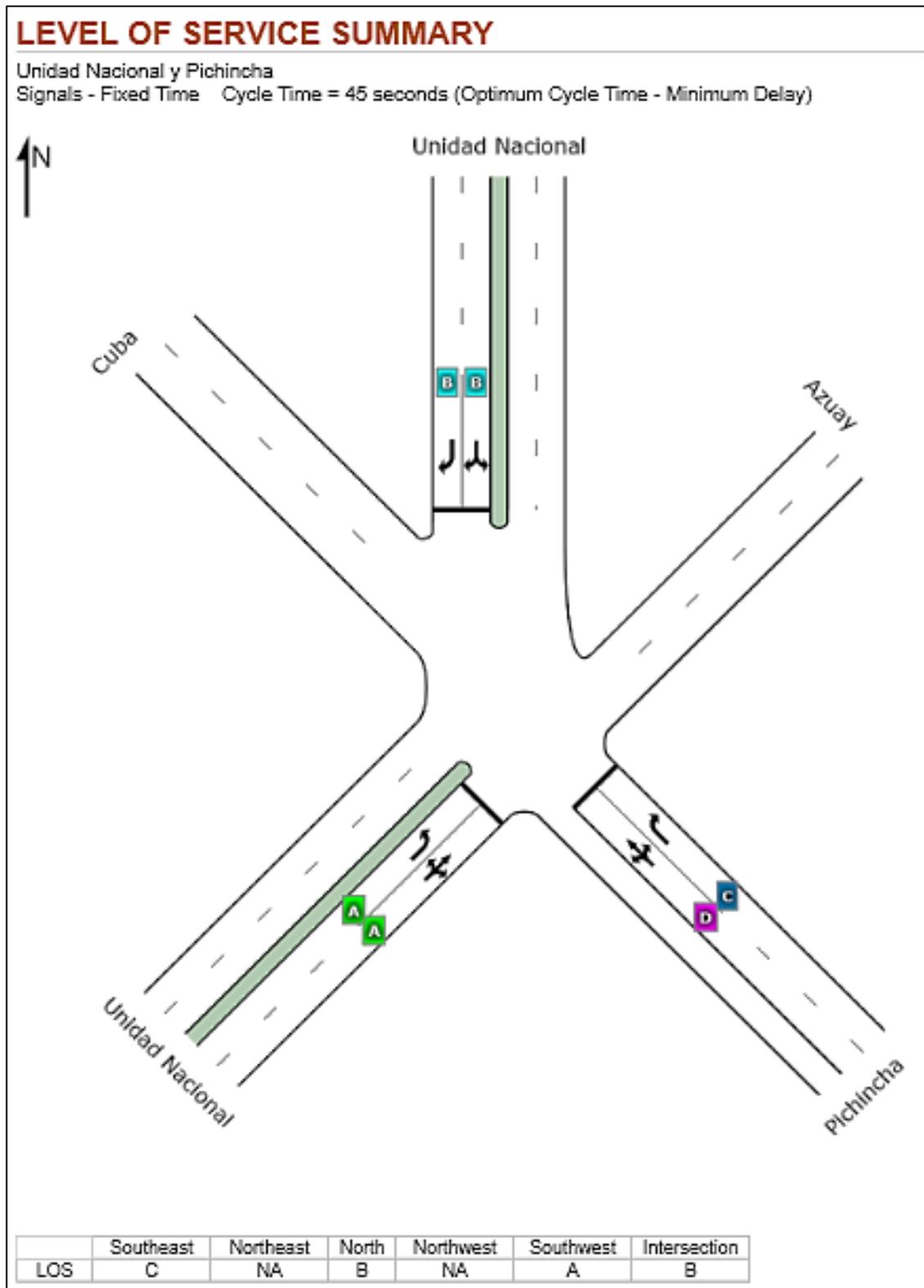


Figura 136: Niveles de servicio y fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

PHASING SUMMARY

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 45 seconds (Optimum Cycle Time - Minimum Delay)

Phase times determined by the program

Sequence: Two-Phase

Input Sequence: A, B

Output Sequence: A, B

Phase Timing Results

Phase	A	B
Green Time (sec)	27	10
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	1	1
Phase Time (sec)	31	14
Phase Split	69 %	31 %

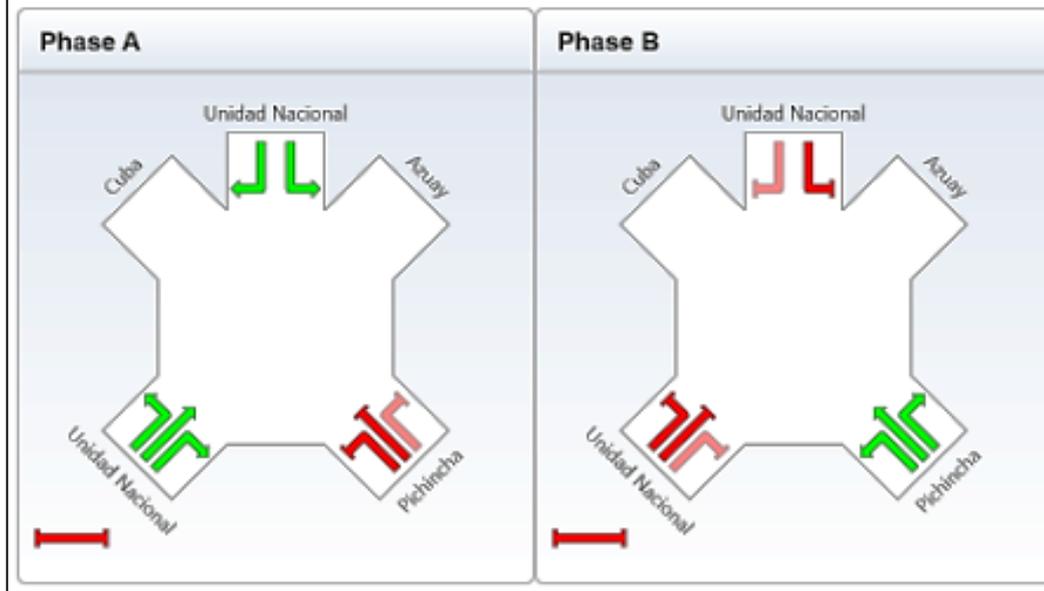


Figura 137: Fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 10 de noviembre de 2013)

Se distingue la completa mejora de esta intersección con una simple reconfiguración de sus entradas y salidas, las cuales actualmente se encuentra subutilizadas y que aplicando un correcto criterio técnico del comportamiento de tráfico y distribución de sus flujos de tráfico, se soluciona de una manera óptima y a pesar de proyectar sus volúmenes hasta tres años más, pues estos niveles de servicio no sufren variación, es decir mantenemos la categoría "B" y el promedio de circulación por dicha intersección sería de 15.10 segundos, tiempo realmente bueno para este tipo de intersecciones, por lo que recomendamos la factibilidad de la ejecución de estas reformas.

4.6.5 Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

Tabla 59: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN AV. AMAZONAS

Acceso 1: Av. Unidad Nacional N-S			Acceso 2: Av. Unidad Nacional S-N		
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>	<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
	Frontal	781		Frontal	1039
	Derecho	38		Derecho	52
	Izquierdo	3		Izquierdo	100
TPDA TOTAL EN HORA PICO		823	TPDA TOTAL EN HORA PICO		1190
Acceso 3: Av. Amazonas O-E			Acceso 4: Av. Amazonas E-O		
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>	<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
	Frontal	85		Frontal	15
	Derecho	179		Derecho	42
	Izquierdo	75		Izquierdo	15
TPDA TOTAL EN HORA PICO		340	TPDA TOTAL EN HORA PICO		73

LANE SUMMARY														Site: Amazonas - Semaforizada 2016			
Interseccion UN y Amazonas																	
Signals - Fixed Time Cycle Time = 45 seconds (Optimum Cycle Time - Minimum Delay)																	
Lane Use and Performance																	
	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	of Queue Distance m	Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %	
	L veh/h	T veh/h	R veh/h														
South East: Amazonas																	
Lane 1	16	16	0	33	1.5	277	0.118	99 ^S	17.2	LOS B	0.6	4.5	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	63	63	1.9	529	0.118	100	1.7	LOS A	0.4	2.8	50	-	0.0	0.0	
Approach	16	16	63	95	1.7		0.118		7.0	LOS A	0.6	4.5					
North East: Unidad Nacional																	
Lane 1	109	445	0	554	3.2	883	0.627	100	8.6	LOS A	8.7	63.1	50	-	0.0	26.1	
Lane 2	0	684	57	741	3.7	1181	0.627	100	6.9	LOS A	10.7	77.6	50	-	0.0	45.3	
Approach	109	1129	57	1295	3.5		0.627		7.6	LOS A	10.7	77.6					
North West: Amazonas																	
Lane 1	93	105	0	198	2.4	316	0.626	100	26.2	LOS C	4.6	32.7	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	0	221	221	4.8	445	0.497	79 ^S	8.7	LOS A	3.8	27.7	50	-	0.0	0.0	
Approach	93	105	221	419	3.7		0.626		16.9	LOS B	4.6	32.7					
South West: Unidad Nacional																	
Lane 1	3	465	0	468	3.7	1160	0.403	100	4.9	LOS A	5.4	39.5	50	-	0.0	0.0	
Lane 2	0	433	44	477	3.4	1182	0.403	100	4.4	LOS A	5.1	37.0	50	-	0.0	0.0	
Approach	3	898	44	945	3.5		0.403		4.6	LOS A	5.4	39.5					
Intersection				2753	3.5		0.627		8.0	LOS A	10.7	77.6					
Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).																	
Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.																	
LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).																	
Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).																	
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.																	

Figura 138: Resultados proyección intersección Av. Amazonas (Fuente: Sidra Interseccion 5.1) (Tomada el 10 de noviembre de 2013)

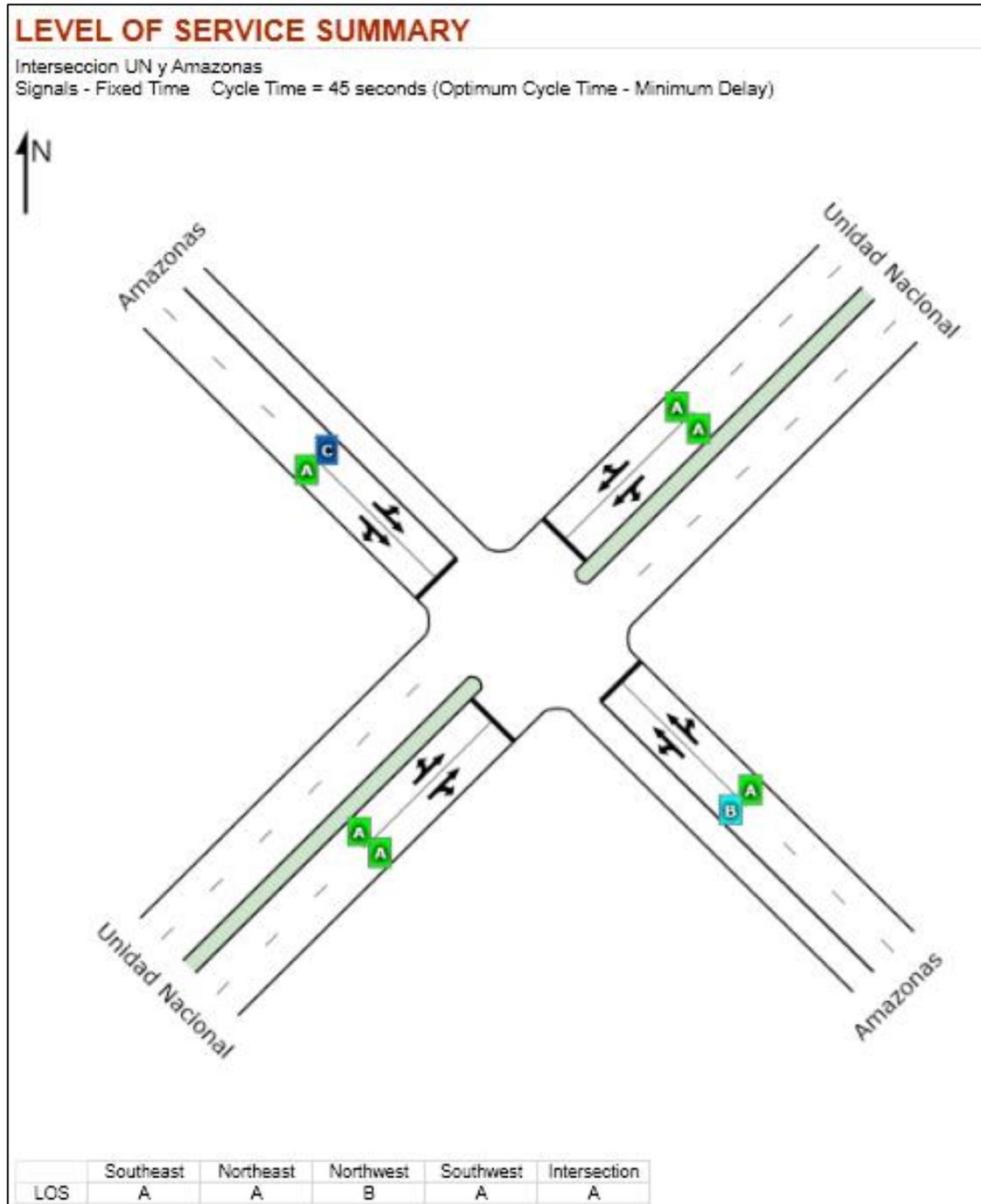


Figura 139: Niveles de servicio intersección Av. Amazonas, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
 (Tomada el 12 de noviembre de 2013)

PHASING SUMMARY

Intersección UN y Amazonas

Signals - Fixed Time Cycle Time = 45 seconds (Optimum Cycle Time - Minimum Delay)

Phase times determined by the program

Sequence: Opposed Turns

Input Sequence: Unidad Nacional, Amazonas

Output Sequence: Unidad Nacional, Amazonas

Phase Timing Results

Phase	Unidad Nacional	Amazonas
Green Time (sec)	29	8
Yellow Time (sec)	3	3
All-Red Time (sec)	1	1
Phase Time (sec)	33	12
Phase Split	73 %	27 %

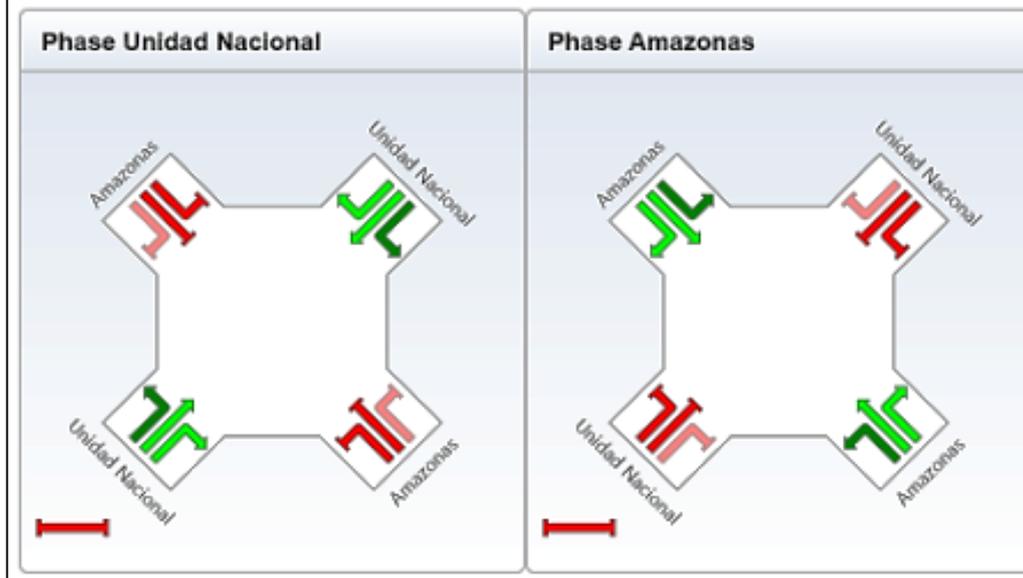


Figura 140: Fase semafórica intersección Av. Amazonas, (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 12 de noviembre de 2013)

A pesar de bajar el nivel de servicio en los carriles izquierdos de ingreso por la Av. Amazonas, la proyección de los volúmenes de tráfico es favorable para la intersección en general, categorizándola en nivel "A" que obviamente es excelente, con un promedio de tiempo de circulación de 8.0 segundos. De esta manera justificamos la factibilidad de la aplicación de la reforma de aplicar un sistema semafórico a dicha intersección mejorando considerablemente sus prestaciones.

4.6.6 Proyección para intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

Tabla 60: PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO INTERSECCIÓN AV. MÉXICO

Acceso 1: Av. 10 de Agosto S-N		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Izquierdo	550
	Derecho	645
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1194
Acceso 2: Av. Unidad Nacional N-S		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Izquierdo	560
	Derecho	763
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1323
Acceso 3: Av. México O-E		
	<i>GIRO</i>	<i>TOTAL TPDA</i>
<i>DETALLE DE TPDA EN HORA PICO</i>	Izquierdo	486
	Derecho	804
TPDA TOTAL EN HORA PICO		1289

LANE SUMMARY**Site: Mexico - Redondel - 2016 Corregida**

Interseccion UN y Mexico

Roundabout

Lane Use and Performance

	Demand Flows			Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length m	SL Type	Cap. Adj. %	Prob. Block. %
	L veh/h	T veh/h	R veh/h								Vehicles veh	Distance m				
South: 10 de Agosto																
Lane 1	415	0	0	415	3.3	844	0.491	100	5.5	LOS A	3.3	24.2	50	-	0.0	0.0
Lane 2	197	0	295	491	2.5	1001	0.491	100	4.6	LOS A	3.5	25.0	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	422	422	2.1	859	0.491	100	5.1	LOS A	3.4	24.0	50	-	0.0	0.0
Approach	611	0	717	1328	2.6		0.491		5.0	LOS A	3.5	25.0				
North East: Unidad Nacional																
Lane 1	448	0	0	448	1.8	867	0.517	100	5.8	LOS A	3.4	23.9	50	-	0.0	0.0
Lane 2	148	0	374	522	2.8	1010	0.517	100	5.0	LOS A	3.5	25.1	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	438	438	3.2	847	0.517	100	5.6	LOS A	3.3	24.2	50	-	0.0	0.0
Approach	596	0	812	1407	2.6		0.517		5.4	LOS A	3.5	25.1				
North West: Mexico																
Lane 1	540	0	0	540	2.2	891	0.606	100	7.8	LOS A	4.7	33.3	50	-	0.0	0.0
Lane 2	38	0	504	543	13.5	895	0.606	100	7.4	LOS A	4.7	37.0	50	-	0.0	0.0
Lane 3	0	0	453	453	14.4	747	0.606	100	8.4	LOS A	4.4	35.5	50	-	0.0	0.0
Approach	579	0	957	1536	9.8		0.606		7.8	LOS A	4.7	37.0				
Intersection				4271	5.2		0.606		6.2	LOS A	4.7	37.0				

Level of Service (LOS) Method: Delay (HCM 2000).

Roundabout LOS Method: Same as Signalised Intersections.

Lane LOS values are based on average delay per lane.

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes.

Roundabout Capacity Model: SIDRA Standard.

SIDRA Standard Delay Model used.

Figura 141: Resultados proyección intersección Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1) (Tomada el 12 de noviembre de 2013)

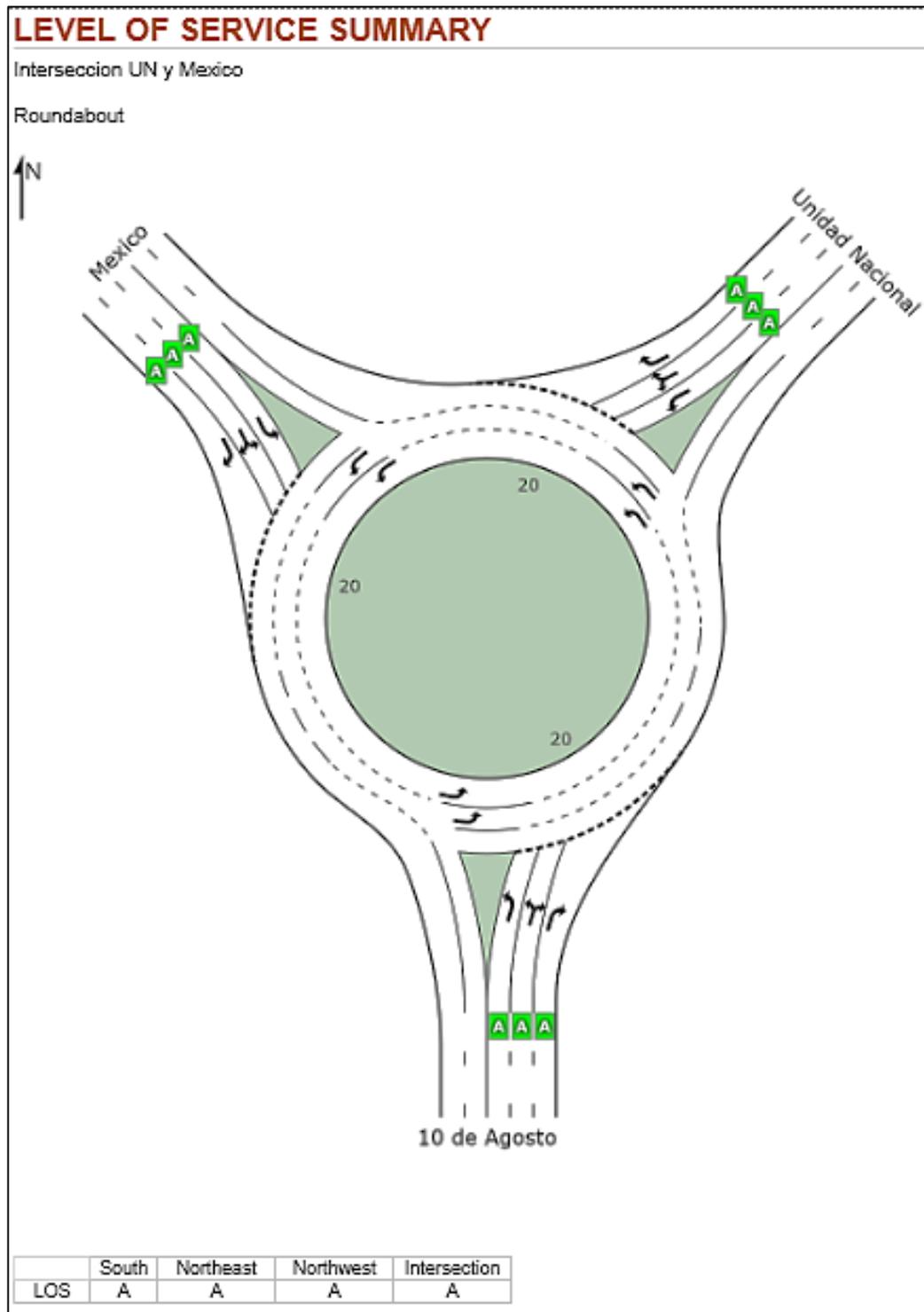


Figura 142: Niveles de servicio intersección Av. México (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 12 de noviembre de 2013)

Es simplemente reforzar lo antes mencionado, en este caso la intersección rotatoria ampliada funciona muy bien con los volúmenes de tráfico proyectados, sigue rigiendo la categoría de nivel de servicio individual y general en "A" y con un promedio de circulación de 6.20 segundos, realmente la ejecución de esta reforma sería un completo éxito. Plenamente justificada su factibilidad.

4.7 COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS

Los sistemas semafóricos coordinados, pueden o no, estar sujetos a un control maestro. En general, deben funcionar coordinadamente los semáforos de tiempo fijo dentro de un radio de 400 metros y que cuenten con condiciones similares de tránsito; incluso para distancias mayores puede resultar favorable.

Los principales sistemas de coordinación para semáforos de tiempo fijo son los que se describen a continuación.

4.7.2 Sistema simultáneo

En este sistema, todos los semáforos que se encuentren coordinados muestran la misma indicación de señal al mismo tiempo, por lo que resulta útil para intersecciones próximas, que al estar separadas por una distancia reducida, mediante una buena coordinación, los vehículos tienen el tiempo suficiente para tener derecho de paso en los semáforos continuos.

La velocidad, el ciclo y la distancia se relación mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{3.6(D)}{C} \quad (60)$$

Donde,

$v =$ Velocidad de prograssión entre intersecciones (km/h)

$D =$ Distancia entre intersecciones (m)

$C =$ Duración del ciclo (s)

4.7.3 Sistema alternado

En este sistema, los semáforos de intersecciones contiguas, muestran señales alternadas, por grupos. En el sistema simple, los dispositivos electrónicos presentan indicaciones de señal contrarias en los semáforos adyacentes. Existen sistemas más complejos, como el doble o triple, en los cuales, se muestran señales cambiadas en grupos de intersecciones dos y tres semáforos, respectivamente. Mejora la fluidez vehicular, siempre y cuando la distancia de separación entre intersecciones sea uniforme.

Se relaciona la velocidad, la distancia y el ciclo para obtener una banda del 100% mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{7.2(D)}{C} \quad (61)$$

Donde,

$v = \text{Velocidad de progresión entre intersecciones (km/h)}$

$D = \text{Distancia entre intersecciones (m)}$

$C = \text{Duración del ciclo (s)}$

4.7.4 Sistema progresivo simple o limitado

En este sistema, los semáforos consecutivos dan la indicación de verde considerando un desfaseamiento entre intersecciones sucesivas, de tal manera que permite, hasta donde sea posible, la operación regular de grupos de vehículos en una “onda de verde”. Los desfaseamientos mencionados anteriormente, pueden tomar cualquier valor. Los cálculos se realizan por tanteos y no hay ninguna expresión que relacione el ciclo, la distancia y la velocidad.

4.7.5 Coordinación semafórica del corredor

Para finalizar esta evaluación y proyección de alternativas para satisfacer las necesidades actuales y futuras del corredor vial en el cual estamos trabajando, necesitamos realizar un plan para coordinar los semáforos que en la actualidad operan de manera aislada.

Sabiendo que al mantener los redondeles, el cálculo que efectuemos solo cubrirá una sección del corredor, debido a la improbabilidad de poder realizar una coordinación de semáforos conteniendo a los redondeles existentes, por lo tanto el tramo que se diseñará se desarrolla entre la Av. Remigio Crespo y Av. México (sin considerar intersecciones roatorias). Por lo tanto las intersecciones que serán coordinadas serán las ubicadas en Av. Pichincha y Av. Amazonas.

Iniciaremos con la velocidad promedio, que dentro del corredor, según el estudio realizado y además de un muestreo específico realizado por los autores, tenemos la conclusión de que la velocidad promedio es de 40 Km/h, el cual es un dato aceptado tomando en cuenta las variables de tráfico, velocidad máxima asignada al corredor por parte de la Dirección de Tránsito Municipal que es de 50 km/h y que las velocidades mínimas registradas son de 30 Km/h, entonces la velocidad promedio establecida es coherente para el cálculo de tiempos empleados.

A continuación presentamos las tablas en donde realizamos los cálculos del tiempo que se emplea para circular por los tramos entre intersecciones, para lo cual se utiliza la siguiente formulación básica que relaciona la velocidad con el tiempo y la distancia.

$$v = \frac{x}{t} \quad (62)$$

Donde,

$v =$ Velocidad de circulación (m/s)

Tal como se mencionó en los párrafos anteriores, la velocidad promedio de circulación que se registra en el corredor es de 40 km/h , lo que equivale a 11 m/s , según los resultados obtenidos en los Estudios de Tráfico de la Consultoría "Estudio de Volúmenes de Tráfico en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca".

$x =$ espacio o distancia recorrida (m)

Este espacio corresponde al comprendido entre intersecciones, y se obtiene directamente de la planimetría de la Ciudad de Cuenca.

$t =$ tiempo (s)

Esta es la variable que se desconoce, por lo tanto, se obtendrá el tiempo que tardan los vehículos en recorrer la distancia "x" a una velocidad "v".

Tabla 61: TIEMPOS EMPLEADOS PARA CIRCULAR ENTRE INTERSECCIONES

INTERSECCION INICIO	INTERSECCION FINAL	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (s)
Av. Remigio Crespo	Av. Pichincha	291,32	11,11	26,22
Av. Pichincha	Av. Amazonas	226,60	11,11	20,39
Av. Amazonas	Av. México	287,66	11,11	25,89

De estos datos obtenemos distancias, velocidad promedio y tiempos que se emplean para llegar de una intersección a otra, ahora procedemos a redondear y calcular tiempos acumulados necesarios para la coordinación.

Tabla 62: Tiempos acumulados empleados para circular entre intersecciones

TRAMO		TIEMPO CALCULADO (s)	TIEMPO APROXIMADO (s)	TIEMPO ACUMULADO (s)
Av. Remigio Crespo	Av. Pichincha	26,22	25,00	25,00
Av. Pichincha	Av. Amazonas	20,39	20,00	45,00
Av. Amazonas	Av. México	25,89	25,00	70,00

Realizada la acumulación de tiempos y tomando en cuenta los tiempos de fases semafóricas asignadas para las distintas intersecciones, exceptuando las intersecciones rotatorias, creamos el diagrama Distancia vs. Tiempo.

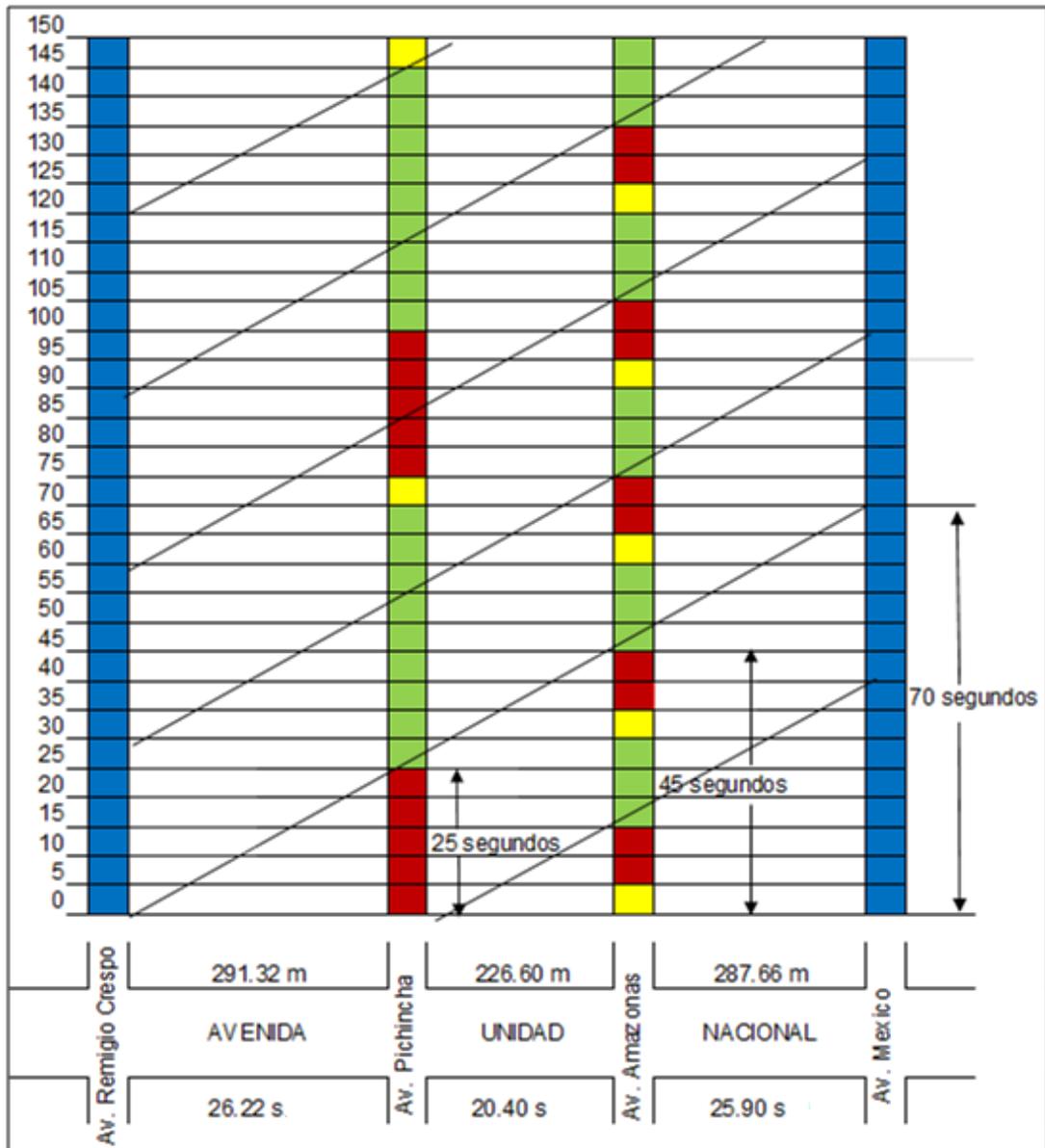


Figura 143: Diagrama Distancia vs. Tiempo Av. Pichincha (no coordinado)

Reconocemos un error de coordinación con la fase semafórica de la Av. Pichincha, la cual no coincide con las otras dos restantes, para ello modificamos ésta fase. Lo más lógico es evaluar las fases semafóricas en conjunto y al observar que las otras dos tienen el mismo rango de tiempos para sus ciclos, entonces deberíamos para la tercera que corresponde a la Av. Pichincha igualar.

Aunque el procedimiento suena sencillo, también debemos evaluar la intersección para revisar de sus niveles de servicio no se vean comprometidos con la modificación realizada; entonces ingresando la nueva fase semafórica la intersección obtiene los siguientes resultados.

LANE SUMMARY**Site: Pichincha Corregida**

Unidad Nacional y Pichincha

Signals - Fixed Time Cycle Time = 30 seconds (User-Given Phase Times)

Lane Use and Performance																
	Demand Flows			Total	HV	Cap.	Deg. Satn	Lane Util.	Average Delay	Level of Service	95% Back of Queue		Lane Length	SL Type	Cap. Adj.	Prob. Block.
	L	T	R								Vehicles	Distance				
	veh/h	veh/h	veh/h	veh/h	%	veh/h	v/c	%	sec		veh	m	m		%	%
South East: Pichincha																
Lane 1	74	12	179	266	2.8	435	0.612	100	25.4	LOS C	3.9	28.1	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	271	271	3.7	442	0.612	100	11.9	LOS B	3.2	23.3	100	-	0.0	0.0
Approach	74	12	450	537	3.2		0.612		18.6	LOS B	3.9	28.1				
North: Unidad Nacional																
Lane 1	385	0	244	630	2.4	957	0.658	100	7.6	LOS A	6.8	48.5	100	-	0.0	0.0
Lane 2	0	0	615	615	3.9	935	0.658	100	6.7	LOS A	5.4	39.5	100	-	0.0	0.0
Approach	385	0	859	1244	3.1		0.658		7.2	LOS A	6.8	48.5				
South West: Unidad Nacional																
Lane 1	475	0	0	475	5.6	918	0.517	100	6.6	LOS A	5.0	37.2	100	-	0.0	0.0
Lane 2	424	6	55	485	5.0	937	0.517	100	6.6	LOS A	5.2	37.9	100	-	0.0	0.0
Approach	899	6	55	960	5.3		0.517		6.6	LOS A	5.2	37.9				
Intersection				2740	3.9		0.658		9.2	LOS A	6.8	48.5				

Level of Service (LOS) Method: Delay & v/c (HCM 2010).

Lane LOS values are based on average delay and v/c ratio (degree of saturation) per lane.

LOS F will result if v/c > irrespective of lane delay value (does not apply for approaches and intersection).

Intersection and Approach LOS values are based on average delay for all lanes (v/c not used as specified in HCM 2010).

HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Figura 144: Resultados intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 14 de noviembre de 2013)

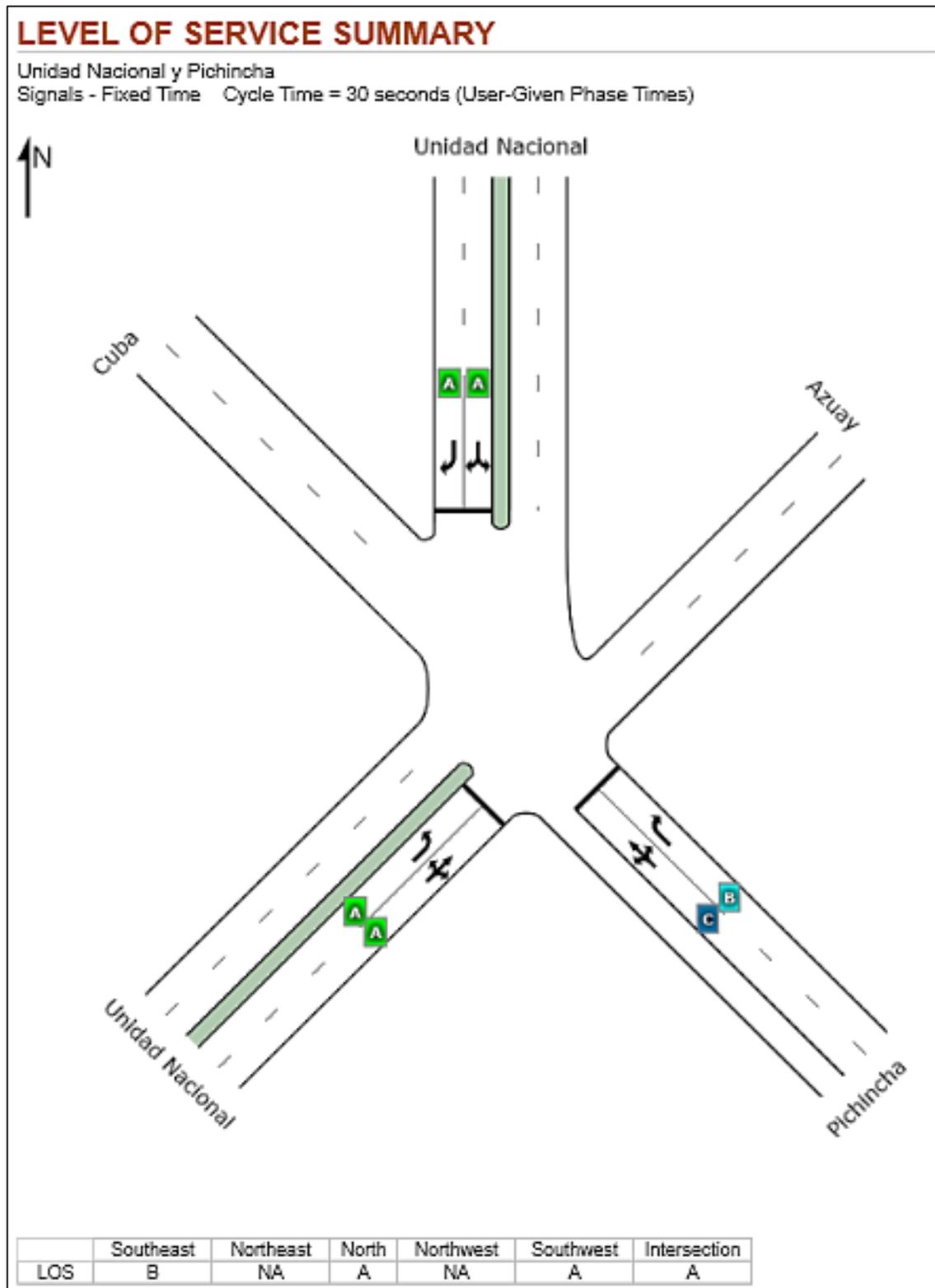


Figura 145: Niveles de servicio intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)
(Tomada el 14 de noviembre de 2013)

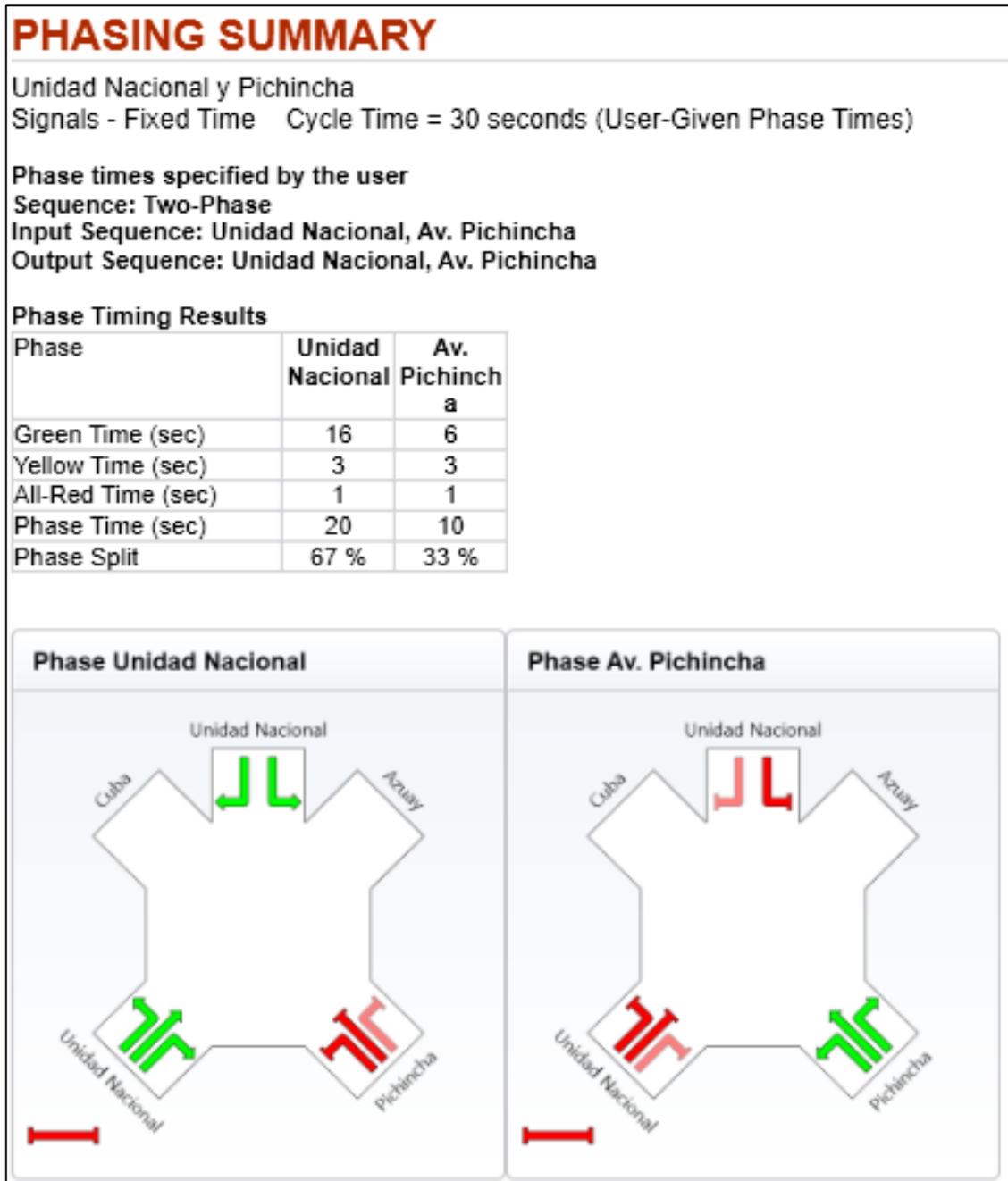


Figura 146: Fase semafórica intersección Av. Pichincha (Fuente: Sidra Intersection 5.1)

(Tomada el 14 de noviembre de 2013)

Verificados los resultados y seguros de que los niveles de servicio siguen siendo los buscados para garantizar un buen funcionamiento del corredor vial, entonces procedemos a realizar un nuevo diagrama distancia vs. Tiempo, con el cual hacemos coincidir todas las fases semafóricas de las intersecciones.

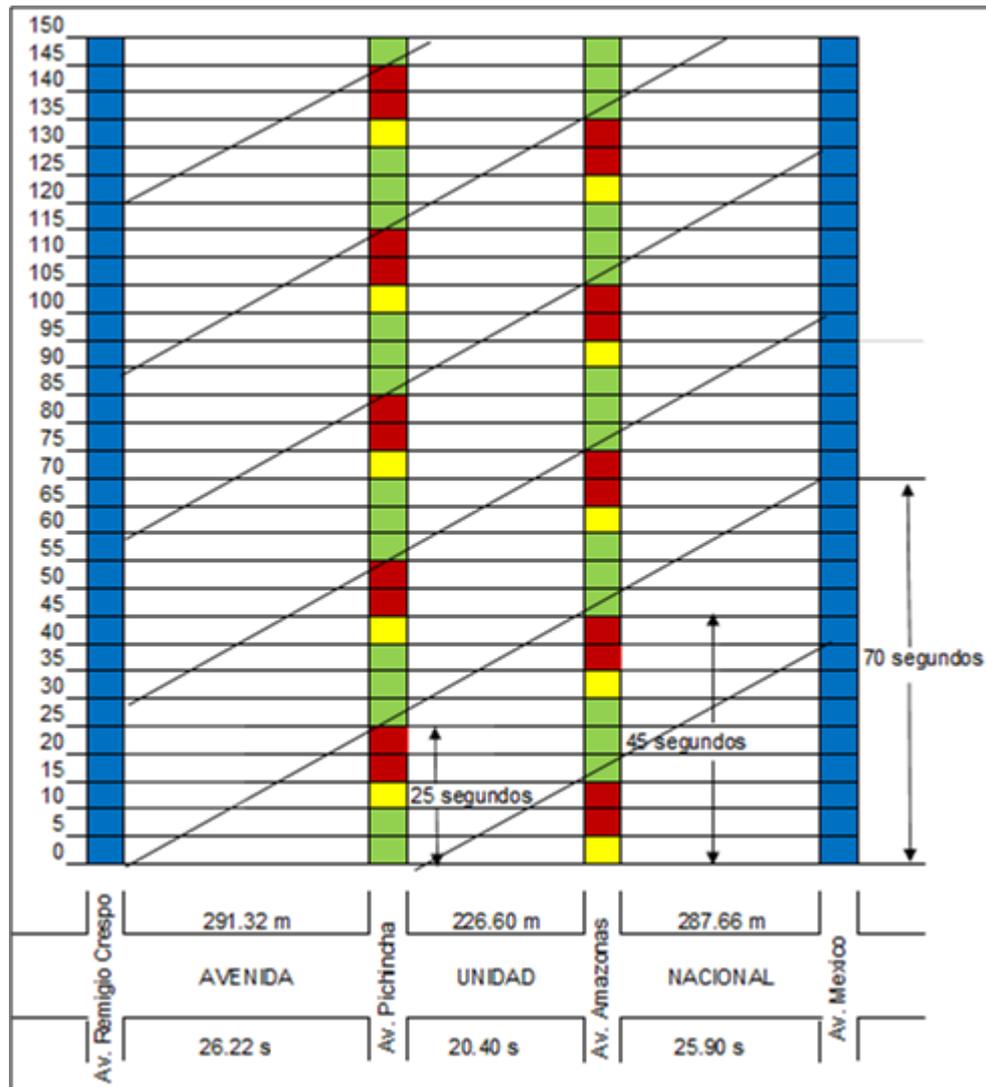


Figura 147: Diagrama Distancia vs. Tiempo Av. Pichincha (coordinado)

Entonces con esta modificación aseguramos la coordinación de las fases entre las intersecciones de la Av. Pichincha y Av. Amazonas del corredor en estudio, asegurando un tiempo promedio de circulación de 70 segundos en una distancia de 810 metros de longitud aproximadamente y con una velocidad promedio de 40 km/h.

Cabe recalcar, que esta coordinación tiene un contexto teórico y por lo tanto es muy sensible a ciertas demoras obedeciendo a la manera de conducir de los usuarios, estacionamiento momentáneo en la vía y demás factores que pueden alterar el tiempo propuesto.

4.8 ANALISIS ECONOMICO

Para concluir nuestro trabajo, realizamos un análisis económico referencial de las reformas propuestas para las intersecciones evaluadas dentro del corredor vial de la Av. Unidad Nacional. En primera instancia realizamos la descripción de rubros y cantidades necesarias por cada intersección.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES	
PROYECTO:	REFORMAS GEOMETRICAS Y DE SEMAFORIZACION EN EL CORREDOR DE LA AVENIDA UNIDAD NACIONAL ENTRE CALLE DEL BATAN Y AVENIDA MEXICO
CONSULTORES:	GABRIEL AGUIRRE MEJIA, GISELLA MAITA LEON
FECHA:	FEBRERO, 2014
PRESUPUESTO REFERENCIAL DE CONSTRUCCION TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES Y CANTIDADES	

CANTIDADES POR INTERSECCION							
Item	Descripción	Unidad	Cantidades por Intersección				
			Batán	R. Crespo	Pichincha	Amazonas	México
1.000	OBRAS PRELIMINARES						
1.001	Batería sanitaria provisional, 1 Inodoro + 1 lavamanos	u	-	1,00	-	-	1,00
1.002	Cerramiento provisional del sitio de construcción, tableros triplex H=2.44 ml	m	-	100,00	-	-	100,00
1.003	Desbroce y limpieza del terreno	m ²	-	490,00	-	-	490,00
1.004	Guardianía, bodega provisional de tabla y cubierta de Zinc	m ²	-	10,00	-	-	10,00
1.005	Letrero informativo de la obra (metálico)	u	-	4,00	-	-	4,00
1.006	Tala de árboles	u	-	2,00	-	-	2,00
2.000	DERROCAMIENTO, DEMOLICION Y RETIRO DE OBRAS EXISTENTES						
2.001	Replanteo y nivelación de Vías	m	600,00	1 400,00	700,00	800,00	1 000,00
2.002	Demolición de elementos de hormigón y piedra	m ³	-	45,00	-	-	45,00
2.003	Demolición de losa de pavimento de hormigón	m ³	-	18,00	-	-	18,00

CANTIDADES POR INTERSECCION							
Item	Descripción	Unidad	Cantidades por Intersección				
			Batán	R. Crespo	Pichincha	Amazonas	México
2.004	Demolición de parterres centrales	m ²	-	131,06	-	-	143,73
2.005	Demolición de bordillo de hormigón de hasta 15x40 cm	m	-	880,28	-	-	645,04
2.006	Retiro de luminarias	u	-	8,00	-	-	6,00
2.007	Retiro de postes de hormigón de hasta 6.00 m de alto	u	-	8,00	-	-	6,00
2.008	Retiro de semáforo y controlador de semáforo	u	3,00	-	3,00	-	-
2.009	Cargado de material manualmente	m ³	-	6,96	-	-	7,02
2.010	Cargado de material con minicargadora	m ³	-	62,60	-	-	63,17
2.011	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³ /km	-	69,55	-	-	70,19
3.000	MUROS, VEREDAS Y BORDILLOS						
3.001	Excavación manual material sin clasificar	m ³	-	201,71	-	-	222,22
3.002	Cargado de material manualmente	m ³	-	20,17	-	-	22,22
3.003	Cargado de material con minicargadora	m ³	-	181,53	-	-	200,00
3.004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	-	201,71	-	-	222,22
3.005	Relleno compactado con material de sitio	m ³	-	10,09	-	-	11,11
3.006	Relleno compactado con material de mejoramiento	m ³	-	10,09	-	-	11,11
3.007	Replanteo de piedra e = 15 cm	m ²	-	672,35	-	-	740,74
3.008	Bordillo incorporado de 10x30 cm, f'c = 210kg/cm ²	m	-	473,32	-	-	296,17

CANTIDADES POR INTERSECCION							
Item	Descripción	Unidad	Cantidades por Intersección				
			Batán	R. Crespo	Pichincha	Amazonas	México
3.009	Malla electrosoldada R-84	m ²	-	87,18	-	-	87,18
3.010	Losa de hormigón simple e = 5 cm, f'c = 210 kg/cm ²	m ²	-	87,18	-	-	87,18
3.011	Curado de superficie con aditivo químico	m ²	-	87,18	-	-	87,18
3.012	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	-	41,89	-	-	41,89
4.000	PAVIMENTACION RIGIDA						
4.001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m ³	-	807,01	-	-	427,09
4.002	Cargado de material con cargadora	m ³	-	807,01	-	-	427,09
4.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	-	807,01	-	-	427,09
4.004	Subrasante, conformación y compactación con equipo pesado	m ²	-	1 614,02	-	-	854,18
4.005	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m ³	-	322,80	-	-	170,84
4.006	Losa de Pavimento Hormigón f'c (28) = 300 kg/cm ²	m ³	-	242,10	-	-	128,13
4.007	Acero de refuerzo, fy=4200 Kg/cm ²	kg	-	4 483,39	-	-	2 372,72
4.008	Encofrado metálico para vías	m	-	494,25	-	-	394,25
4.009	Curado de superficie con aditivo químico	m ²	-	1 614,02	-	-	854,18
4.010	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	-	494,25	-	-	394,25
4.011	Junta de madera para losa de hormigón	m	-	164,75	-	-	131,42

CANTIDADES POR INTERSECCION							
Item	Descripción	Unidad	Cantidades por Intersección				
			Batán	R. Crespo	Pichincha	Amazonas	México
5.000	SEÑALIZACION Y DISPOSITIVOS DE CONTROL						
5.001	Señalización vertical	u	8,00	16,00	8,00	8,00	16,00
5.002	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	m	1 000,00	1 350,00	700,00	800,00	1 350,00
5.003	Pintura para señalización de paso peatonal, manual, franja de hasta 300 x 60 cm	m	68,00	100,00	85,00	80,00	75,00
5.004	Sistema semafórico vehicular una pantalla, suministro e instalación	global	4,00	-	3,00	4,00	-
6.000	IMPACTOS AMBIENTALES						
6.001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	4,00	8,00	4,00	4,00	8,00
6.002	Valla de madera para advertencia de sitio de obra	u	4,00	8,00	4,00	4,00	8,00
6.003	Señalización con cinta	m	200,00	400,00	200,00	200,00	400,00
6.004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20,00	40,00	20,00	20,00	40,00
6.005	Pasos peatonales de tabla	u	-	6,00	-	-	6,00
6.006	Cobertura de plástico (5 usos)	m ²	-	50,00	-	-	50,00
6.007	Bloques de hormigón para protección de vías	u	-	16,00	-	-	16,00
6.008	Letrero de Información del Proyecto	u	-	4,00	-	-	4,00
6.009	Difusión Social	global	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6.010	Caballote de madera con lona impresión a full color, suministro e instalación	u	1,00	4,00	1,00	1,00	4,00

Entonces con las cantidades especificadas, se realiza un análisis de precios unitarios, el cual lo incluimos en "Anexos" y de los cuales obtenemos los precios y que incluimos en el siguiente "Presupuesto referencial de construcción".

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES					
PROYECTO: REFORMAS GEOMETRICAS Y DE SEMAFORIZACION EN EL CORREDOR DE LA AVENIDA UNIDAD NACIONAL ENTRE CALLE DEL BATAN Y AVENIDA MEXICO					
CONSULTORES: GABRIEL AGUIRRE MEJIA, GISELLA MAITA LEON			FECHA: FEBRERO, 2014		
PRESUPUESTO REFERENCIAL DE CONSTRUCCION TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1.000	OBRAS PRELIMINARES				9 951,14
1.001	Batería sanitaria provisional, 1 Inodoro + 1 lavamanos	u	2,00	488,85	977,7
1.002	Cerramiento provisional del sitio de construcción, tableros triplex H=2.44 ml	m	200,00	28,57	5 714,0
1.003	Desbroce y limpieza del terreno	m ²	980,00	0,62	607,6
1.004	Guardianía, bodega provisional de tabla y cubierta de Zinc	m ²	20,00	36,62	732,4
1.005	Letrero informativo de la obra (metálico)	u	8,00	239,12	1 912,96
1.006	Tala de arboles	u	4,00	1,62	6,48
2.000	DERROCAMIENTO, DEMOLICION Y RETIRO DE ESCOMBROS				12 242,48
2.001	Replanteo y nivelación de Vías	m	4 500,00	0,94	4 230,0
2.002	Demolición de elementos de hormigón y piedra	m ³	90,00	20,32	1 828,8
2.003	Demolición de losa de pavimento de hormigón	m ³	36,00	21,13	760,68
2.004	Demolición de parterres centrales	m ²	274,79	3,39	931,54
2.005	Demolición de bordillo de hormigón de hasta 15x40 cm	m	1 525,32	2,03	3 096,4
2.006	Retiro de luminarias	u	14,00	22,10	309,4
2.007	Retiro de postes de hormigón de hasta 6.00 m de alto	u	14,00	30,75	430,5

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
2.008	Retiro de semáforo y controlador de semáforo	u	6,00	15,94	95,64
2.009	Cargado de material manualmente	m ³	13,97	1,63	22,78
2.010	Cargado de material con minicargadora	m ³	125,77	3,29	413,77
2.011	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³ /km	139,74	0,88	122,97
3.000	MUROS, VEREDAS Y BORDILLOS				23 270,49
3.001	Excavación manual material sin clasificar	m ³	423,93	11,85	5 023,53
3.002	Cargado de material manualmente	m ³	42,39	3,29	139,47
3.003	Cargado de material con minicargadora	m ³	381,53	1,63	621,9
3.004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	423,93	1,86	788,5
3.005	Relleno compactado con material de sitio	m ³	21,20	6,17	130,78
3.006	Relleno compactado con material de mejoramiento	m ³	21,20	26,39	559,37
3.007	Replanto de piedra e = 15 cm	m ²	1 413,09	5,92	8 365,49
3.008	Bordillo incorporado de 10x30 cm, f'c = 210 kg/cm ²	m	769,49	7,06	5432,6
3.009	Malla electrosoldada R-84	m ²	174,36	2,44	425,44
3.010	Losa de hormigón simple e = 5 cm, f'c = 210 kg/cm ²	m ²	174,36	8,48	1 478,57
3.011	Curado de superficie con aditivo químico	m ²	174,36	0,60	104,62
3.012	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	83,77	2,39	200,22
4.000	PAVIMENTACION RIGIDA				98 042,25
4.001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m ³	1 234,10	3,00	3 702,3
4.002	Cargado de material con cargadora	m ³	1 604,33	1,63	2 615,06
4.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	1 604,33	1,86	2 984,05
4.004	Subrasante, conformación y compactación con equipo pesado	m ³	2 468,20	0,98	2 418,84
4.005	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m ³	493,64	23,61	11 654,84
4.006	Losa de Pavimento Hormigón f'c (28) = 300 kg/cm ²	m ³	370,23	150,41	55 686,29

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
4.007	Acero de refuerzo, fy=4200 kg/cm ²	kg	6 856,11	1,66	11 381,14
4.008	Encofrado metálico para vías	m	888,50	2,16	1 919,16
4.009	Curado de superficie con aditivo químico	m ²	2 468,20	0,60	1 480,92
4.010	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	888,50	4,17	3 705,05
4.011	Junta de madera para losa de hormigón	m	296,17	1,67	494,6
5.000	SEÑALIZACION				109 282,22
5.001	Señalización vertical	u	56,00	108,94	6 100,64
5.002	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	m	5 200,00	1,30	6 760,00
5.003	Pintura para señalización de paso peatonal, manual, franja de hasta 300 x 60 cm	m	408,00	13,73	5 601,84
5.004	Sistema semafórico vehicular una pantalla, suministro e instalación	global	11,00	8 256,34	90 819,74
6.000	IMPACTOS AMBIENTALES				6 072,87
6.001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	28,00	18,73	524,44
6.002	Valla de madera para advertencia de sitio de obra	u	28,00	33,79	946,12
6.003	Señalización con cinta	m	1 400,00	0,19	266,00
6.004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	140,00	4,54	635,6
6.005	Pasos peatonales de tabla	u	12,00	8,24	98,88
6.006	Cobertura de plástico (5 usos)	m ²	100,00	0,23	23,00
6.007	Bloques de hormigón para protección de vías	u	32,00	15,97	511,04
6.008	Letrero de Información del Proyecto	u	8,00	239,12	1 912,96
6.009	Difusión Social	global	5,00	100,00	500
6.010	Caballote de madera con lona impresión a full color, suministro e instalación	u	11,00	59,53	654,83
SUBTOTAL					258 861,45
I.V.A.				12%	31 063,37
TOTAL					289 924,82

Son: DOS CIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS VEINTE Y CUATRO CON 82/100 U.S. DOLARES

Tomando en cuenta el beneficio que se consigue aplicando estas reformas al corredor, la factibilidad de inversión en este tipo de modificaciones contribuye con un gran margen de beneficio para la comunidad, por lo cual recomendamos plenamente su ejecución.

Además debemos contemplar que este primer presupuesto se basa casi en su totalidad en rubros de ejecución de obra civil, sin tomar en cuenta instalaciones eléctricas, electrónicas y de telecomunicaciones, pues para hacerlo deberíamos tener la colaboración de profesionales en el área. Pero para hacer una primera apreciación económica es muy útil.

Con esto llegamos a la parte culminante de nuestra evaluación del estado actual del corredor de la Av. Unidad Nacional comprendido entre las intersecciones Calle del Batán, Av. Remigio Crespo, Av. Pichincha, Av. Amazonas y Av. México; incluyendo sus respectivas reformas para mejorar los niveles de servicio y capacidad vial de las mismas.

A continuación procedemos a realizar nuestras conclusiones y recomendaciones de trabajo realizado.

Muchas gracias por su atención.

Gabriel y Gisella.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

SITUACIÓN ACTUAL

Una vez realizado el respectivo análisis de la situación actual del corredor, se puede observar que la operación del mismo no presenta mayores dificultades para el corredor en sí, en términos generales.

A continuación se presenta un cuadro resumen en el que se puede apreciar los niveles de servicio obtenidos para cada intersección ubicada a lo largo del corredor objeto de estudio.

Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

Tabla 63: Niveles de servicio intersección Calle del Batán.

Acceso	Demora (s)	Nivel de servicio
Unidad Nacional Sur-Norte	13,9	B
Unidad Nacional Norte-Sur	11,7	B
Calle del Batán Este-Oeste	20,1	C
Calle del Batán Oeste-Este	19,9	B
Intersección	14,8	B

Como se puede observar, el nivel de servicio más desfavorable obtenido en esta intersección para el acceso por la Calle del Batán en sentido este – oeste, en las condiciones actuales de operación, es C, con la demora máxima de 20,1 segundos, y un nivel de servicio global B para la intersección en conjunto.

Al considerar que el análisis se realizó para la hora pico, estos resultados nos indican que incluso en la hora de máxima demanda aún existe fluidez en la circulación vehicular, al no ser excesivas las demoras que experimentan los usuarios para poder atravesar la intersección. A la par, estos resultados también nos indican que la capacidad vial actual de sus accesos aún satisface la demanda que circula por ellos, sin generar mayor conflicto de sobresaturación en horas pico.

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo**Tabla 64: Niveles de servicio intersección Av. Remigio Crespo.**

Acceso	Demora (s)	Nivel de servicio
Unidad Nacional Sur-Norte	22,2	C
Unidad Nacional Norte-Sur	18,3	B
Av. Remigio Crespo Este-Oeste	21,6	C
Av. Remigio Crespo Oeste-Este	19,7	B
Intersección	20,5	C

Esta intersección presenta niveles de servicio menos favorables que la anterior, y por tanto, los usuarios experimentan mayores demoras para atravesarla. El acceso más crítico (Av. Unidad Nacional sur – norte) tiene un nivel de servicio C con 22,2 segundos de demora, lo cual se pudo constatar mediante observaciones realizadas en campo, al no contar con una metodología para este tipo de rotondas (de 2 carriles) que los respaldara.

Esta intersección es la que cuenta con los mayores volúmenes vehiculares en la hora de máxima demanda, entre todas las intersecciones del corredor, lo cual genera cierto conflicto en la hora pico, al formarse colas de vehículos que tardan para incorporarse a la rotonda y atravesarla, creando interrupciones en la circulación vehicular a lo largo del corredor.

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha**Tabla 65: Niveles de servicio intersección Av. Pichincha.**

Acceso	Demora (s)	Nivel de servicio
Unidad Nacional Norte-Sur	6,0	A
Unidad Nacional Norte-Este	10,1	B
Calle Azuay Sur-Oeste	1,9	A
Av. Pichincha Norte-Oeste	96,7	F
Intersección	25,1	C

Esta intersección presenta el peor nivel de servicio en el acceso por la Av. Pichincha, obteniendo un nivel F, con una demora de 96,7 segundos, lo cual resulta considerablemente alto e indica que se forman considerables colas de espera durante la hora pico, además conduce a un nivel de servicio C para toda la intersección global con una demora de 25,1 segundos.

La operación en el acceso que presenta la demora excesiva se dificulta por la existencia de estacionamientos vehiculares permanentes, a pesar de que éstos no están

permitidos, lo cual reduce en gran medida la capacidad vial, y se ve reflejado en la demora obtenida, generando la sobresaturación de esta vía durante la hora de máxima demanda.

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Amazonas

Tabla 66: Niveles de servicio intersección Av. Amazonas

Acceso	Demora (s)	Nivel de servicio
Unidad Nacional Norte-Este	3,7	A
Unidad Nacional Sur-Oeste	4,1	A
Amazonas Sur-Este	51,6	E
Amazonas Norte-Oeste	44,2	E
Intersección	5,7	A

Esta intersección, al ser no semaforizada (únicamente señalizada con indicaciones de pare en los ingresos por la calle secundaria: Amazonas), como es obvio, se obtiene las mayores demoras en la calle secundaria, debido a que los vehículos que circulan por la misma, deben esperar la oportunidad de algún intervalo disponible para incorporarse a la intersección, ya que las maniobras de cualquier movimiento que se realice en dichas vías secundarias, tienen conflicto con los movimientos direccionales que realizan los vehículos en la vía principal, al tener ésta la prioridad de paso.

Por lo tanto, se generan demoras significativas en los accesos de la calle secundaria, a pesar que la demanda en éstos es por mucho menor a la capacidad vial. Por otra parte, las demoras en el corredor objeto de estudio son irrelevantes, al corresponder a la vía principal que no tiene obstáculos ni impedimentos para la libre circulación vehicular.

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. México

Tabla 67: Niveles de servicio intersección Av. México.

Acceso	Demora (s)	Nivel de servicio
Av. México Sur-Este	14,3	B
Unidad Nacional Sur-Oeste	23,0	C
Av. 10 de Agosto Sur-Norte	14,8	B
Intersección	17,1	B

En esta intersección se pueden apreciar demoras considerables, siendo la más desfavorable precisamente la del acceso por la Av. Unidad Nacional, con un nivel de servicio C y 23 segundos de demora, resultados que, al igual que en la intersección con la Av. Remigio Crespo, fueron corroborados en campo.

En efecto, los vehículos experimentan esa demora en incorporarse y atravesar la intersección, generándose colas no muy extensas durante la hora de máxima demanda y dando como resultado una demora de la intersección global de 17,1 segundos, con un nivel de servicio B, que en términos generales es buena, y se refleja en una relativa fluidez en la circulación vehicular, aún en horas pico.

Finalmente, en todas las intersecciones objetos de estudio del presente trabajo, se pudo apreciar que existe una falta de señalización tanto vertical como horizontal. En ciertos casos no hay suficientes letreros verticales así como indicaciones sobre la calzada, y los que existen se encuentran en malas condiciones, debido a una falta de mantenimiento permanente y adecuado, siendo necesario el reemplazo de algunos de ellos.

Por otra parte, también se pudo constatar que hay gran imprudencia por parte de los peatones, pues no respetan los cruces peatonales cebra, destinados para su paso seguro, poniendo en riesgo su integridad. Esto se pudo apreciar en las pocas intersecciones que cuentan con esta señalización, y en las cuales la pintura ya ha sido desgastada prácticamente en su totalidad.

SOLUCIONES MEDIANTE REFORMAS A CORTO Y LARGO PLAZO

Luego de analizar los resultados obtenidos en la evaluación del estado actual del corredor y cada una de sus intersecciones, se proponen reformas geométricas y en algunos casos, de tránsito, para mejorar la operación de las intersecciones, reduciendo las demoras, mejorando la capacidad vial y por lo tanto, los niveles de servicio.

El estado de operación y las demoras en cada intersección (y cada uno de los accesos a las mismas), tal como se analizó en el punto precedente de las conclusiones, no son excesivas en la mayoría de los casos, y por lo tanto, no se tienen niveles de servicio demasiado bajos; en función a lo cual no se requiere de mayor intervención en cuanto a características geométricas, siendo necesarias únicamente en algunos casos.

Las soluciones que se plantean (alternativas definitivas para cada intersección), están evaluadas para satisfacer la demanda en mejores condiciones que las actuales, tanto la que se registra actualmente, como la proyectada a 3 años, que se tomó como horizonte de vida útil para las propuestas realizadas, de tal manera, que hasta el año 2016, cada una de las intersecciones funcione adecuadamente, con un nivel de servicio C como límite. Adicionalmente, se propone una adecuada señalización, tanto vertical como horizontal para todas las intersecciones.

A continuación se resumen las reformas planteadas para cada intersección.

Intersección Av. Unidad Nacional y Calle del Batán

En esta intersección, básicamente se plantea aumentar la capacidad vial de la calle del Batán, en sus dos sentidos de circulación, de un carril existente actualmente en los ingresos a la intersección, a dos carriles, pues las características físicas y geométricas del acceso lo permiten.

Además, se prohíbe el estacionamiento en la vía, con lo cual se garantiza que la calle funcionará al 100% de su capacidad, satisfaciendo de mejor manera la demanda actual, y estando en capacidad de satisfacer la demanda futura (proyectada a 3 años de vida útil de la intersección semaforizada) en condiciones aún favorables.

Por otra parte, en función a los volúmenes vehiculares reales que circulan por esta intersección, y con el fin de disminuir las demoras, se modifica el ciclo semafórico actual, y sus respectivas fases, manteniendo el dispositivo a tiempo fijo. Tomando en cuenta todas estas reformas realizadas, se obtienen los niveles de servicio que se muestran en la tabla 68, tanto para la demanda actual, como para la futura.

Tabla 68: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Calle del Batán.

Acceso	Demora 2013 (s)	Nivel de servicio 2013	Demora 2016 (s)	Nivel de servicio 2016
Unidad Nacional Sur-Norte	8,90	A	14,50	B
Unidad Nacional Norte-Sur	6,90	A	10,20	B
Calle del Batán Este-Oeste	14,70	B	23,90	C
Calle del Batán Oeste-Este	13,50	B	27,30	C
Intersección	9,70	A	15,80	B

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Remigio Crespo

En esta intersección, tal como se explicó en la parte correspondiente del desarrollo del presente trabajo de grado, se plantearon algunas reformas detalladas en el capítulo 4, y se evaluó cada una de ellas, obteniendo el mejor resultado con la propuesta que consiste en aumentar el número de carriles tanto en los accesos a la rotatoria, como dentro del redondel, de dos que existen actualmente, a tres; tomando en cuenta todas las reformas geométricas que esta ampliación conlleva respecto a las isletas centrales en los accesos, con lo cual se conserva el redondel únicamente reduciendo su diámetro, manteniendo el monumento de los Tótems, uno de los más representativos de la ciudad.

Evaluando la propuesta descrita en el párrafo anterior, se logró reducir significativamente las demoras, aumentando la capacidad vial y mejorando los niveles de servicio, tanto para la demanda actual como para la futura (proyectada a 3 años de vida útil que se plantea para esta alternativa). Sin embargo, es necesario recalcar que en los cálculos, es decir, en la teoría se consigue mejorar la operación de la intersección mediante esta reforma, pero en la práctica es muy difícil conseguir que realmente los vehículos circulen formando 3 carriles dentro de la glorieta, donde uno por lo general, siempre está destinado para resguardo y no funciona al 100% de su capacidad, aunque sí se va a conseguir mejorar la intersección, quizá no tan favorablemente como lo reflejan los resultados de los respectivos cálculos.

Tomando en cuenta todas estas reformas realizadas, se obtienen los niveles de servicio que se muestran en la tabla 69, tanto para la demanda actual, como para la futura.

Tabla 69: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Remigio Crespo.

Acceso	Demora 2013 (s)	Nivel de servicio 2013	Demora 2016 (s)	Nivel de servicio 2016
Unidad Nacional Sur-Norte	8,50	A	11,70	B
Unidad Nacional Norte-Sur	9,10	A	41,60	D
Av. Remigio Crespo Este-Oeste	7,90	A	38,30	D
Av. Remigio Crespo Oeste-Este	9,60	A	34,40	C
Intersección	8,70	A	32,60	C

Intersección Av. Unidad Nacional y Av. Pichincha

Para esta intersección se realizaron algunas reformas, unas en relación a sus características físicas, y otras de tránsito. Con respecto a las primeras, con el fin de mejorar el nivel de servicio de la Av. Pichincha, que en la actualidad experimenta demoras excesivas, se planteó aumentar de 1 carril con el que cuenta en el estado actual, a 2 carriles para ingresar a la intersección.

Además, se prohíbe el parqueo de vehículos mediante la respectiva señalización y se optimizó el ciclo semafórico con sus respectivas fases, en función de la demanda real que tiene la intersección durante la hora pico, manteniendo el dispositivo electrónico de control a tiempo fijo.

Adicionalmente, como reforma de tránsito, se planteó la unidireccionalidad de la calle Azuay, de tal manera que ya no sirva como un acceso, sino únicamente como salida de la intersección, este planteamiento se realizó previo a un análisis del volumen vehicular que ingresa por dicha calle, el cual es completamente irrelevante, y por tanto no se verá afectado.

Todo esto con el fin de mejorar los niveles de servicio, reduciendo las demoras que experimentan los vehículos para atravesar la intersección, y mejorando la capacidad vial, con lo que se puede satisfacer la demanda actual y la futura (proyectada a 3 años de vida útil que se plantea para esta alternativa). Tomando en cuenta todas estas reformas realizadas, se obtienen los niveles de servicio que se muestran en la tabla 70, tanto para la demanda actual, como para la futura.

Tabla 70: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Pichincha.

Acceso	Demora 2013 (s)	Nivel de servicio 2013	Demora 2016 (s)	Nivel de servicio 2016
Av. Unidad Nacional Norte-Sur	9,80	A	12,70	B
Av. Unidad Nacional Norte-Este	8,60	A	8,50	A
Av. Pichincha Norte-Oeste	30,40	C	32,80	C
Intersección	13,40	B	15,10	B

Intersección Av. Unidad Nacional y Amazonas

En esta intersección, con el fin de reducir las demoras que experimentan los vehículos que transitan por la calle secundaria (Amazonas), se plantea la semaforización de la intersección, mediante un dispositivo que funcionará a tiempo fijo; obteniendo el ciclo semafórico con sus respectivas fases en función a la demanda real que ingresa por cada uno de los accesos, tanto para la situación actual como para la proyección realizada a 3 años de vida útil que se plantea para esta alternativa.

Además, se propone aumentar el número de carriles en los accesos por la calle Amazonas, de uno que existe actualmente, a dos, y prohibir el estacionamiento en la vía, con el propósito de aumentar la capacidad vial y mejorar su nivel de servicio. Tomando en cuenta todas estas reformas realizadas, se obtienen los niveles de servicio que se muestran en la tabla 71, tanto para la demanda actual, como para la futura.

Tabla 71: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. Amazonas

Acceso	Demora 2013 (s)	Nivel de servicio 2013	Demora 2016 (s)	Nivel de servicio 2016
Unidad Nacional Norte-Este	6,50	A	7,60	A
Unidad Nacional Sur-Oeste	4,70	A	4,60	A
Amazonas Sur-Este	4,80	A	7,00	A
Amazonas Norte-Oeste	5,50	A	16,80	B
Intersección	5,70	A	8,00	A

Intersección Av. Unidad Nacional y México

En esta intersección, al igual que en la Av. Remigio Crespo, al tratarse de una glorieta, se plantearon algunas reformas detalladas en el capítulo 4, y se evaluó cada una de ellas, obteniendo el mejor resultado con la propuesta que consiste en aumentar el número de carriles tanto en los accesos a la rotatoria, como dentro del redondel, de dos que existen actualmente, a tres; tomando en cuenta todas las reformas geométricas que esta ampliación conlleva respecto a las isletas centrales en los accesos, con lo cual se conserva el redondel únicamente reduciendo su diámetro.

Evaluando la propuesta descrita en el párrafo anterior, se logró reducir significativamente las demoras, aumentando la capacidad vial y mejorando los niveles de servicio, tanto para la demanda actual como para la futura (proyectada a 3 años de vida útil que se plantea para esta alternativa). Sin embargo, es necesario recalcar que en los cálculos, es decir, en la teoría se consigue mejorar la operación de la intersección mediante esta reforma, pero en la práctica es muy difícil conseguir que realmente los vehículos circulen formando 3 carriles dentro de la glorieta, donde uno por lo general, siempre está destinado para resguardo y no funciona al 100% de su capacidad, aunque sí se va a conseguir mejorar la intersección, quizá no tan favorablemente como lo reflejan los resultados de los respectivos cálculos.

Tomando en cuenta todas estas reformas realizadas, se obtienen los niveles de servicio que se muestran en la tabla 72, tanto para la demanda actual, como para la futura.

Tabla 72: Niveles de servicio actual y proyectado intersección Av. México.

Acceso	Demora 2013 (s)	Nivel de servicio 2013	Demora 2016 (s)	Nivel de servicio 2016
Av. México Sur-Este	5,20	A	7,80	A
Unidad Nacional Sur-Oeste	4,60	A	5,40	A
Av. 10 de Agosto Sur-Norte	3,30	A	5,00	A
Intersección	4,20	A	6,20	A

COORDINACIÓN SEMAFÓRICA

En las intersecciones semaforizadas (Amazonas), y en aquellas que se optimizaron las fases y los ciclos semafóricos existentes en función a la demanda real en hora pico (Calle del Batán y Av. Pichincha), se utilizaron dispositivos de tiempo fijo, por lo tanto los ciclos de los semáforos son constantes a lo largo de todo el día, garantizando satisfacer en óptimas condiciones (sin demoras excesivas ni largas colas y con un nivel de servicio C como máximo) el tránsito vehicular durante la hora de máxima demanda.

Debido a que las intersecciones rotatorias se mantienen, no es factible realizar la coordinación de todo el corredor; sin embargo, es posible llevarla a cabo entre las intersecciones correspondientes a la Av. Pichincha y Av. Amazonas, siendo éstas las únicas semaforizadas continuas. Cabe recalcar que la coordinación semafórica se realizó en sentido norte-sur, pues éste registra mayor volumen de tráfico que el sentido contrario.

De esta forma, únicamente realizando un ajuste en el ciclo y las fases semafóricas de la Av. Pichincha, el cual no disminuye el nivel de servicio de dicha intersección, se consiguió que estos dispositivos contiguos estén coordinados de tal manera que un vehículo que sale de la rotatoria de la Av. Remigio Crespo, pueda atravesar tanto la Av. Pichincha como la Av. Amazonas, respectivamente, durante la fase verde, en un tiempo promedio de 70 s de recorrido, a una velocidad de circulación promedio de 40 km/h, atravesando aproximadamente 810 m de longitud.

Por otra parte, se debe resaltar que la coordinación semafórica se realizó a un nivel microscópico y asumiendo condiciones normales en la circulación vehicular; sin embargo, éstas son sensibles a varios factores, como estacionamientos momentáneos en la vía, comportamiento de peatones y conductores (infracciones, tiempo de reacción, accidentes, entre otros), lo cual puede generar demoras que no están contempladas en este análisis, afectando el tiempo estimado para el recorrido del tramo coordinado.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Con respecto al análisis económico realizado, debemos recalcar que es sobre un presupuesto referencial, si bien constan los rubros correspondientes a la obra civil, quedan muchos otros por analizar detalladamente, correspondientes a diferentes áreas técnicas como electricidad, electrónica y telecomunicaciones, los cuales son necesarios integrarlos a este presupuesto, pero para los objetivos de este trabajo son suficientes los que constan.

El costo total del proyecto es de \$ 289 924,82.

RECOMENDACIONES

Con respecto a la situación actual

El análisis de la situación actual del tráfico en el corredor de la Av. Unidad Nacional, se realizó en base a los resultados obtenidos en la consultoría “Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”, para la cual, el levantamiento de la información en campo (conteos vehiculares) se realizó en el período de vacaciones de las instituciones educativas.

Por lo tanto, se recomienda comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo de grado, con los resultados que se obtendrían haciendo uso de nuevos datos, provenientes de aforos vehiculares que se realicen durante el período lectivo, ya que el comportamiento del tráfico vehicular cambia notablemente durante el receso de actividades de escuelas, colegios y universidades; y esto influirá directamente sobre los resultados que se obtengan al analizar nuevamente la capacidad vial y niveles de servicio de las intersecciones ubicadas en el corredor objeto de estudio.

Con respecto a las soluciones mediante reformas a corto y largo plazo

Las soluciones que se presentan en este trabajo, a través de las propuestas definitivas, fueron validadas mediante los resultados conseguidos al evaluar los diferentes escenarios, y optar por aquellos con los cuales se obtuvieron los mejores niveles de servicio con las mínimas demoras tanto individualmente para cada uno de los accesos, como globalmente para cada intersección.

Sin embargo, para garantizar que los resultados de los cálculos se vean reflejados en la fluidez vehicular a lo largo del corredor de la Av. Unidad Nacional, sin largas colas en las intersecciones durante las horas de máxima demanda, es necesario efectuar un monitoreo permanente de las condiciones de operación de las intersecciones, así como del cumplimiento de las normas de tránsito (lugares de estacionamiento prohibido, límites de velocidad, respeto a los cruces peatonales, entre otros).

Con respecto a la coordinación semafórica

La coordinación semafórica realizada en el presente trabajo satisface la demanda actual por parte de los usuarios; sin embargo, es preciso que se efectúe un análisis y control periódico del funcionamiento eficiente del sistema semafórico, y de ser el caso, realizar los reajustes y modificaciones necesarios en los ciclos y fases semafóricas de las intersecciones.

De esta manera se puede garantizar la actividad coordinada de los dispositivos durante los próximos 3 años (hasta el 2016), período que fue establecido como horizonte de diseño para la vida útil de todas las propuestas definitivas planteadas. Complementariamente, también es indispensable que se proporcione un mantenimiento adecuado y oportuno al sistema semafórico, y así evitar averías que pueden causar el caos en el tráfico vehicular a lo largo del corredor.

Con respecto al análisis económico

En el análisis económico que se presenta en este trabajo, existe un gran nivel de detalle respecto a los rubros que corresponden a la obra civil del proyecto, en cuanto a análisis de precios unitarios; sin embargo, hay otros rubros correspondientes a diferentes áreas técnicas como telecomunicaciones, electrónica, entre otros, que fueron contemplados únicamente a nivel general, al estar fuera del alcance del presente trabajo de grado. Por lo tanto, con el fin de tener un presupuesto referencial del proyecto en forma integral, se recomienda completar al mismo nivel de detalle los rubros mencionados.

Con respecto a los sistemas alternativos de movilidad

Los sistemas alternativos de transporte son un componente muy importante dentro de la composición vehicular cuando nos referimos a movilidad sostenible, pues son totalmente ecológicos, tiene muchos beneficios para la salud, y ocupa menos espacio que un vehículo liviano, de esta manera evita el congestionamiento y contribuye al cuidado del medio ambiente.

Tanto en las observaciones realizadas en campo, como en los resultados de los estudios de la consultoría “Estudios de volúmenes de tráfico en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”, se puede concluir que en el tramo del corredor de la Av. Unidad Nacional, objeto de estudio, el porcentaje de estos medios de transporte alternativos es muy bajo en comparación con los vehículos motorizados.

Esto nos indica que aún falta crear conciencia social y ambiental en la población para generar una verdadera movilidad sustentable, y que realmente se pueda mantener en el tiempo; es necesario incentivar a la gente para que haga uso de los medios de transporte alternativos, pero para ello, también es preciso dotar de la infraestructura adecuada que se requiere, con el fin de proporcionar seguridad y confort a los usuarios.

Con respecto a la señalización

Es muy importante contar con la respectivas señales regulatorias y de información, que controlen de alguna manera el movimiento del tránsito e informen a los usuarios de la vía, respectivamente, advirtiendo límites máximos de velocidad, zonas de embarque y desembarque de pasajeros del transporte público, zonas escolares, etc.

Por otra parte, también se requiere que las señales horizontales, como líneas de pare y ceda el paso con cruce peatonal cebra, líneas divisorias de carril, indicaciones sobre el pavimento para los respectivos giros, entre otras, sean claras y visibles tanto para los peatones como para los conductores.

Con respecto a los peatones

Tal como se indicó en las conclusiones, en el análisis realizado en campo se pudo observar que no hay educación vial por parte de los peatones, y la imprudencia en su proceder puede ocasionar accidentes de tránsito, poniendo en riesgo su vida, así como la del conductor.

Debido a estas infracciones por parte de los peatones a la señalización de los pasos destinados para su cruce seguro, no se pudieron recabar los datos necesarios respecto a peatones, para ser incluidos en el análisis de los niveles de servicio y de esta forma poder evaluar de una manera integral las intersecciones. Por lo que, se recomienda que en un futuro se realicen estudios peatonales en los que se pueda determinar la conducta de los mismos; de tal manera que se pueda complementar el análisis y evaluación del presente trabajo de grado.

Con respecto a la bibliografía: HCM 2010 (Redondeles)

Como se explicó a lo largo del desarrollo del presente trabajo, la principal dificultad encontrada al momento de realizar los cálculos, fue en las intersecciones rotatorias, debido a que la metodología disponible (HCM2000) no incluye un análisis de glorietas multi-carriles, sino únicamente de un solo carril. No obstante, el HCM2010 ya contempla un procedimiento para dichas rotondas; sin embargo, no fue posible acceder a dicho material, pues no se encuentra disponible, y tener acceso a este manual implicaba un costo extra fuera de nuestro alcance.

Por lo tanto, se recomienda a la Universidad, realizar gestiones para ampliar la biblioteca de la Facultad de Ciencia y Tecnología, incluyendo este material al que la

Universidad, como institución educación de alto nivel, podrá tener acceso con mayor facilidad, pues este manual (HCM2010) es de suma utilidad, y casi imprescindible en materia de tránsito y transporte.

Con respecto al software de análisis mesoscópico a 4 etapas.

Es recomendable adquirir por parte de la Universidad un software de características mesoscópicas, que a pesar de conseguir datos muy confiables por medio del uso del software "Sidra intersection 5.1", sus capacidades son limitadas al campo microscópico, por tanto invitamos a realizar una modelación futura de estos datos y próximos proyectos que se deseen evaluar con el uso de un software con mayores ventajas de cálculo.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

- HCM 2000. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*. USA: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Cal y Mayor R., Cárdenas J. (2007). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfa Omega Grupo Editor.
- México. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. (2003). *Manual Normativo Tomo XII – Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. México: SEDESOL
- Botero, T. (2008). *Revisión y re-diseño de la planeación semaforica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Gasulla, M. (2012). *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico*
- Roess, Prassas and Mcshane. (2004). *Traffic Engineering*.
- Dirección Municipal de Transito (2013). Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca.
- Akcelik and Associates Pty Ltd. [download]. Version 5.1 Sidra Intersection Software. Programa computacional.
- Garber N., Lester H. (2005). *Ingeniería de Tránsito y de Carreteras*. España: Thomson.
- Gómez R (2004). *Texto del Alumno: Ingeniería de Tráfico*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

ELECTRÓNICAS

- Referencia cartográfica de diferentes ubicaciones. <https://maps.google.com.ec>. Del 08 de octubre de 2013 al 11 de octubre de 20113.

ANEXOS

[Anexo 1: Oficio de aprobación para uso de información de consultoría “Estudio de volúmenes de tráfico en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”.](#)

[Anexo 1: Intersección Calle del Batán 1 \(Plano\)](#)

[Anexo 2: Intersección Calle del Batán 2 \(Plano\)](#)

[Anexo 3: Intersección Av. Remigio Crespo 1 \(Plano\)](#)

[Anexo 4: Intersección Av. Remigio Crespo 2 \(Plano\)](#)

[Anexo 5: Intersección Av. Pichincha 1 \(Plano\)](#)

[Anexo 6: Intersección Av. Pichincha 2 \(Plano\)](#)

[Anexo 7: Intersección Av. Amazonas 1 \(Plano\)](#)

[Anexo 8: Intersección Av. Amazonas 2 \(Plano\)](#)

[Anexo 9: Intersección Av. México \(Plano\)](#)

[Anexo 10: Corredor Av. Unidad Nacional: Estado Actual \(Plano\)](#)

[Anexo 11: Corredor Av. Unidad Nacional: Propuesta \(Plano\)](#)

[Anexo 12: Análisis de precios unitarios](#)