FACULTAD DE INGENIERÍA

Modelación del tránsito y propuestas de solución del corredor vial Av. Don Bosco, Piura

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Luis Alberto Alzamora Hidalgo
Carlos Enrique Rosales Ruiz

Asesor(es):
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Araujo Ñopo

Piura, junio de 2020

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Resumen Analítico – Informativo

Modelación del tránsito y propuestas de solución del corredor vial Av. Don Bosco, Piura.
Luis Alberto Alzamora Hidalgo; Carlos Enrique Rosales Ruiz.
Asesor(es): Mgtr. Ing. Jorge Alberto Araujo Ñopo.
Tesis.
Título de Ingeniero Civil.
Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
Piura, junio 2020.

Palabras Claves: Modelación/ Synchro 8/ Tránsito/ Don Bosco/ Piura/ Solución Vial.

Introducción: La presente tesis tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico de la situación actual en la Av. Don Bosco que revele las fallas técnicas en el sistema vial.

Metodología: Para el estudio de tráfico en 1,3 Km de vía de la Av. Don Bosco se realizaron conteos volumétricos en horarios donde ocurrían los valores más altos: en la mañana de 7:00 a 8:00 am y en la tarde de 5:30 a 6:30 pm. Para este proyecto de tesis se ha utilizado el software Synchro 8, el cual permitió realizar el análisis real de la vía e intersección y además de comparar distintos tipos de soluciones que se aplicaron. Para el diseño de soluciones se comparó tanto las propuestas de optimización del tiempo, cambio de fase, Giro a la izquierda protegido y cambio tecnología semafórica, todas y cada una fueron simuladas en el software Synchro 8.

Resultados: Luego de realizar el estudio de tráfico de la avenida e intersecciones se procedió a modelar estos cálculos en el software Synchro 8 obteniendo los siguientes niveles de servicio: Loreto (C, 20.0), Richard Cushing (C, 20.3), San Martin (D, 43.8) y Gullman (F, 323.5). Lo siguiente fue obtener a través del software la mejor opción para la Av. Loreto, Av. Richard Cushing y Av. San Martin es realizar una optimización del tiempo semafórico generando mejoras en la serviciabilidad: Loreto (B, 15.2), Richard Cushing (B, 16.9) y San Martin (A, 7.6). De igual forma En Av. Gullman la solución más viable es realizar cambios en la geometría tanto de la Av. Don Bosco como de la Av. Gullman, además de cambiar la tecnología semafórica actual de la intersección por semáforos accionados por el tránsito con 3 fases que permitan el giro exclusivo a la izquierda, aumentando la serviciabilidad a un nivel C (33.7).

Conclusiones: Para mejorar el nivel de serviciabilidad en las Av. Loreto, Av. Richard Cushing y Av. San Martín se debe realizar una optimización del tiempo en los semáforos actuales aclarando que esta propuesta solo será viable con los volúmenes actuales y el de los próximos 10 años, por tal razón para enfrentar el crecimiento del volumen se tendrá que utilizar semáforos de 3 fases que permitan el giro exclusivo y permitido a la izquierda, esta es la mejor propuesta para soportar los volúmenes durante los próximos 70 años. En Av. Don Bosco intersección con Av. Gullman la mejor solución es realizar cambios en la geometría además de cambiar la tecnología semafórica actual de la intersección por semáforos accionados por el tránsito con 3 fases.

Fecha de Elaboración del Resumen: Septiembre del 2019.

Analytical - Informative Summary

Modelación del tránsito y propuestas de solución del corredor vial Av. Don Bosco, Piura.
Luis Alberto Alzamora Hidalgo; Carlos Enrique Rosales Ruiz.
Asesor(es): Mgtr. Ing. Jorge Alberto Araujo Ñopo.
Tesis.
Título de Ingeniero Civil.
Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
Piura, junio 2020.

Keywords: Modeling / Synchro 8 / Transit / Don Bosco / Piura / Road Solution.

Introduction: The main objective of this thesis is to make a diagnosis of the current situation on Av. Don Bosco that reveals the technical flaws in the road system.

Methodology: For the study of traffic on 1.3 km of track on Av. Don Bosco, volumetric counts were performed at times where the highest values occurred: in the morning from 7:00 to 8:00 am and in the afternoon of 5:30 to 6:30 pm. Synchro 8 software was used for this thesis project, which allowed the real analysis of the road and intersection to be carried out and also to compare different types of solutions that were applied. For the design of solutions, the proposals for optimization of time, phase change, protected left turn and signal technology change were compared, each and every one was simulated in Synchro 8 software.

Results: After carrying out the study of traffic on the avenue and intersections, these calculations were modeled in the Synchro 8 software, obtaining the following levels of service: Loreto (C, 20.0), Richard Cushing (C, 20.3), San Martin (D, 43.8) and Gullman (F, 323.5). The next step was to obtain through software the best option for Av. Loreto, Av. Richard Cushing and Av. San Martin is to perform traffic light optimization generating improvements in serviceability: Loreto (B, 15.2), Richard Cushing (B, 16.9) and San Martin (A, 7.6). Similarly, in Av. Gullman the most viable solution is to make changes in the geometry of both Av. Don Bosco and Av. Gullman, in addition to changing the current traffic light technology of the intersection by traffic-activated traffic lights with 3 phases that allow the exclusive left turn, increasing serviceability to a C level (33.7).

Conclusions: To improve the level of serviceability in Loreto Av., Richard Cushing Av. And San Martín Av., An optimization of the time at the current traffic lights should be carried out, clarifying that this proposal will only be feasible with the current volumes and that of the next ones. 10 years, for this reason, to face the growth of the volume, it will be necessary to use 3-phase traffic lights that allow the exclusive turn and allowed to the left, this is the best proposal to support the volumes for the next 70 years. At Av. Don Bosco intersection with Av. Gullman the best solution is to make changes to the geometry in addition to changing the current traffic light technology of the intersection by traffic-activated traffic lights with 3 phases.

Summary Date: September 2019.

Tabla de contenido

Introducción **1**

Capítulo 1 ..... **3**

1.1. Vías o autopistas urbanas 3

1.1.1. Autopista de primera clase 5

1.1.2. Autopista de segunda clase 6

1.1.3. Carretera de primera clase 7

1.1.4. Carretera de segunda clase 8

1.1.5. Carretera de tercera clase 9

1.1.6. Trochas Carrozables 9

1.2. Metodología Highway Capacity manual (HCM 2010) 10

1.2.1. Capacidad 10

1.2.2. Condiciones prevalecientes 10

1.2.3. Niveles de servicio (NS) 11

1.2.4. Datos de entrada 17

1.2.5. Grupo de movimientos y grupo de carriles 18

1.2.6. Velocidad de flujo libre 19

1.2.7. Determinación de la tasa de flujo 21

1.2.8. Velocidad de flujo de saturación 21

1.2.9. Determinación de la capacidad y relación v/c 24
1.2.10. Medidas de eficiencia. 26
1.3. Análisis de capacidad y niveles de servicio usando el software Synchro 8.0 28
1.3.1. Ajuste de demanda 29
1.3.2. Ajuste de oferta 29
1.3.3. Determinación de la capacidad 29
1.3.4. Determinación de las medidas de eficiencia 29
1.3.5. Simulación 30
1.4. Velocidad de diseño 30
1.4.1. Velocidad de diseño del tramo homogéneo 31
1.4.2. Velocidad específica de elementos que integran el trazado en planta y perfil 31
1.4.3. Velocidad de marcha 32
1.4.4. Velocidad de operación 34
1.5. Diseño Geométrico en intersecciones 36
1.5.1. Intersecciones a nivel 36
1.5.2. Intersecciones a desnivel 41
1.6. Producto cruzado 42
1.7. Diseño y la programación de semáforos 43
1.7.1. El número de caras de semáforo 43
1.7.2. Tiempo de despeje (luz ámbar) 44
1.7.3. Tiempo para cruce de peatones 46
Capítulo 2 47
2.1. Generalidades 47
2.1.1. Antecedentes de la zona de estudio 47
2.1.2. Ubicación 48

2.1.3. Alcances y limitaciones del estudio 48
2.2. Estudio de tráfico 49
2.3. Análisis vial en las intersecciones con el uso de Synchro 8.0 51
2.3.1. Características generales actuales 51
2.3.2. Intersección Av. Don Bosco - Av. Loreto 54
2.3.3. Intersección Av. Don Bosco - Av. Richard Cushing 59
2.3.4. Intersección Av. Don Bosco - Av. San Martín 64
2.3.5. Intersección con Av. Guillermo Gullman 69
Capítulo 3 75
3.1. Intersección con Av. Loreto 75
3.1.1 Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda 76
3.1.2. Determinación del tiempo de despeje 76
3.1.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados 77
3.1.4. Segunda Propuesta: Giro a la izquierda protegido 79
3.2. Intersección con Av. Richard Cushing. 82
3.2.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda 83
3.2.2. Determinación del tiempo de despeje 84
3.2.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados 84
3.2.4. Segunda propuesta: Giro a la izquierda protegido 86
3.3. Intersección con Av. San Martín 89
3.3.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda 90
3.3.2. Determinación del tiempo de despeje 91
3.3.3. Primera Propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados 91
3.3.4. Segunda propuesta: Giro a la izquierda protegido 93
3.3.5. Tercera propuesta: Giro a la izquierda protegido con carril exclusivo 96

3.4. Intersección con Av. Gullman.....100

3.4.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda.....100

3.4.2. Determinación del tiempo de despeje.....101

3.4.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados.....101

3.4.4. Segunda propuesta: Fase de giro a la izquierda en Av. Gullman con carriles de giro exclusivo.....103

3.4.5. Tercera propuesta: Fase de giro a la izquierda en Av. Gullman con carriles de giro exclusivo, carril de giro exclusivo a la izquierda en el sentido este de la Av. Don Bosco y carril de giro libre a la derecha en el sentido oeste. 107

3.5. Propuesta técnica con volúmenes actuales:.....111

3.5.1. Intersección con Av. Loreto.....111

3.5.2. Intersección con Av. Richard Cushing.....111

3.5.3. Intersección con Av. San Martin.....112

3.5.4. Intersección con Av. Gullman.....112

3.5.5. Comparación global con la situación actual.....112

3.6. Propuesta técnica con crecimiento del tránsito.....113

3.6.1. Intersección con Av. Loreto.....115

3.6.2. Intersección con Av. Richard Cushing.....115

3.6.3. Intersección con Av. San Martín.....115

3.6.4. Intersección con Av. Gullman.....116

Capítulo 4 117

4.1. Tipos de intersecciones modernas.....117

4.1.1. Continous Flow Intersection 117

4.1.2. Performance operacional.....120

4.1.3. Jughandle.....120

4.1.4. Quadrant Roadway Intersection.....121

4.2. Viabilidad de CFI en intersección con Av. Guillermo Gullman.....122
4.2.1. Propuesta 1: Implementación de CFI parcial en la Av. Don Bosco.....122
4.2.2 Propuesta 2: Implementación de CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman.....123
4.3. Simulación de las propuestas en Synchro 8.0.....123
4.3.1. Propuesta 1: CFI parcial en la Av. Don Bosco.....123
4.3.2. Propuesta 2: CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman.....125
Conclusiones y recomendaciones..... 127
Referencias bibliográficas..... 131
Anexos..... 133

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Lista de Tablas

Tabla 1: Nivele de servicio establecidos para un segmento de calle urbana ……15
Tabla 2: Nivel de servicio establecido para una intersección señalizada.…….....17
Tabla 3: Giros de movimiento y grupo de carriles .....…….....19
Tabla 4: Reducción de la velocidad de flujo libre Flw km/h.……...…….....20
Tabla 5: Ajuste para espacio lateral derecho Flc km/h.…….....21
Tabla 6: Factores de corrección de flujo de saturación.....…….....24
Tabla 7: Velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....31
Tabla 8: Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km).…….....34
Tabla 9: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación.....35
Tabla 10: Valores de velocidades máximas de operación…….....36
Tabla 11: Criterios para determinar la velocidad de diseño en carreteras...……..52
Tabla 12: Aforo vehicular en la intersección con Av. Loreto…….54
Tabla 13: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Loreto.……58
Tabla 14: Aforo vehicular en la intersección con Av. Guillermo Gullman…….....59
Tabla 15: Criterios para determinar la velocidad de diseño en carreteras…….....63
Tabla 16: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Loreto……....64
Tabla 17: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Richard Cushing……....68
Tabla 18: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. San Martín……....69
Tabla 19: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Gullman……....73
Tabla 20: Producto cruzado de intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto…….77

Tabla 21: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Loreto con las medidas recomendadas…….79
Tabla 22: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Loreto con las medidas recomendadas…….82
Tabla 23: Producto cruzado de Intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing…….84
Tabla 24: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Richard Cushing con las medidas recomendadas…….....86
Tabla 25: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Richard Cushing con las medidas recomendadas……...89
Tabla 26: Producto cruzado de intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín……..91
Tabla 27: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas…….....93
Tabla 28: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas…….....96
Tabla 29: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas…….....99
Tabla 30: Producto cruzado de intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman……101
Tabla 31: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas……...103
Tabla 32: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas……...107
Tabla 33: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas……...111
Tabla 34: Reporte SYNCHRO de Av. Don Bosco, comparando la situación actual y las mejoras propuestas……113
Tabla 35: Cálculo para determinar el crecimiento del tránsito…….....114
Tabla 36: Nivel de servicio y demora global a futuro de la situación actual y de las soluciones propuestas……114
Tabla 37: Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en la Av. Don Bosco……124

Tabla 38: Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman……126
Tabla 39: Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman a futuro……..126

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Lista de Figuras

Figura 1: Vía Evitamiento-Ciudad de Lima……6
Figura 2: Vía arterial. Av. Don Bosco, Piura……...7
Figura 3: Intersección Av. Gullman – Av. Don Bosco…….....8
Figura 4: vía local: Av. Sullana, Piura…….....9
Figura 5: Laguna el chipe – Mz "L"……9
Figura 6: Trocha carrozable en el distrito de Curimana…….....10
Figura 7: Ejemplo de simulación realizada en *SYNCHRO*…….....30
Figura 8: Variedad de tipos de intersección a nivel……38
Figura 9: Intersecciones sin canalizar simples…….....39
Figura 10: Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro……..41
Figura 11: Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta…….....41
Figura 12: Tipos de intersecciones a desnivel…….....43
Figura 13: Localización de las caras de un semáforo de acuerdo con el Manual del MTC……..44
Figura 14: Fórmula del ITE para el cálculo del tiempo de despeje en semáforos…….....46
Figura 15: Planta general del Corredor Vial Av. Don Bosco…….....48
Figura 16: Leyenda por tipo de vehículo para el aforo……..50
Figura 17: Esquema vial de la Av. Don Bosco.……52
Figura 18: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Loreto……55
Figura 19: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto. Simulación en Synchro 8.0 en 2d…….....58
Figura 20: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto. Simulación en Synchro 8.0 en 3d……..58

Figura 21: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing.....60
Figura 22: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing. Simulación en Synchro 8.0 en 2D…….. 62
Figura 23: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing. Simulación en Synchro 8.0 en 3D……..63
Figura 24: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. San Martín…….65
Figura 25: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín Simulación en Synchro 8.0 en 2D……...68
Figura 26: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín Simulación en Synchro 8.0 en 3D…….....68
Figura 27: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Gullman……70
Figura 28: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman Simulación en Synchro 8.0 en 2D……...72
Figura 29: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman Simulación en Synchro 8.0 en 3D……...73
Figura 30: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Loreto……76
Figura 31: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Loreto……..76
Figura 32: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Loreto…….78
Figura 33: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco……78
Figura 34: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Loreto……...79
Figura 35: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco……80
Figura 36: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco…….80
Figura 37: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Loreto…….81
Figura 38: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Loreto……...81
Figura 39: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Richard Cushing…….....83
Figura 40: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing……...83
Figura 41: Diagrama del movimiento de fase de Av. Richard Cushing…….....85
Figura 42: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco…….....85

Figura 43: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Richard Cushing……86
Figura 44: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco……87
Figura 45: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco…….....87
Figura 46: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Richard Cushing…….....88
Figura 47: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Richard Cushing…...88
Figura 48: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. San Martin.....90
Figura 49: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing……...90
Figura 50: Diagrama del movimiento de fase de la Av. San Martín……...…….92
Figura 51: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco…….92
Figura 52: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martin……93
Figura 53: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco……...94
Figura 54: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco……94
Figura 55: Diagrama del movimiento de fase de la Av. San Martin……94
Figura 56: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martín……...95
Figura 57: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco…....96
Figura 58: Diagrama del movimiento de la fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco……...97
Figura 59: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. San Martín……..97
Figura 60: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín…….98
Figura 61: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martín……99
Figura 62: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Gullman……100
Figura 63: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing……100
Figura 64: Diagrama del movimiento de la fase la Av. Gullman…….……102
Figura 65: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. Don Bosco……...102
Figura 66: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman…….102
Figura 67: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Gullman……104
Figura 68: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Gullman……..….104
Figura 69: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. Don Bosco……104
Figura 70: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman…….....105
Figura 71: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman……....106

Figura 72: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde ambos sentidos de la Av. Don Bosco……....107
Figura 73: Diagrama del movimiento de fase recto y de giro a la derecha en ambos sentidos de la Av. Gullman……...…108
Figura 74: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco……..108
Figura 75: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. Gallan……..110
Figura 76: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman…….110
Figura 77: Continous Flow Intersection……..118
Figura 78: Movimientos de los vehículos en una CFI……..……....118
Figura 79: Etapas de una CFI……...121
Figura 80: Jughandle……....122
Figura 81: Quadrant Roadway Intersection…….....123
Figura 82: CFI parcial en Av. Don Bosco……...124
Figura 83: Fases con CFI parcial en Don Bosco……..124
Figura 84: CFI parcial en Av. Guillermo Gullman……...……....125
Figura 85: Fases con CFI parcial en Av. Guillermo Gullman……..125

Introducción

En los últimos años el crecimiento demográfico acelerado de la ciudad de Piura ha traído como consecuencia un incremento desmedido del parque automotor. El congestionamiento vehicular genera: trastornos sociales, problemas ambientales y daños en la infraestructura vial convirtiendo a la ciudad en un entorno caótico, desordenado y contaminado. La Av. Don Bosco es un claro ejemplo del congestionamiento vial que existe en la ciudad de Piura.

La Av. Don Bosco es una principal vía arterial de la ciudad de Piura, con un crecimiento poblacional y parque automotor importante; sin embargo, posee deficiencias técnicas que se pueden agravar en un futuro y han incentivado a la presente investigación para la modernización de esta vía.

A través de este proyecto de tesis se busca encontrar una alternativa viable de diseño geométrico, señalización y semaforización que solucione los problemas de congestión vehicular que ocasionan: largas longitudes de cola, altos tiempos de demora y accidentes de tránsito.

La metodología por aplicar será primero efectuando un estudio del Highway Capacity Manual (HCM) 2010 de la Transportation Research Board para analizar los conceptos de capacidad y niveles de servicio en vías urbanas. Posteriormente, se detallarán estos parámetros aplicados al software Synchro 8.0 para la simulación del tráfico. Para solucionar este problema, se necesita realizar una planificación integral que incluya un diagnóstico actual de la red vial, diagnósticos futuros sobre la situación del tráfico y proyectos definitivos a mediano-largo plazo que generen mejoras importantes en el nivel de servicio y demoras.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 1

Marco teórico

1.1. **Vías o autopistas urbanas**

Una vía urbana es el espacio donde circulan todos los tipos de transportes motorizados y/o no motorizados de una ciudad o comunidad, ya sean: autos, camiones, buses, camionetas, motos, bicicletas, peatones, etc. convirtiéndose en el medio de conexión más importante de cualquier sociedad o centro urbano.

Existen distintos tipos de vías terrestres las cuales deben cumplir ciertos requerimientos y criterios para poder ser clasificados como vías urbanas. La principal característica de una red vial es que no puede obstaculizar la comunicación urbana. Por el contrario, debe facilitar en su mayor medida todo tipo de comunicación. Existen distintos parámetros para la clasificación de una vía los cuales se agrupan de acuerdo con su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica el establecimiento de los siguientes parámetros relevantes para el análisis:

- Funcionamiento de la red vial: Referido al correcto comportamiento que debe tener una red colectora. El funcionamiento está dirigido a cumplir dos objetivos fundamentales: asegurar que ésta se mantenga en buena condición y funcionamiento de forma continua; y optimizar el uso de los recursos públicos invertidos en su desarrollo y conservación.

- Vehículos de diseño: El Diseño Geométrico de Carreteras se realizará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos (DS-025-2016-MTC).

- Capacidad y niveles de servicio: Se realizará un análisis de la capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperados, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a los usuarios, con el fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en el diseño geométrico.

- Uso del suelo colindante: Destino dado por la población al territorio, tanto urbano como rural, para satisfacer sus necesidades de vivienda, de esparcimiento, de producción, de comercio, culturales, de circulación y de acceso a los servicios.

- Número de carriles: bandas o franjas que dividen una calzada de forma longitudinal. Cada uno de estos carriles permite el tránsito de una fila de automóviles.

- Distancia de visibilidad: Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar.

- Facilidad para peatones: Están referidas a la ejecución de obras complementarias o reposición de las existentes e instalaciones auxiliares, necesarias en el desarrollo de un proyecto carretero, con la finalidad de facilitar el tránsito de los peatones con seguridad vial.

Queda claro con lo descrito anteriormente que para clasificar una vía urbana existen distintos parámetros a considerar; sin embargo, la presente investigación se basará en el criterio funcional operacional, bajo la perspectiva de la capacidad y niveles de servicio.

Las carreteras en el Perú se clasifican, en función a la demanda en:

- Autopista de Primera Clase.
- Autopista de Segunda Clase.
- Carretera de Primera Clase.
- Carretera de Segunda Clase.
- Carretera de Tercera Clase.
- Trochas Carrozables.

1.1.1. Autopista de primera clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.[1]

Cumple la función de unir las diferentes áreas urbanas dentro de una misma ciudad o región con calzadas que permiten desplazarse grandes distancias con una velocidad promedio de diseño entre 80 y 100 Km/h estableciendo la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano. Permite el desplazamiento de grandes flujos vehiculares sin generar tráfico facilitando el desplazamiento directo sin semáforos ni intersecciones.[2]

Aquí circulan exclusivamente vehículos motorizados de 2 ejes a más. Desde autos pequeños hasta buses o camiones realmente grandes. Está diseñada para soportar ese tipo de vehículos sin ningún inconveniente.

En la ciudad de Piura existe una vía de estas características, la vía Evitamiento es una medida acertada para descongestionar la ciudad de Piura del tránsito pesado, en momentos en que circular por el casco urbano se ha vuelto un calvario para los conductores y pasajeros.

---

[1] Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 - MTC

[2] Otero, L (2015*). "Alternativa de solución vial en la intersección de las Av. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

La vía Evitamiento se construye como respuesta al crecimiento demográfico acelerado de la ciudad de Piura en los últimos años, lo cual ha traído como consecuencia un incremento desmedido del parque automotor.

Figura 1: Vía Evitamiento-Ciudad de Lima.
Fuente: Diario Peru21.

1.1.2. Autopista de segunda clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.[3]

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. La velocidad en este caso varía entre 50-80 km/h.[4]

[3] Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 - MTC
[4] Otero, L (2015*). "Alternativa de solución vial en la intersección de las Av. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados.[5]

La Av. Don Bosco la cual analizaremos en este proyecto de tesis califica como una autopista de segunda clase.

Figura 2: Vía arterial. Av. Don Bosco, Piura.
Fuente: Google Maps.

1.1.3. Carretera de primera clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.[6]

Funcionan como puente entre las vías locales con las vías arteriales teniendo un flujo poco constante ya que tienen intersecciones semaforizadas. Conectan la residencia de los ciudadanos con su centro de trabajo. Su velocidad de diseño promedio es entre 40 a 50 km/h permitiendo la circulación de cualquier tipo de vehículos, predominando los automóviles, y de los peatones en las

[5] NORTON SCHNEIDER, "A direct approach to traffic assignment "Highway Research, Highway Research Board, Washington - USA, May/63/Peru-Jersey- Transportation Study Volumen lll - May/65.
[6] Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 – MTC.

veredas laterales. Se tienen espacios destinados para estacionamiento de vehículos y paraderos de transporte urbano.[7]

Figura 3: Intersección Av. Gullman – Av. Don Bosco.
Fuente: Google Maps.

1.1.4. Carretera de segunda clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. [8]

Figura 4: vía local: Av. Sullana, Piura.
Fuente: Google Maps.

[7] Otero, L (2015*). "Alternativa de solución vial en la intersección de las Av. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.
[8] Manual de Carreteras – Diseño Geométrico 2018 - MTC

1.1.5. Carretera de tercera clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.[9]

Figura 5: Laguna del chipe – Mz "L"
Fuente: Elaboración propia

1.1.6. Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.[10]

[9] Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 - MTC
[10] Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 - MTC

Figura 6: Trocha carrozable en el distrito de Curimaná.
Fuente: Municipalidad distrital de Curimaná.

1.2. Metodología Highway Capacity manual (HCM 2010)[11]

1.2.1. Capacidad

La capacidad es la tasa de flujo por hora máxima sostenible a la que se puede esperar razonablemente que las personas o los vehículos atraviesen un punto o una sección uniforme de un carril o carretera durante un período de tiempo determinado en las condiciones prevalecientes de carretera, medio ambiente, tráfico y control

- La capacidad del vehículo: es la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar un punto determinado durante un período específico bajo las condiciones prevalecientes de carretera, tráfico y control. Esto supone que no hay influencia de la operación de tráfico en sentido descendente, como las colas que regresan al punto de análisis.

- La capacidad del peatón: es el número máximo de personas que pueden pasar un punto determinado durante un período específico en las condiciones prevalecientes. La capacidad de la persona se usa comúnmente para evaluar servicios de transporte público, carriles para vehículos de alta ocupación e instalaciones para peatones.

1.2.2. Condiciones prevalecientes

- Condiciones de carretera: incluyen factores tales como el número de carriles, el ancho de los carriles y los arcenes, y la alineación horizontal y vertical de la carretera. La adición de un carril a una autopista, por ejemplo, aumenta la capacidad de la autopista, mientras que los

[11] Highway Capacity manual (5ª Ed.). (2010). United States of America.

anchos de carril y arcén de calidad inferior pueden resultar en una capacidad menor que los anchos estándar.

- Condiciones ambientales: Las condiciones básicas asumidas en el HCM son buen clima e iluminación; sin embargo, dependiendo de las necesidades de un análisis dado (por ejemplo, un análisis de la variabilidad del tiempo de viaje), las capacidades de la carretera en condiciones menos que ideales pueden ser de interés.

- Condiciones de tráfico: Incluyen la proporción de vehículos pesados (es decir, camiones, autobuses y vehículos recreativos) en la corriente de tráfico, la proporción de usuarios de la carretera que son usuarios habituales, los patrones de giro en las intersecciones y la distribución de vehículos entre carriles e indicaciones. de una calzada. Los vehículos pesados afectan negativamente el tráfico de dos maneras: ocupan más espacio en la carretera que los automóviles de pasajeros y tienen capacidades operativas más pobres que los automóviles de pasajeros, particularmente con respecto a la aceleración, desaceleración y la capacidad de mantener la velocidad en las actualizaciones.

- Condiciones de control: Las condiciones de control incluyen los tipos de control de tráfico utilizados en las intersecciones (es decir, señales de tráfico, señales de STOP o señales de RENDIMIENTO), la cantidad de tiempo verde asignado a un movimiento particular en una señal de tráfico y restricciones en el uso de ciertos carriles (por ejemplo, restricciones de tiempo parcial en el estacionamiento o prohibiciones de camiones en el carril izquierdo de una autopista).

1.2.3. Niveles de servicio (NS)

El Nivel de Servicio es una estratificación cuantitativa de una medida de desempeño o medidas que representan la calidad del servicio. Las medidas utilizadas para determinar el nivel de servicio para los elementos del sistema de transporte se denominan medidas de servicio. El HCM define seis niveles de servicio, que van de “A” a “F”, para cada medida de servicio, o para el resultado de un modelo matemático basado en múltiples medidas de rendimiento. La letra “A” representa las mejores condiciones de operación desde la perspectiva del viajero y la letra “F” las

peores. Por razones de costo, impacto ambiental y otras razones, las carreteras no suelen estar diseñadas para proporcionar condiciones “A” durante los períodos pico, sino más bien un bajo nivel de servicio que refleja un equilibrio entre los deseos de los viajeros individuales y los deseos y recursos financieros de la sociedad. Sin embargo, durante los períodos de bajo volumen del día, un elemento del sistema puede operar en nivel se servicio “A”.

- **Nivel de servicio de un segmento básico de autopista**

En un segmento básico de autopista se define por densidad. Aunque la velocidad es una preocupación importante de los conductores en relación con la calidad del servicio, sería difícil describir niveles de servicio utilizando la velocidad, ya que permanece constante hasta caudales de 1,000 a 1,800 veh/hora, dependiendo de la velocidad de flujo libre.

- Nivel de servicio A: describe operaciones de flujo libre. La velocidad de flujo libre prevalece en la autopista, y los vehículos están casi completamente libres de obstáculos para maniobrar dentro del flujo de tráfico. Los efectos de incidentes o desgloses de puntos se absorben fácilmente.

- Nivel de servicio B: representa operaciones de flujo libre razonablemente y se mantiene la velocidad de flujo libre en la autopista. La capacidad de maniobrar dentro del flujo de tráfico está solo ligeramente restringida, y el nivel general de comodidad física y psicológica brindada a los conductores aún es alto. Los efectos de incidentes menores y desgloses de puntos aún se absorben fácilmente.

- Nivel de servicio C: proporciona flujo con velocidades cercanas a la velocidad de flujo libre de la autopista. La libertad de maniobra dentro del flujo de tráfico está notablemente restringida, y los cambios de carril requieren más cuidado y vigilancia por parte del conductor. Los incidentes menores aún pueden ser absorbidos, pero el deterioro local en la calidad del servicio será significativo. Se puede esperar que se formen colas detrás de cualquier bloqueo significativo.

- Nivel de servicio D: es el nivel en el que las velocidades comienzan a disminuir a medida que aumentan los flujos, y la densidad aumenta más rápidamente. La libertad de maniobra dentro del flujo de tráfico está seriamente limitada y los conductores experimentan niveles reducidos de comodidad física y psicológica. Incluso se puede esperar que incidentes menores creen colas, porque el flujo de tráfico tiene poco espacio para absorber las interrupciones.

- Nivel de servicio E: describe la operación a capacidad. Las operaciones en la autopista a este nivel son altamente volátiles porque prácticamente no hay espacios vacíos utilizables dentro del flujo de tráfico, lo que deja poco espacio para maniobrar dentro del flujo de tráfico. Cualquier interrupción en el flujo de tráfico, como los vehículos que ingresan desde una rampa o un vehículo que cambia de carril, puede establecer una ola de interrupción que se propaga a través del flujo de tráfico aguas arriba. A su capacidad, el flujo de tráfico no tiene la capacidad de disipar incluso la interrupción más pequeña, y se puede esperar que cualquier incidente produzca un colapso grave y una cola sustancial. La comodidad física y psicológica ofrecida a los conductores es pobre.

- Nivel de servicio F: describe el colapso o flujo inestable. Tales condiciones existen dentro de las colas que se forman detrás de los cuellos de botella. Las averías ocurren por varias razones:

    - Los incidentes de tráfico pueden reducir temporalmente la capacidad de un segmento corto, de modo que el número de vehículos que llegan a un punto es mayor que el número de vehículos que pueden moverse a través de él.

    - Los puntos de congestión recurrente, como los segmentos de fusión o tejido y los descensos de carril, experimentan una demanda muy alta en la que la cantidad de vehículos que llegan es mayor que la cantidad de vehículos que pueden descargarse.

    - En los análisis que utilizan volúmenes de pronóstico, la tasa de flujo proyectada puede exceder la capacidad estimada de una ubicación determinada.

- **Nivel de servicio de un segmento de calle urbana**

Describe una metodología para evaluar la capacidad y la calidad del servicio prestado a los usuarios de la carretera que viajan a lo largo de un segmento urbano de la calle.

- Nivel de servicio A: describe principalmente la operación de flujo libre. Los vehículos están completamente libres de obstáculos en su capacidad para maniobrar dentro del flujo de tráfico. El retraso del control en la intersección de límites es mínimo. La velocidad de desplazamiento excede el 85% de la velocidad de flujo libre base, y la relación volumen-capacidad no es mayor a 1.0.

- Nivel de servicio B: describe una operación razonablemente libre de obstáculos. La capacidad de maniobra dentro del flujo de tráfico está solo ligeramente restringida, y el retraso de control en la intersección de límites no es significativo. La velocidad de desplazamiento es entre 67% y 85% de la velocidad de flujo libre base, y la relación volumen-capacidad no es mayor que 1.0.

- Nivel de servicio C: describe la operación estable. La capacidad de maniobrar y cambiar de carril en ubicaciones de segmento medio puede ser más restringida que El nivel de servicio "B". Las colas más largas en la intersección de límites pueden contribuir a velocidades de desplazamiento más bajas. La velocidad de desplazamiento es entre 50% y 67% de la velocidad de flujo libre base, y la relación volumen-capacidad no es mayor que 1.0.

- Nivel de servicio D: indica una condición menos estable en la cual pequeños aumentos en el flujo de entrada pueden causar aumentos sustanciales en el retraso y disminuciones en la velocidad de desplazamiento. Esta operación puede deberse a una progresión de señal adversa, alto volumen o temporización de señal inapropiada en la intersección de límites. La velocidad de desplazamiento es entre 40% y 50% de la velocidad base de flujo libre, y la relación volumen-capacidad no es mayor a 1.0.

- Nivel de servicio E: se caracteriza por una operación inestable y un retraso significativo. Dichas operaciones pueden deberse a alguna combinación de progresión adversa, alto volumen y temporización de señal inapropiada en la intersección del límite. La velocidad de desplazamiento es entre 30% y 40% de la velocidad base de flujo libre, y la relación volumen-capacidad no es mayor que 1.0.

- Nivel de servicio F: se caracteriza por un flujo a velocidad extremadamente baja. Es probable que se produzca congestión en la intersección de límites, como lo indica un alto retraso y una larga cola. La velocidad de desplazamiento es del 30% o menos de la velocidad de flujo libre base, o la relación volumen-capacidad es mayor que 1.0.

Tabla 1: Niveles de servicio establecidos para un segmento de calle urbana.

Travel Speed as a Percentage of Base Free-Flow Speed (%)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio[a]	
	≤1.0	> 1.0
>85	A	F
>67–85	B	F
>50–67	C	F
>40–50	D	F
>30–40	E	F
≤30	F	F

Fuente: Manual HCM 2010

- **Nivel de servicio de una intersección señalizada**

Describe una metodología para evaluar la capacidad y la calidad del servicio prestado a los usuarios de la carretera que viajan a través de una intersección señalizada.

- Nivel de servicio A: describe operaciones con un retraso de control de 10 s / veh o menos y una relación volumen-capacidad no mayor a 1.0. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es baja o la progresión es excepcional favorable o la duración del ciclo es muy corta. Si se debe a una progresión favorable, la mayoría de los vehículos llegan durante la indicación verde y viajan a través de la intersección sin detenerse.

- Nivel de servicio B: describe operaciones con retraso de control entre 10 y 20 s / vehículo y una relación volumen-capacidad no mayor a 1.0. Este nivel generalmente se asigna cuando

la relación volumen-capacidad es baja y la progresión es muy favorable o la duración del ciclo es corta. Se detienen más vehículos que con el nivel de servicio “A”.

- Nivel de servicio C: describe operaciones con retraso de control entre 20 y 35 s / vehículo y una relación volumen-capacidad no mayor a 1.0. Este nivel generalmente se asigna cuando la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderada. Las fallas individuales del ciclo (es decir, uno o más vehículos en cola no pueden salir como resultado de la capacidad insuficiente durante el ciclo) pueden comenzar a aparecer en este nivel. El número de vehículos que se detienen es significativo, aunque muchos vehículos todavía cruzan la intersección sin detenerse.

- Nivel de servicio D: describe operaciones con retraso de control entre 35 y 55 s / vehículo y una relación volumen / capacidad no mayor a 1.0. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es larga. Muchos vehículos se detienen y se notan fallas en los ciclos individuales.

- Nivel de servicio E: describe operaciones con un retraso de control entre 55 y 80 s / vehículo y una relación volumen-capacidad no mayor a 1.0. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable y la duración del ciclo es larga. Las fallas individuales del ciclo son frecuentes.

- Nivel de servicio F: describe operaciones con un retraso de control superior a 80 s / vehículo o una relación volumen-capacidad superior a 1,0. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos no logran borrar la cola. Un grupo de carriles puede incurrir en un retraso de menos de 80 s / vehículo cuando la relación volumen-capacidad excede 1.0. Esta condición generalmente ocurre cuando la duración del ciclo es corta, la progresión de la señal es favorable o ambas. Como resultado, se consideran tanto la demora como la relación volumen-capacidad cuando se establece el grupo de carriles. Una relación de 1.0 o más indica que la capacidad del ciclo se utiliza por completo y representa una falla

desde una perspectiva de capacidad (de la misma manera que la falta de retraso de 80 s / vehículo representa una falla desde una perspectiva de retraso).

Tabla 2: Nivel de servicio establecido para una intersección señalizada.

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio[2]	
	≤1.0	>1.0
≤10	A	F
>10–20	B	F
>20–35	C	F
>35–55	D	F
>55–80	E	F
>80	F	F

Fuente: Manual HCM 2010.

1.2.4. Datos de entrada

Se pueden organizar en 3 grupos: Condiciones geométricas, condiciones de tránsito y condiciones de señalización. En la siguiente tabla se detallan los parámetros necesarios organizados en los grupos antes mencionados.

- Condiciones geométricas: Tipo de área, número de carriles(N), ancho de carril (W), grado de pendiente (G), carril exclusivo de giro a la izquierda, parqueo.

- Condiciones de tráfico: Volumen de la demanda por el movimiento (veh/h), tasa de flujo de saturación (So), factor de hora pico (FHP), porcentaje de vehículos pesados (HV), volumen peatonal, número de paradas de buses en la intersección, actividad de maniobra de parqueo, tipo de llegada, proporción de vehículos que llegan en color verde.

- Condiciones de señalización: Longitud de ciclo, tiempo de verde efectivo, tiempo de Ámbar tiempo de todo rojo, periodo de análisis.

1.2.5. Grupo de movimientos y grupo de carriles

Determinar grupos de movimiento y grupos de carriles La metodología para las intersecciones señalizadas utiliza el concepto de grupos de movimiento y grupos de carriles para describir y evaluar la operación de intersección. Estas dos designaciones de grupo son muy similares en el sentido. De hecho, sus diferencias surgen solo cuando un carril compartido está presente en un enfoque con dos o más carriles. Cada designación se define en los siguientes párrafos. La designación de grupo de movimiento es una construcción útil para especificar datos de entrada. Por el contrario, la designación de grupo de carril es una construcción útil para describir los cálculos asociados con la metodología.

Las siguientes reglas se utilizan para determinar los grupos de movimiento para un enfoque de intersección:

- Un movimiento de giro servido por uno o más carriles exclusivos y ningún carril compartido debe designarse como un grupo de movimiento.

- Cualquier carril no asignado a un grupo por la regla anterior debe combinarse en un grupo de movimiento. Estas reglas dan como resultado la designación de uno a tres grupos de movimiento para cada enfoque.

El concepto de grupos de carriles es útil cuando un carril compartido está presente en un enfoque que tiene dos o más carriles. Varios procedimientos en la metodología requieren alguna indicación de si el carril compartido sirve una combinación de vehículos o funciona como un carril de giro exclusivo. Este problema no se puede resolver hasta que se haya calculado la proporción de giros en el carril compartido. Si la proporción calculada de giros en el carril compartido es igual a 1.0 (es decir, 100%), se considera que el carril compartido funciona como un carril de giro exclusivo.

Las siguientes reglas se utilizan para determinar los grupos de carriles para un enfoque de intersección:

- Se debe designar un carril o carriles exclusivos para girar a la izquierda como un grupo de carriles separado. Lo mismo se aplica a un carril exclusivo para girar a la derecha.

- Cualquier carril compartido debe designarse como un grupo de carriles separado.

- Todos los carriles que no sean carriles de giro exclusivos o carriles compartidos deben combinarse en un grupo de carriles.

Estas reglas dan como resultado la designación de una o más de las siguientes posibilidades de grupo de carriles para un enfoque de intersección:

- Carril exclusivo para girar a la izquierda (o carriles).
- Exclusivo a través del carril (o carriles).
- Carril exclusivo para girar a la derecha (o carriles).
- Giro compartido a la izquierda y a través del carril.
- Carril compartido de giro a la izquierda y a la derecha.
- Giro a la derecha compartido a través del carril.
- Carril compartido de giro a la izquierda, a través y a la derecha.

Tabla 3: Giros de movimiento y grupo de carriles

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Fuente: Manual HCM 2010

1.2.6. Velocidad de flujo libre

La velocidad de flujo libre se obtiene con la siguiente ecuación:

$FFS = 121.4 - Flw - Flc - 3.22\ TRD^{0.84}$; Ec.1

FFS: Velocidad de flujo libre (km/h)

Flw: ajuste para ancho de carril (km / h)

Flc: ajuste para espacio libre lateral derecho (km/ h)

TRD: densidad de rampa total (rampas / mi).

- Base de cálculo del factor de velocidad de flujo libre: Esta metodología cubre segmentos básicos de autopista con velocidad de flujo libre que van desde 90 km/h a 120 km/ h. Por lo tanto, el algoritmo predictivo debe comenzar con una velocidad base de 120km/h pero se eligió un valor de 121.4 mi / h, ya que resultó en las predicciones más precisas versus los datos recopilados en 2008.

- Ajuste para el ancho del carril: La condición base para el ancho del carril es de 3.60 o más. Cuando el ancho promedio de los carriles en todos los carriles es inferior a 3.60 pies, la velocidad de flujo libre se ve afectado negativamente. Los ajustes para reflejar el efecto de un ancho de carril promedio más estrecho se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4: Reducción de la velocidad de flujo libre Flw km/h.

Ancho de carril promedio(m)	Reduccion de la velocidad de flujo libre Flw km/h
>3,60	0
>3,30 - 3,60	3,2
>3,00-3,30	10,6

Fuente: Manual HCM 2010.

- Ajuste para espacio lateral derecho: La condición base para el espacio lateral derecho es de 1.8 m o más. La separación lateral se mide desde el borde derecho del carril de circulación hasta la obstrucción lateral más cercana. Se debe tener cuidado para identificar una "obstrucción lateral". Algunas obstrucciones pueden ser continuas, como muros de contención, barreras de concreto, barandas o bordillos de barrera. Otros pueden ser periódicos, como soportes ligeros o estribos de puentes. En algunos casos, los conductores pueden acostumbrarse a ciertos tipos de obstrucciones, haciendo que su influencia en el tráfico sea insignificante.

Tabla 5: Ajuste para espacio lateral derecho Flc km/h.

Pasos laterales (m)	carriles en una direccion			
	2	3	4	>5
>1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	1,0	0,6	0,3	0,2
1,2	1,9	1,3	0,6	0,3
0,9	2,9	1,9	1,0	0,5
0,6	3,8	2,6	1,3	0,6
0,3	4,8	3,2	1,6	0,8
0,0	5,8	3,8	1,9	1,0
Nota: Flc se obtiene de los valores centrales de tabla (km/h)				

Fuente: Manual HCM 2010.

- Densidad de rampa total (rampas /km)

La densidad total de la rampa se define como el número de rampas (encendido y apagado, una dirección) ubicado entre 4.8 km aguas arriba y 4.8km aguas abajo del punto medio del segmento básico de la autopista en estudio, dividido por 9.6 km.

1.2.7. Determinación de la tasa de flujo

Es el volumen horario entre el factor de hora pico.

$$Vp = \frac{V}{FHP}; \text{ Ec.2}$$

Vp: Tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h)

V: Volumen horario (veh/h)

FHP: Factor de hora pico

Para la selección del volumen pico, observando directamente los flujos, se selecciona el más crítico.

1.2.8. Velocidad de flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles se determina a partir del ajuste de la tasa de flujo de saturación ideal, empleando la siguiente ecuación:

$$S = S_0 * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}; \text{ Ec.3}$$

Donde:

S: Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).

S_0: Tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

N: Número de carriles del grupo de carriles.

f_W: Factor de ajuste por ancho de carriles.

f_{HV}: Factor de ajuste por vehículos pesados.

f_g: Factor de ajuste por pendiente del acceso.

f_p: Factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

f_{bb}: Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

f_a: Factor de ajuste por tipo de área.

f_{LU}: Factor de ajuste por utilización de carriles.

f_{LT}: Factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{RT}: Factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb}: Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

f_{Rpb}: Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

El HCM recomienda un valor de tasa de flujo de saturación ideal de 1900 vehículos livianos por hora por carril, para carriles de 3.6 m, con pendiente de 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos, giros, etc.

Factores de corrección del flujo de saturación:

- Ajuste por ancho de carril (f_W). Toma en cuenta el impacto tanto negativo como positivo para carriles angostos y anchos respectivamente. El ancho de carril considerado estándar es de 3.6 m.

- Ajuste por vehículos pesados (f_{HV}). Considera el espacio adicional que los vehículos pesados ocupan respecto a los livianos, así como las diferencias en la operación.

- Ajuste por pendiente del acceso (f_g). Evalúa el efecto de la pendiente en vehículos ligeros y pesados.

- Ajuste por estacionamientos (f_p). Considera el impacto de las maniobras de estacionamiento de determinados vehículos que afectan a los que van detrás.

- Ajuste por bloqueo de buses (f_{bb}). Considera el efecto que se genera por la parada de los buses para recoger o dejar pasajeros. El límite máximo es de 250 paradas.

- Ajuste por tipo de área (f_a). Considera los efectos en intersecciones donde existen maniobras de parqueo frecuentes, gran presencia de buses y taxis, alta actividad de peatones, etc.

- Ajuste por utilización de carril (f_{LU}). Incorpora la distribución del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril.

- Ajuste por giros a la derecha (f_{RT}). Considera el efecto de la geometría, depende de si los giros se realizan desde un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos en el grupo de carriles que giran a la derecha.

- Ajuste por giros a la izquierda (f_{LT}). Evalúa si los giros son protegidos o permitidos y de si se realizan desde un carril exclusivo o compartido.

- Ajuste por peatones y bicicletas (f_{Lpb} y f_{Rpb}). Considera el efecto que genera el bloqueo por peatones y bicicletas, en dos direcciones, derecha e izquierda.

En la **Tabla 6** se presentan los factores de corrección y sus fórmulas para su determinación:

Tabla 6: Factores de corrección de flujo de saturación.

Factor	Formula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = ancho de carril (m)	$W \geq 2.4$ If W > 4.8, puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%\,HV(E_T - 1)}$	% HV = % de vehículos pesados - grupo de carriles	E_T = 2.0 veh equivalente / HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\%\,G}{200}$	% G = % pendiente en el acceso - grupo de carriles	$-6 \leq \%\,G \leq +10$ Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = número de carriles por grupo N_m = número de maniobras de parqueo / hora	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ f_p = 1.000 sin parqueos
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = número de carriles en el acceso N_B = número de parada de buses / hora	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$
Tipo de área	f_a = 0.900 en CBD f_a = 1.000 otras áreas	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = v_g/(v_{g1}N)$	v_g = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh / hora v_{g1} = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/h N = número de carriles en el grupo	
Giros Izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo f_{LT} = 0.95 Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Consultar cuadro C16-1 de la página 16-122, del Manual HCM 2000 apéndice C
Giros Derechos	Carril exclusivo f_{RT} = 0.85 Carril compartido $f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Carril único $f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	P_{RT} = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	$f_{RT} \geq 0.050$
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$ Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo A_{pbT} = ajuste en la fase permitida P_{LTA} = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo P_{RT} = proporción de giro derecho en el grupo de carriles P_{RTA} = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	Referirse al apéndice D del Manual HCM 2000, página 16-135, para seguir paso a paso el procedimiento

Fuente: Elaboración Propia basada en Manual HCM 2010.

1.2.9. Determinación de la capacidad y relación v/c

a) Capacidad: Se tiene que tomar en cuenta los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación como se muestra en la Ecuación 4:

$$ci = \text{Si} * (\frac{gi}{C}) \text{ ; Ec.4}$$

Donde,

ci = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h).

Si = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles i (veh/h).

gi = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (s).

C = Longitud del ciclo del semáforo (s).

gi /C = Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles i.

b) Relación volumen/capacidad: Otra denominación puede ser el grado de saturación ya que representa el resultado de la tasa de flujo (v) sobre la capacidad (c). Para un mejor manejo del término cuando se hace el análisis lo representamos con una X como se aprecia en la Ecuación 5:

$$Xi = \frac{Vi}{Ci} = \frac{Vi}{Si*(\frac{gi}{C})} = \frac{Vi*C}{Si*gi} \text{ ; Ec.5}$$

Donde,

Xi = Relación *v/c* o grado de saturación para el grupo de carriles *i.*

vi = Tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles *i* (veh/h).

ci = Capacidad del grupo de carriles *i* (veh/h).

si = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles *i* (veh/h).

gi = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles *i* (s).

C = Longitud del ciclo (s).

Cuando se evalúa la intersección como un conjunto de acuerdo con su geometría y duración del ciclo se tienen que usar los grupos de carriles críticos para cada fase que son los de mayor relación de flujo v/c que se representa como el grado de saturación crítico de la intersección (Xc) (Ver ecuación 6) :

$$Xc = \frac{C}{C-L} * \Sigma(v/c)ci \text{ ; Ec.6}$$

Donde,

Xc = Relación *v/c* crítica o grado de saturación crítico para la intersección.

Σ(v/c)ci = Sumatoria de las relaciones de flujo para todos los grupos de carriles críticos *i.*

C = Longitud del ciclo (s).

L = Tiempo perdido total por ciclo, calculado como tiempo perdido, *tl*, para la trayectoria crítica de los movimientos (s)

1.2.10. Medidas de eficiencia.

a) Demoras: Los valores derivados de los cálculos de demora representan la demora media por control experimental por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, se incluyen también las demoras contraídas afuera del mismo cuando el grupo de carriles está sobresaturado. Para el cálculo de la demora por control se debe considerar los movimientos a bajas velocidades y las detenciones conforme los vehículos se mueven en la cola o disminuyen la velocidad corriente arriba de la intersección. Con la siguiente ecuación 7 se halla la demora promedio por control:

$$d = d1 + d2 + d3 \text{ ; Ec.7}$$

Donde,

d = Demora por control por vehículo (s/veh).

d1 = Demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

d2 = Demora incremental que toma en cuenta los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador; este componente de la demora asume que no hay cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

d3 = Demora por la cola inicial, la cual tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos en el periodo de análisis debido a las colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (s/veh).

El *d1*, la demora uniforme es el valor que se asume cuando se trata de un caso ideal de llegadas uniformes, flujos estables, y sin cola inicial. Se define por la siguiente ecuación 9:

$$d1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) * \frac{g}{C}\right]} \text{ ; Ec.9}$$

Donde,

d1 = Demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

C = Longitud del ciclo (s); longitud de ciclo empleada en semáforos con controladores de tiempo fijo.

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s); tiempo de verde empleado en semáforos con controladores de tiempo fijo.

X = Relación *v/c* o grado de saturación para el grupo de carriles ($X \leq 1$).

El *d2*, la demora incremental considera las llegadas no uniformes y las demoras aleatorias, así como la demora por sobresaturación. Se estiman por la ecuación 10 que asume que no existen colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (*T*).

$$d2 = 900 * T * \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8*k*I*X}{c*T}}\right]; \text{Ec.10}$$

Donde,

d2 = Demora incremental que toma en cuenta los efectos de colas aleatorias y sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador del semáforo (s/veh).

T = Duración del periodo de análisis (h).

k = Factor de demora incremental que es dependiente del ajuste de los controladores.

I = Factor de ajuste por ingresos a la intersección corriente arriba.

C = Capacidad del grupo de carriles (veh/h).

X = Relación v/c para el grupo de carriles o grado de saturación.

El factor *k*, incorpora el efecto del tipo de controlador. Para semáforos de tiempo fijo su valor es 0.5.

El factor *I*, incorpora efectos de ingresos desde semáforos corriente arriba en intersecciones coordinadas. Toma el valor de 1 para intersecciones aisladas.

El *d3*, la demora por cola inicial se genera cuando quedan colas residuales del periodo anterior, se define por la ecuación 11.

$$d_3 = \frac{3600}{vT}\left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{e0}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{e0}^2}{2C_A} - \frac{Q_b^2}{2C_A}\right) \text{ ; Ec.11}$$

$$Q_e = Q_b + t_A\,(v - C_A)$$

Si $v \geq C_A$, luego:

$$Q_{e0} = T(v - C_A)$$
$$t_A = T$$

Si $v < C_A$, luego:

$$Q_{e0} = 0.0\ veh$$
$$t_A = \frac{Q_b}{C_A - v} \leq T$$

Donde,

Q_b = Cola inicial al inicio del periodo T (veh).

Q_e = Cola al final del periodo T (veh).

Q_{e0} = Cola al final del periodo cuando $v \geq C_A$ y $Q_b = 0.0$ (veh)

C_A = Capacidad promedio (veh/h).

T = Duración del periodo de análisis (h).

t = Duración de la demanda insatisfecha (h).

v = Flujo de demanda (veh/h).

b) Niveles de servicio (NDS): Para determinar los niveles de servicio de cada carril, grupo de carriles o toda la intersección se usa la demora media por control (*d*) definida por la ecuación 7. Una vez obtenido este valor se usa la **tabla 1** para determinar el nivel de servicio.

1.3. Análisis de capacidad y niveles de servicio usando el software Synchro 8.0

Anteriormente se describió de forma detallada la metodología HCM 2010 para determinar las medidas de eficiencia del análisis; sin embargo, este cálculo puede ser tedioso teniendo en cuenta que el corredor estudiado tiene múltiples intersecciones, y que además se presentarán varios escenarios. Para solucionar este problema, se recurrirá a usar el software Synchro 8 de simulación y análisis de tránsito.

Synchro es un programa de computación con aplicación en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales.

SimTraffic es un programa incorporado a Synchro, con capacidad de modelado, y animación del movimiento vehicular.

1.3.1. Ajuste de demanda

Synchro divide los volúmenes de tráfico entre el FHP para determinar la tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos más cargado durante la hora, tal cual es indicado por el HCM.

1.3.2. Ajuste de oferta

Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, Synchro emplea el valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal de 1900 veh/h/carril y la ajusta automáticamente con los factores correspondientes, tal como fue presentado en la ecuación 2. Sin embargo, también es posible emplear un valor de flujo de saturación directo, en caso de que este haya sido determinado.

1.3.3. Determinación de la capacidad

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del HCM 2010, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization).

1.3.4. Determinación de las medidas de eficiencia

Demora: Synchro determina la demora por control y la demora por cola, con las que se obtiene la demora total. Es decir:

Demora total = demora por control + demora por cola.

La demora por control de Synchro es utilizada para el análisis de los efectos de coordinación, actuación y congestión; siendo el componente de demora generado por el dispositivo de control.

Niveles de servicio: También se calcula automáticamente al optimizar la intersección. Para este cálculo, al igual que todo lo anterior, lo hace de la misma manera que el HCM que toma en cuenta la demora total de la intersección.

1.3.5. Simulación

Gracias al software complementario SimTraffic 8.0 existió la posibilidad de generar una simulación en movimiento. Gracias a esto se observan en tiempo real las colas que se van generando y como se satura la intersección, todo esto es una simulación representativa aproximada de lo que sucede en la realidad.

Figura 7: Ejemplo de simulación realizada en *SYNCHRO.*
Fuente: Elaboración propia

1.4. Velocidad de diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

1.4.1. Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la velocidad de diseño en el rango que se indica en la **Tabla 7.**

Tabla 7: Velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

1.4.2. Velocidad específica de elementos que integran el trazado en planta y perfil

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado está en función principalmente a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo. En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y sección transversal, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos.

La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico es la velocidad específica con la que se debe diseñar. El valor de la velocidad específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la velocidad de diseño del tramo homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como velocidad específica, el valor de la velocidad de diseño del tramo:

- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la velocidad específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, requiere que las velocidades específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean iguales a la velocidad de diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

La secuencia general para la asignación de la velocidad específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

En el proceso de diseño en planta:

- Partiendo de la velocidad de diseño del tramo homogéneo adoptada, asignar la velocidad específica a cada una de las curvas horizontales.

- Partiendo de la velocidad específica asignada a las curvas horizontales, asignar la velocidad específica a las tangentes horizontales.

En el proceso de diseño en perfil:

- Partiendo de la velocidad específica asignada a las curvas horizontales y a las tangentes horizontales, asignar la velocidad específica a las curvas verticales

- Partiendo de la velocidad específica asignada a las tangentes horizontales, asignar la velocidad específica a las tangentes verticales.

1.4.3. Velocidad de marcha

Denominada también velocidad de crucero es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones

prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores sea inferior a la velocidad de diseño. La experiencia indica que la desviación de este objetivo es más evidente y problemática en las curvas horizontales más favorables. En particular, en las curvas con bajas velocidades de diseño (en relación con las expectativas del conductor) se suele conducir a velocidades mayores lo que implica menores condiciones de seguridad. Por tanto, es importante que la velocidad de diseño utilizada para la configuración de la curva horizontal sea un reflejo conservador de la velocidad que se espera de la instalación construida.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

El efecto del volumen de tránsito en la velocidad de marcha promedio puede ser determinado de la siguiente manera:

- En las autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando éste se aproxima al máximo de la carretera, la velocidad disminuye sustancialmente.

- En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye linealmente con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en la **Tabla 8.**

Tabla 8: Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km).

Velocidad de diseño	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0
Velocidad media de marcha	27,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0
Rangos de velocidad media	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

1.4.4. Velocidad de operación

Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasarla. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta, tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetro de comparación, entre una vía existente con características similares a una vía en proyecto, a fin de seleccionar una velocidad de diseño por tramos homogéneos lo más acorde con el servicio que se desee brindar.

Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, dónde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazado. El análisis del indicado diagrama constituye el método más común, para evaluar la consistencia del

diseño geométrico. En la **Tabla 9** (ecuaciones de Fitzpatrick), se puede apreciar estimaciones para la determinación de velocidades de operación.

Tabla 9: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación.

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V85 = 102{,}10 - \frac{3077{,}13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V85 = 105{,}98 - \frac{3709{,}90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V85 = 104{,}82 - \frac{3574{,}51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V85 = 96{,}61 - \frac{2752{,}19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V85 = 105{,}32 - \frac{3438{,}19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad (K≤ 43 m / %)	$V85 = 103{,}24 - \frac{3576{,}51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada (K> 43 m / %) sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada (K≤ 43 m / %) sobre recta horizontal	$V85 = 105{,}08 - \frac{149{,}69}{K}$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

Notas:

- Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).
- Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si sólo la curva horizontal está presente. Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad.
- V85: Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h)
- R: Radio de curva (m).

Teniendo como base los conceptos antes indicados, así como los criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018, en la **Tabla 10** se presentan valores de velocidades máximas de operación, en función a la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y las condiciones orográficas.

Tabla 10: Valores de velocidades máximas de operación.

Clasificación de la carretera	Velocidad máxima de operación (km/h)			
	Vehículos ligeros		Vehículos pesados	
			Buses	Camiones (5)
Autopista 1ra clase	(1)	130	100	90
	(2)	120	90	80
	(3)	100	80	70
	(4)	90	70	60
Autopista 2da clase	(1)	120	90	80
	(2)	120	90	80
	(3)	100	80	70
	(4)	90	70	60
Carretera 1ra clase	(1)	100	90	80
	(2)	100	80	70
	(3)	90	70	60
	(4)	80	60	50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

Notas:

1) Orografía plana (1)

2) Orografía ondulada (2)

3) Orografía accidentada (3)

4) Orografía escarpada (4)

5) Para vehículos de transporte de mercancía peligrosa la velocidad máxima de operación es 70 km/h, o la que establezca el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente.

6) Las autoridades competentes, podrán fijar velocidades de operación inferiores a las indicadas en la tabla, en función a las particularidades de cada vía.

7) Las autoridades competentes, deben señalizar la máxima velocidad de operación, principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo.

8) Según las particularidades de las carreteras de Segunda Clase y Tercera Clase, las autoridades competentes establecerán las velocidades máximas de operación.

1.5. Diseño Geométrico en intersecciones[12]

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía, las particularidades geométricas de las vías que se cruzan, la capacidad de las vías y las características del flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, deben evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente

1.5.1. Intersecciones a nivel[13]

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

- **Intersección de tres ramales**

Se les llama así a las configuraciones de tres ramas, que se asemejan a un “T” o una “Y”. En éstas, es frecuente el caso de ramas de diversa importancia, lo cual se determina mediante los conteos pertinentes. La cantidad de movimientos posibles es seis, si todas las ramas tienen doble

[12] *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 – MTC.*

[13] *Manual de vialidad urbana. Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, División de desarrollo urbano. Edición 2009.*

sentido, y cuatro y dos si una de ellas o todas tienen sentido único, respectivamente. Esto sin considerar la posibilidad de giros en "U".

- **Intersección de cuatro ramales**

Reciben tal nombre las configuraciones de cuatro ramas, que asemejan una cruz. La cantidad máxima de movimientos posibles es doce, si todas las ramas tienen doble sentido, y siete y cuatro si dos o cuatro de ellos tienen sentido único, respectivamente (sin giros en "U"). La importancia de los movimientos se detecta mediante conteos.

- **Intersecciones especiales**

Este tipo de intersección es difícil de tratar y por lo general se prefiere suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible. Si no lo es, la solución suele ser complicada o del tipo giratorio, o bien fuerza al establecimiento de sentidos únicos a algunas de las ramas.

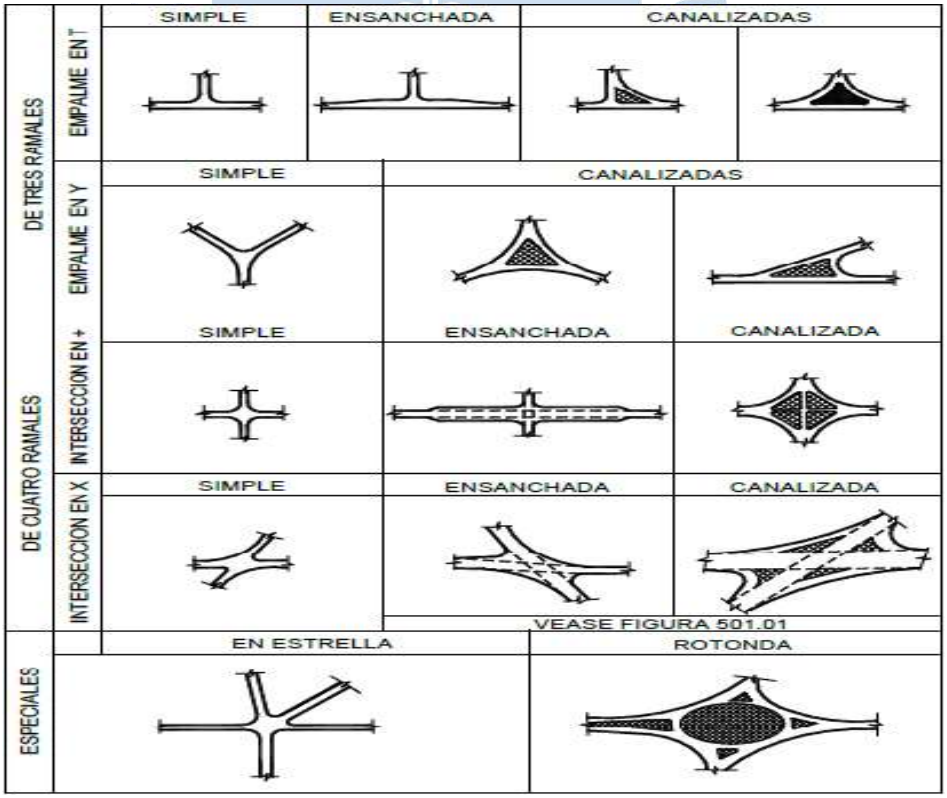


Figura 8: Variedad de tipos de intersección a nivel
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

- **Intersecciones sin canalizar**

Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

a) Intersección sin canalizar simple

En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito. Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan.

b) Ensanches de la sección de los accesos al cruce

Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una intersección canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

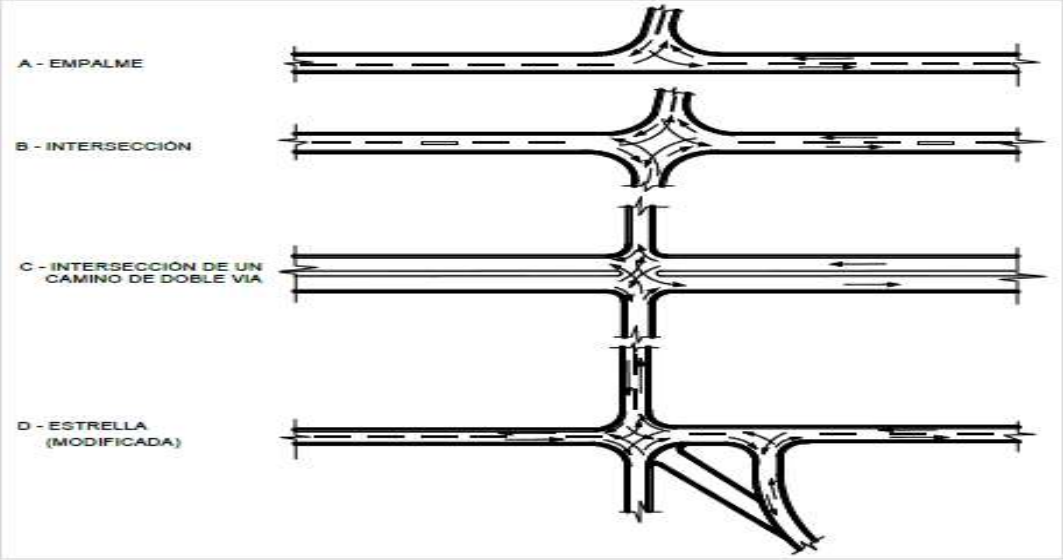


Figura 9: Intersecciones sin canalizar simples
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

- **Intersecciones canalizadas**

Las intersecciones con islas de canalización se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar. Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar. Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar. Las islas de canalización deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

En la **figura 10** se muestran cuatro casos (A, B, C y D) casos de intersecciones canalizadas:

- Caso A: Muestra un carril de giro a la derecha, desde la vía secundaria, obtenido mediante el diseño de una isla triangular.

- Caso B: Muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos.

- Caso C: Indica que la canalización en el camino interceptado es mediante una isla divisoria, en la cual el espacio necesario para la ubicación de la isla se obtiene ensanchando

gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha.

- Caso D: Finalmente para el caso de carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada una de las corrientes importantes, en la Figura D, se muestra el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo.

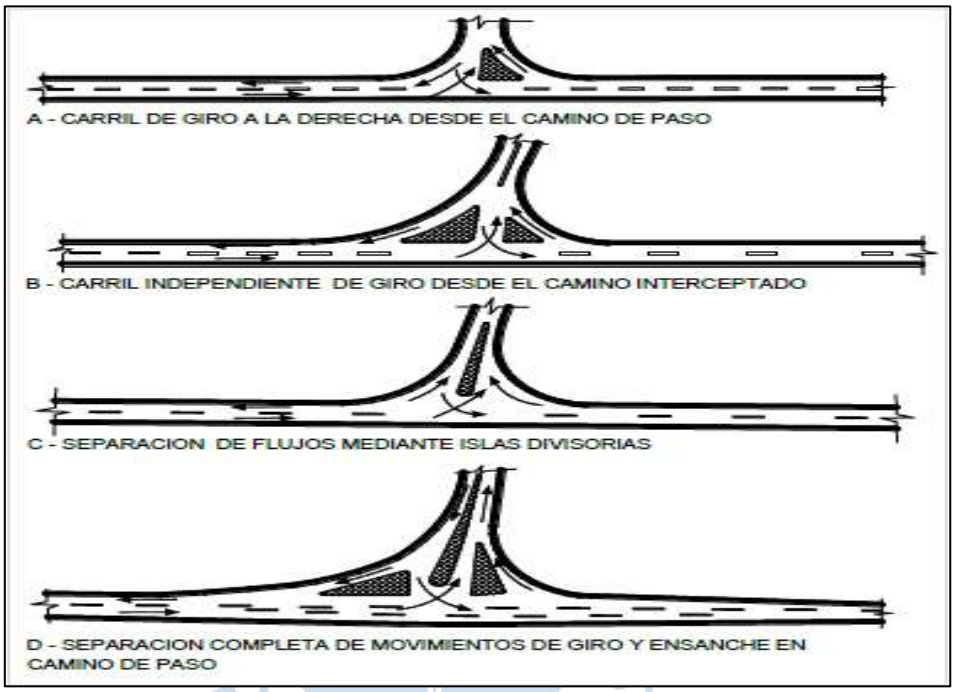


Figura 10: Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro.
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

- **Intersecciones rotatorias o rotondas**

La intersección rotatoria a nivel, también conocida como rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas circulan mediante un anillo vial, en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. Las trayectorias de los vehículos en el anillo son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto, es menor que en otros tipos de intersecciones a nivel. Las rotondas son ventajosas, si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son similares, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. En los tramos que las carreteras atraviesan zonas urbanas, las rotondas con semáforo, alivian congestiones por exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama.

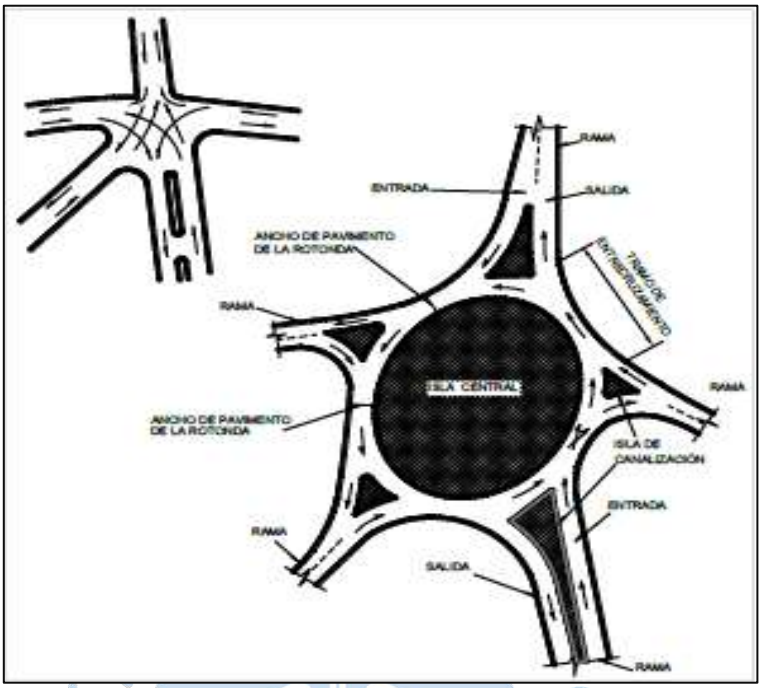


Figura 11: Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta.
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

1.5.2. Intersecciones a desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible. Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

En las autopistas de primera clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de segunda clase y carreteras de primera clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.

- **Intercambios de tres ramas**

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad.

Pueden ser de: Tipo trompeta "T", direccionales en "T" y direccionales en "Y".

- **Intercambio de cuatro y más ramas**

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación de todos los flujos.

- Con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).

- De Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas.

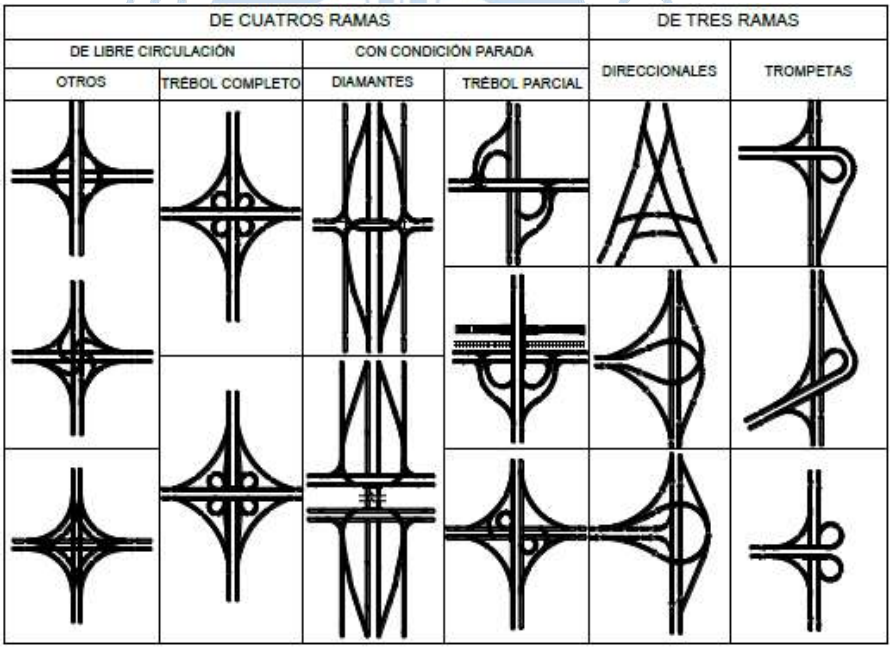


Figura 12: Tipos de intersecciones a desnivel.
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

1.6. Producto cruzado[14]

Es un criterio que propone la Federal Highway Administration (FHWA) de los EEUU. Ese criterio consiste en multiplicar el volumen de giro a la izquierda con el volumen conflictivo por

[14] Fairlie, D (2017) *"Análisis de tránsito y propuesta de mejoras para la Avenida Aramburú (Tramo entre las Avenidas Paseo de la República y Guardia Civil)".* Informe de ingeniería del tránsito, asociación cruzada vial.

carril del sentido contrario durante las horas punta de la mañana y la noche. Si el producto cruzado resulta mayor a 50,000 entonces se recomienda que el semáforo cuente con una fase de giro a la izquierda.

1.7. Diseño y la programación de semáforos[15]

Las normas contenidas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, el cual es emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tienen como finalidad mantener la uniformidad en todo aspecto (color, forma, tamaño, diseño, etc.) de la señal de tránsito, de los semáforos, de las marcas en el pavimento, y todo dispositivo que regule el tránsito y/o brinde información relevante para los usuarios de las vías. La importancia de muchas de las normas radica en mantener una red vial segura y que no sea peligrosa para la vida ni la integridad física de sus usuarios.

1.7.1. El número de caras de semáforo

Se denomina "cara de semáforo" a la parte frontal de un semáforo, que contiene las indicaciones que un conductor debe observar al llegar a una intersección. Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales donde éstos sean requeridos, lo cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas les permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque uno de los semáforos sea obstruido momentáneamente por camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche o cuando deje de funcionar alguna luz del semáforo.

La necesidad de instalar más de dos caras por acceso a la intersección o aproximación dependerá de las condiciones locales especiales, tales como número de canales, necesidad de indicaciones direccionales o de giro, configuración de la intersección, isletas para canalización etc.

---

[15] Fairlie, D (2015) *"Evaluación de la ingeniería aplicada en el proyecto intercambio vial a desnivel Benavides"*. Informe de ingeniería del tránsito, asociación cruzada vial.

Además de indicar el número de caras de semáforo que deben colocarse, el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor también indica la ubicación transversal y la altura a la que debe colocarse el semáforo. Todo semáforo debe colocarse a una altura mínima de 5.30 metros, de lo contrario podría ser obstruido por algún vehículo de altura suficiente o podría ser impactado por un vehículo. Así mismo, debe colocarse a una altura máxima de 6.00 metros, de lo contrario los conductores tendrían que hacer un esfuerzo para mirar las indicaciones del semáforo y podrían distraerse de lo que ocurre frente a su vehículo en la intersección. La ubicación transversal también es importante. Un semáforo debe estar colocado de tal manera que se encuentre siempre dentro del cono visual del conductor cuando éste está con la mirada atenta hacia lo que ocurre delante de su vehículo. Si un conductor está mirando la indicación de un semáforo ubicado en un sitio que le requiera girar la cabeza, podría no darse cuenta de que un peatón esta delante de su vehículo cuando el semáforo le indica que siga la marcha.

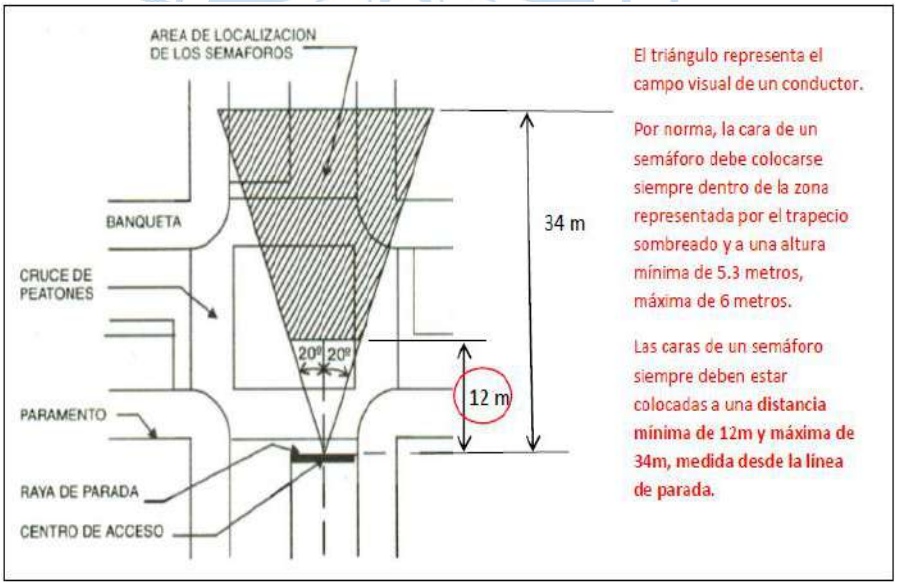


Figura 13: Localización de las caras de un semáforo de acuerdo al Manual del MTC
Fuente: Asociación cruzada vial (2015) *"Evaluación de la ingeniería aplicada en el proyecto intercambio vial a desnivel Benavides"*

1.7.2. Tiempo de despeje (luz ámbar)

El tiempo de despeje en un semáforo, también llamado el tiempo de luz ámbar, es un aspecto de suma importancia para la seguridad vial. Un tiempo de despeje muy corto podría causar que un conductor no reaccione a tiempo para detener su vehículo antes de entrar a la intersección. Cuando

esto ocurre las consecuencias son accidentes frecuentes que pueden tener resultados fatales. Por otro lado, un tiempo de despeje muy largo incitaría a los conductores a no hacer caso a la luz ámbar, lo cual también tendría consecuencias graves. Por tal motivo en la ingeniería de tránsito se realizan constantemente estudios de investigación para desarrollar pautas que ayuden a determinar la duración adecuada de la luz ámbar de una manera metódica, científica, y uniforme bajo diferentes circunstancias.

Es así como el Institute of Transportation Engineers (ITE) ha generado metodologías y procedimientos que los ingenieros de tránsito y transportes han adoptado y tienen la obligación de seguir para poder asegurar que sus diseños brinden a los usuarios el máximo nivel de seguridad posible.

Con respecto al cálculo de la luz ámbar, el ITE recomienda que se tenga en cuenta la velocidad a la que transitan los vehículos en la vía, la pendiente de la vía al acercarse a la intersección, el tiempo de reacción de los conductores, el coeficiente de fricción del pavimento, entre otros factores. Así mismo recomienda que opcionalmente, luego de la luz ámbar, se implemente un periodo corto durante el cual todos los semáforos en la intersección muestran luz roja al cual llamamos periodo todo-en-rojo. Para el periodo todo-en-rojo también recomienda que se tomen en cuenta factores como la velocidad y el ancho de la intersección. Lejos de dejarlo ahí, el ITE propone una fórmula simplificada para calcular la duración de la luz ámbar, así como el periodo todo en rojo. La fórmula es la mostrada en la **Figura 14.**

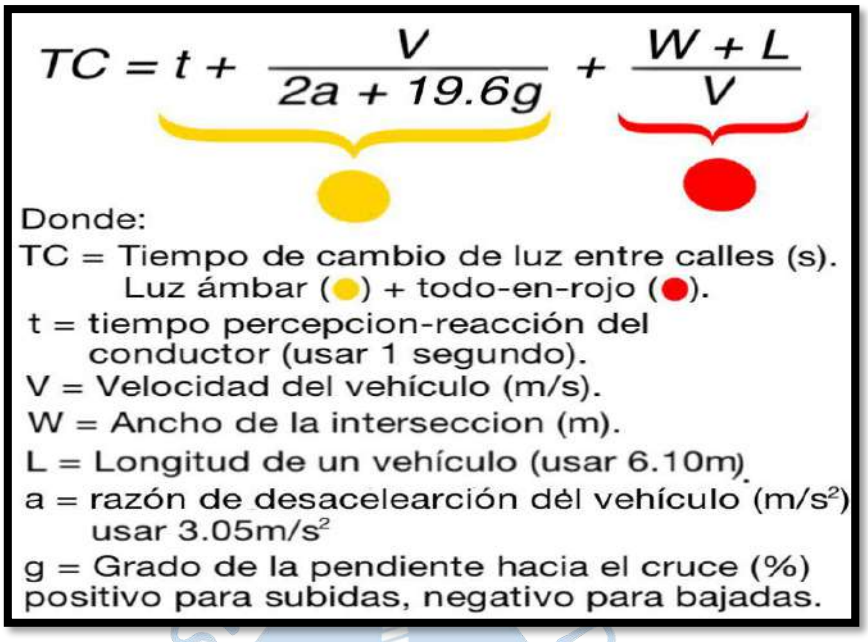


Figura 14: Fórmula del ITE para el cálculo del tiempo de despeje en semáforos.
Fuente: Asociación cruzada vial (2015) *"Evaluación de la ingeniería aplicada en el proyecto intercambio vial a desnivel Benavides"*.

El ITE recomienda también que los resultados obtenidos para la duración de la luz ámbar y del periodo todo-en-rojo sean redondeados con una precisión de una décima de segundo. Adicionalmente, recomienda que el valor mínimo a utilizarse para la luz ámbar sea tres segundos.

Siguiendo las recomendaciones del ITE, el Manual de dispositivos de control del tránsito del MTC también indica que la duración de la luz ámbar debe ser de 3 segundos como mínimo.

1.7.3. Tiempo para cruce de peatones

Así como el ITE brinda estándares y fórmulas para calcular la duración de la luz ámbar y del periodo todo-en-rojo, también presenta metodologías y fórmulas para calcular la duración de una fase peatonal de un semáforo. La recomendación más reciente del ITE para establecer la duración de la fase peatonal es simple: La fase peatonal se calcula dividiendo la distancia a cruzar (en metros) entre 1.2 y se le suma 4 segundos. La cifra 1.2 corresponde a 1.2m/s la cual es la velocidad promedio a la que camina una persona. Los 4 segundos adicionales son para permitir que más de un peatón pueda ingresar al cruce peatonal

Capítulo 2

Primer escenario: Situación actual del Corredor Vial Av. Don Bosco

2.1. Generalidades

En el presente capítulo se hará un diagnóstico de uno de los principales corredores viales de la ciudad de Piura, Av. Don Bosco. Se realizará un análisis operacional de las siguientes intersecciones:

- Intersección con Av. Loreto.
- Intersección con Av. Richard Cushing.
- Intersección con Av. San Martin.
- Intersección con Av. Gullman.

Para empezar, es necesario identificar las principales características de la zona en cuestión y así poder lograr una planificación integral de los proyectos.

2.1.1. Antecedentes de la zona de estudio

Es inevitable poder negar que la congestión y la inseguridad vial en la ciudad de Piura se ha vuelto un problema que aqueja a la sociedad. El crecimiento del flujo vehicular en los últimos años hace evidente la deficiencia del sistema de infraestructura vial, que incluye problemas de geometría, de estructura de pavimento y de equipamiento (señales y semáforos).

En los últimos años se ha desarrollado un incremento del parque automotor de la ciudad de Piura, existiendo un considerable crecimiento en la utilización de vehículos de dos y tres ruedas.

Los especialistas señalan que el parque automotor de estos vehículos seguirá aumentando y con ello, la informalidad y el desorden.

Son más de 15 mil la moto taxis (Vehículos de tres ruedas) y 20 mil motos lineales (vehículos de dos ruedas) que existen en la ciudad, según funcionarios de Transportes de la comuna piurana. De ellos, en conjunto solo lo diez mil se han formalizado y veinticinco mil son informales. Por tanto, se hace difícil resolver los problemas del parque automotor en la ciudad, porque si se ejecuta infraestructura vial será rápidamente invadida por estos vehículos.

La Av. Don Bosco una de las principales avenidas de la ciudad presenta claros problemas de tránsito, siendo los causantes del congestionamiento: la existencia de agencias de transporte, líneas de transporte público, exceso de mototaxis y motos lineales

2.1.2. Ubicación

El tramo estudiado corresponde a la Av. Don Bosco, la cual es una de las principales vías arteriales de la ciudad de Piura.

Figura 15: Planta General del Corredor Vial Av. Don Bosco.
Fuente: Google Earth PRO.

2.1.3. Alcances y limitaciones del estudio

La metodología por aplicar será primero efectuando un estudio del Highway Capacity Manual (HCM) 2010 de la Transportation Research Board para analizar los conceptos de capacidad y niveles de servicio en vías urbanas. Posteriormente, se detallarán estos parámetros aplicados a en el software Synchro 8.0 para la simulación del tráfico.

Para un estudio definitivo de la vía, se planifican visitas a campo para tomar datos geométricos (ancho de carriles, de separador central, de las intersecciones, etc.), semafóricos (número y duración de fases) y el estudio de tráfico (Volúmenes vehiculares en las horas criticas)

El análisis de la Av. Don Bosco se dará en el tramo entre las Av. Loreto y Av. Gullman, buscando mejorar el nivel de servicio en las intersecciones mencionadas anteriormente, proponiendo un sistema integrado en esos 1.3 km de la vía.

2.2. Estudio de tráfico

Para el estudio de tráfico se hicieron conteos volumétricos en las siguientes intersecciones del corredor vial Av. Don Bosco: Av. Loreto, Av. Richard Cushing, Av. San Martin y Av. Gullman.

El conteo de los volúmenes vehiculares se realizó durante una semana (7 días) en los horarios donde ocurrían los valores más altos: en la mañana de 7:00 a 8:00 am y en la tarde de 5:30 a 6:30 pm.

Para obtener lo volúmenes más exactos se procedió a filmar el flujo vehicular desde un ángulo que permitió observar el panorama completo, después se realizó el conteo apoyándose en las grabaciones correspondientes a cada intersección. Además, se tomó el tiempo de duración y el número fases de los semáforos de cada intersección.

Se ha organizado el conteo por tipos de vehículos y por dirección del movimiento, a continuación, se muestran las tablas con los datos organizados y los flujogramas.

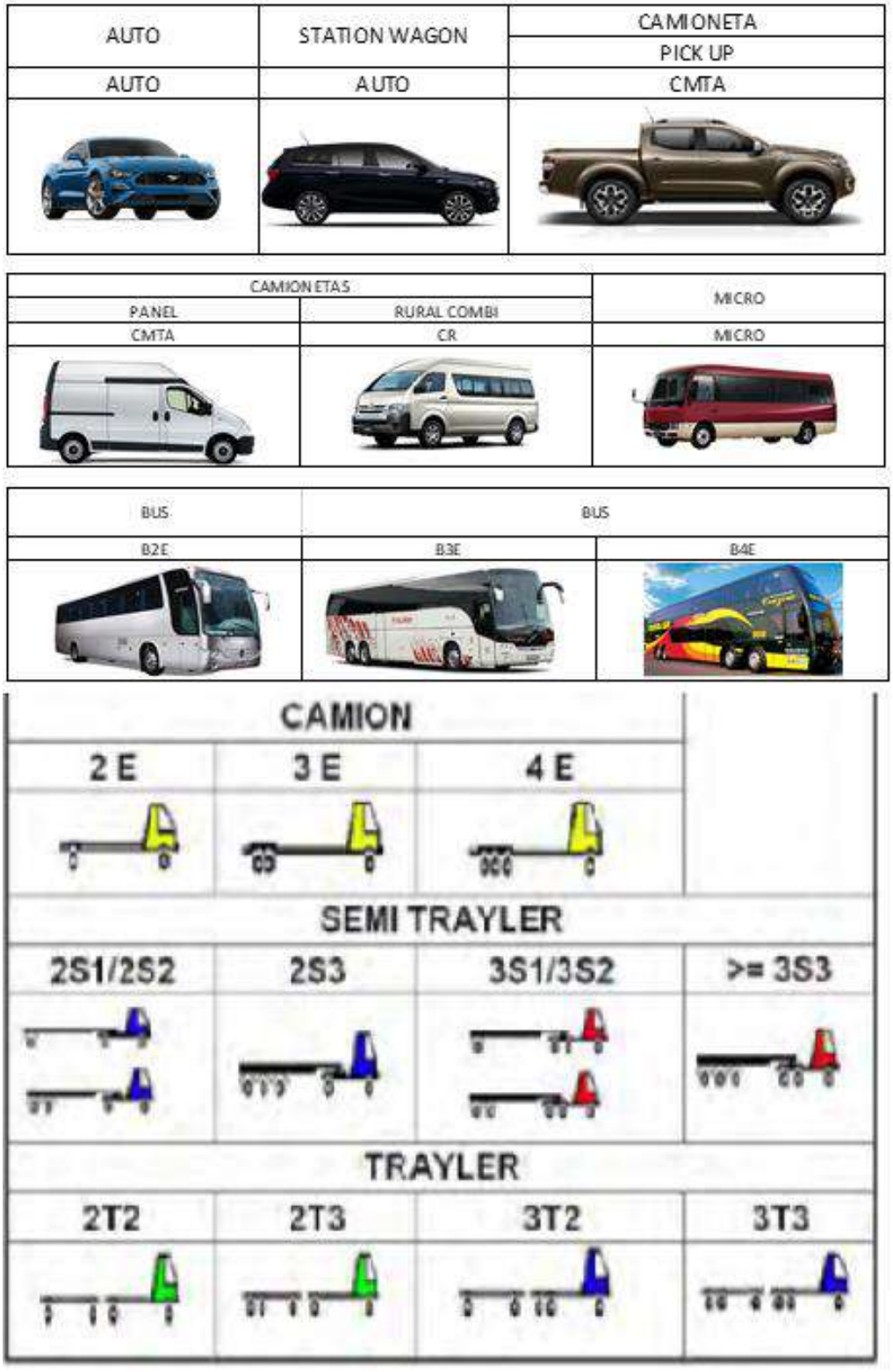


Figura 16: Leyenda por tipo de vehículo para el aforo.
Fuente: Elaboración propia basado en el MTC.

2.3. Análisis vial en las intersecciones con el uso de Synchro 8.0

Una vez recopilada la información de campo, se procedió al análisis de cada intersección y de manera conjunta del corredor estudiado, identificando las principales fallas que estarían causando la congestión y se propondrán medidas de solución que mejorarán la transitabilidad y los niveles de servicio, optimizando los tiempos de viaje de una manera ordenada, eficaz y segura.[16]

2.3.1. Características generales actuales

a) Geometría: La zona de estudio comprende los 1.30 kilómetros de la Av. Don Bosco, entre la Av. Loreto hasta la Av. Gullman. Este tramo se ha identificado como objeto de mejoras viales debido a la alta congestión en horas punta.

La actual Av. Don Bosco es una vía arterial cuyo alineamiento y sección transversal es variable; sin embargo, para el análisis se han considerado 4 secciones típicas. En el tramo Av. Loreto hasta Av. Richard Cushing tiene un ancho de calzada de 6.60m en ambos sentidos, con un separador central de 2 metros de ancho con poca influencia de áreas verdes. Aquel tramo es de 372 metros.

El tramo entre Av. Richard Cushing y Av. Gullman de 928 metros, tiene un ancho de calzada de 6.60 m en ambos sentidos, con un separador central variable que inicia con un ancho de 2 metros y termina con 6.2 metros, con influencia de áreas verdes.

[16] Ríos, E (2018). *"Modelación del Tránsito y Propuesta de Solución Vial a la Av. Cáceres con Infraworks y Synchro 8.0".* Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

Figura 17: Esquema vial de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades de diseño corresponden a una vía arterial urbana de alta densidad vehicular y flujo peatonal, según el HCM 2010 en la **Tabla 11** Se ha optado por una velocidad de 40-55 km/h. Cabe resaltar que esta velocidad es de acercamiento o ideal en tramos continuos; sin embargo, debido a las demoras en cada intersección, esta velocidad se reduce notoriamente.

Tabla 11: Criterios para determinar la velocidad de diseño en carreteras.

Criterio	Alta velocidad	Suburbana	Intermedia	Urbana
Camino de entrada/ densidad de acceso	Muy baja densidad	Baja densidad	Densidad moderada	Alta densidad
Tipo de arterial	Varios carriles divididos; no dividida o 2 carriles con separación	Varios carriles divididos; no dividida o 2 carriles con separación	Varios carriles divididos o no divididos; 1 dirección, 2 carriles	1 dirección no dividida, 2 direcciones, 2 o más carriles
Estacionamiento	No	No	Algunos	Significativo
Carriles separados de giro-izquierda	Si	Si	Usualmente	Algunos
Señales/ km	0.3-1.2	0.6-3	2-6	4-8
Límite de velocidad	75-90 km/h	65-75 km/h	50-65 km/h	40-55 km/h
Actividad peatonal	Muy poca	Poca	Alguna	Usualmente
Desarrollo de la carretera	Densidad baja	Baja a media densidad	Media a moderada densidad	Alta densidad

Fuente: HCM 2010

El corredor presenta intersecciones muy cercanas entre sí, algunas más complicadas que otras. Es por esto, que es primordial una buena comunicación en el sistema de semaforización y señalización.

Entre los tramos de las Av. Loreto y Av. San Martin se estima una velocidad de diseño de 50 km/h por ser una zona sin mucho tránsito peatonal.

Entre la Av. San Martin y la Av. Don Bosco se presenta un conflicto vehicular elevado, por tal razón se ha considerado ingresar una velocidad de diseño de 40 km/h en el software Synchro 8.

b) Volúmenes vehiculares, señalización y semaforización: Con los datos obtenidos del estudio de tráfico se observa que la intersección que presenta más congestión es con la Avenida Guillermo Gullman, sobre todo en el sentido de la Avenida Gullman hacia la Avenida Sánchez Cerro, se obtiene un flujo de 1031 vehículos por hora y en sentido contrario un flujo de 854 vehículos por hora.

Las demás intersecciones muestran volúmenes vehiculares horarios considerablemente menores, pero con deficiencias perceptibles de tráfico.

La capacidad de una vía urbana que cuenta con un diseño correcto en intersecciones y semaforización optimizada puede alcanzar 1800 veh/h para vías de dos carriles, lo cual hace notar la ineficiencia del sistema, ya que la intersección más cargada apenas se acerca a los 1000 veh/h y presenta notorios problemas de atascos y demoras en la intersección.

Uno de los grandes problemas es la existencia de dos fases en todos los semáforos de las intersecciones, lo que genera demoras por el encuentro de los vehículos que realizan giros y los que siguen de frente.

2.3.2. Intersección Av. Don Bosco - Av. Loreto

- **Aforo vehicular**

Tabla 12: Aforo vehicular en la intersección con Av. Loreto.

CORREDOR: AV. DON BOSCO — DÍA Y FECHA: Lunes 24/09/18
INTERSECCIÓN: AV. LORETO — HORA PUNTA: 5:30-6:30 P.M.

VÍA	ZONA	O-D	Factores pce VE	CLASIFICACIÓN VEHICULAR																						TOTAL VEH	TOTAL VEH. EQUIV.
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS PICKUP	CAMIONETAS PANEL	CAMIONETAS RURAL Combi	MICRO	BUS 2 E	BUS >=3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMITRAYLER 2S1/2S2/2S3	SEMITRAYLER 3S1/3S2	SEMITRAYLER >=3S3	TRAYLER 2T2	TRAYLER 2T3	TRAYLER 3T2	TRAYLER >=3T3		
			0333333	0.25	0.25	0.8	0.8	1	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
INTERSECCIÓN	1	1-2		155	119	62	0	7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	345	149
		1-3		295	216	37	0	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	557	203
		1-4		37	35	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	98	60
	2	2-1		125	107	22	0	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262	103
		2-3		127	113	15	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	259	92
		2-4		82	43	10	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141	53
	TOTAL			821	633	166	0	29	0	1	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	4	0	1662	660
	%			25%	19%	5%	0%	1%	0%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	100%	
CORREDOR	3	3-1		190	141	199	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	536	264
		3-2		37	12	18	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	36
		3-4		316	127	246	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	692	337
	4	4-1		77	68	21	2	7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	79
		4-2		137	111	46	5	21	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	323	151
		4-3		320	189	181	0	25		0	8	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	730	391
	TOTAL			1077	648	711	10	65	0	0	8	3	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2531	1258
	%			33%	20%	22%	0%	2%	0.00%	0.00%	0.24%	0.09%	0.00%	0.24%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujograma vehicular**

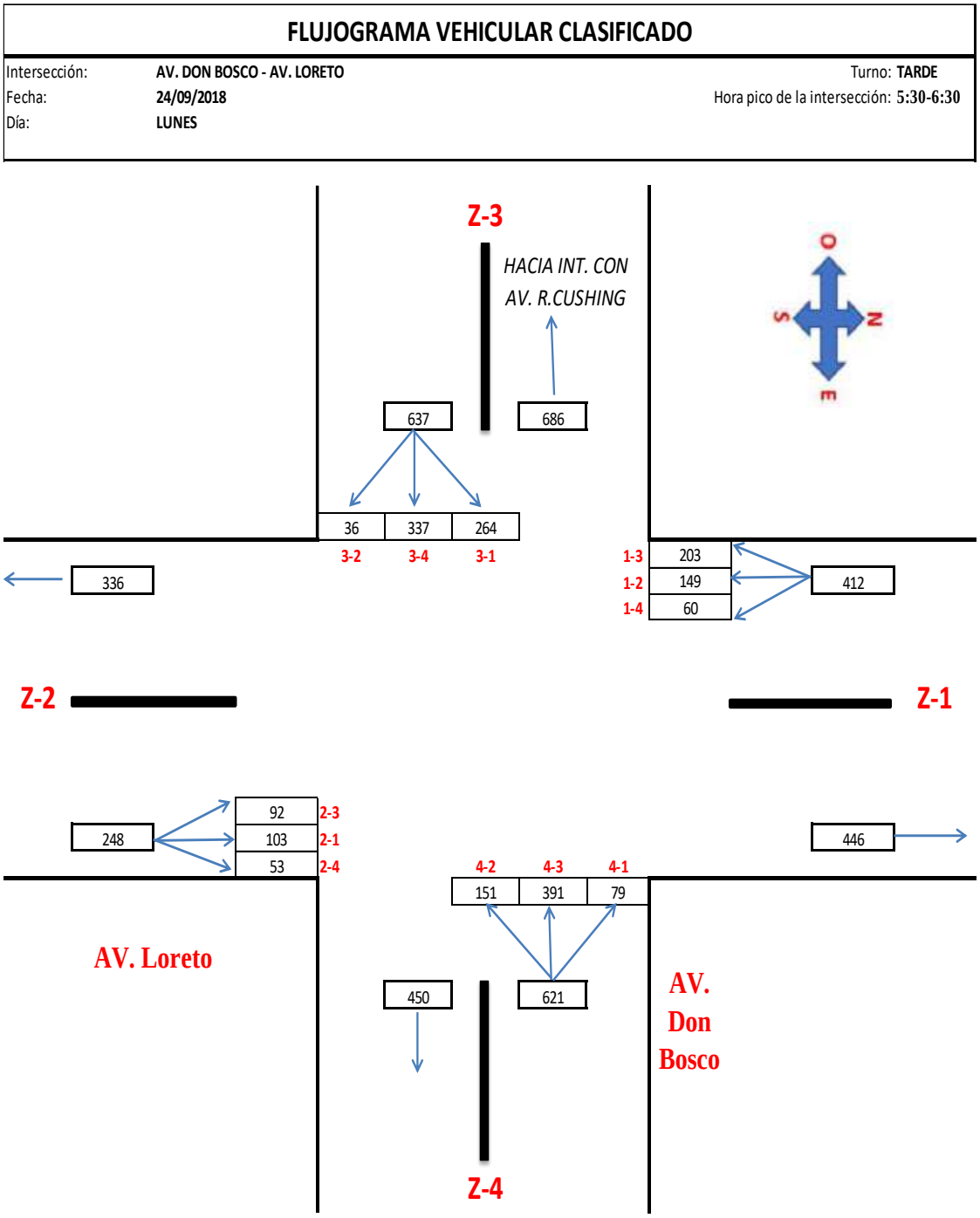


Figura 18: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Loreto
Fuente: Elaboración propia.

Esta intersección es una de las más importantes de la Av. Don Bosco pues conecta a los conductores con el centro de la ciudad. Es por esta razón que existe un elevado flujo vehicular a cualquier hora del día siendo el horario más crítico de 7:00 a 8:00 am.

Durante la hora punta, esta intersección recibe aproximadamente 621 vehículos en el sentido Este de la Av. Don Bosco, de los cuales 391 siguen recto, 151 giran a la izquierda y 79 giran a la derecha. En el otro sentido, llegan 637 vehículos de los cuales 337 siguen recto, 264 giran a la izquierda y 36 que giran a la derecha. El volumen proveniente desde sur a norte de la Av. Loreto es de 248 vehículos, de los cuales 103 siguen rectos, 92 vehículos giran a la izquierda y 53 a la derecha. En el otro sentido, el flujo es de 412 vehículos de los cuales 149 siguen recto, 60 giran a la izquierda y 203 giran a la derecha (Ver flujograma en la **Figura 18**).

Esta intersección presenta una semaforización fijada de 2 fases para controlar el flujo vehicular proveniente de las 2 avenidas.

Semaforización de la Av. Don Bosco:

- Verde (35 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (39 segundos)

Semaforización de la Av. Loreto:

- Verde (35 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (39 segundos)

Tiempo total del ciclo semafórico es de 78 segundos

- Las fases existentes son ineficientes para controlar el flujo vehicular en esta intersección, ya que da luz verde en ambos sentidos de la Av. Don Bosco simultáneamente, generando un conflicto en la intersección producida por los vehículos que giran a la izquierda hacia la Av.

Loreto. El mismo problema ocurre con los vehículos que intenta entrar a la Av. Loreto, debido a la ineficiente fase de estos semáforos estos vehículos no pueden completar el giro a la izquierda correctamente. Las consecuencias del diseño inadecuado del semáforo en este cruce son las siguientes:

• Los 264 conductores que desean girar a la izquierda (de Don Bosco oeste hacia Loreto norte) no encuentran oportunidad de completar el giro, pues deben ceder el paso a los 391 vehículos del sentido contrario que van hacia al oeste de la Av. Don Bosco. Esto genera colas en el carril izquierdo.

• El carril de la izquierda de la Av. Don Bosco oeste (que puede ser utilizado para girar a la izquierda o para seguir recto) se ve rápidamente congestionado por vehículos que intentan completar el giro hacia la Av. Loreto y cuando las colas son muy grandes, los vehículos intentan hacer el giro desde la derecha, cerrando el paso a quienes siguen recto.

• Los 391 conductores que tienen intenciones de seguir recto en dirección hacia la intersección con la Av. Richard Cushing optan por utilizar sólo el carril de la derecha, y cuando el volumen supera la capacidad de aquel carril, obligan a los de la izquierda a entrar a la intersección para poder hacer uso de los 2 carriles.

• El tiempo de 35 segundos que tienen los conductores provenientes de la Av. Don Bosco Oeste y quieren girar a la izquierda en dirección a la Av. Loreto es muy corto. Esto genera que los vehículos no completen totalmente el giro a la izquierda produciendo un alto congestionamiento en el centro de la intersección de las avenidas. Como resultado de esto los vehículos provenientes de la Av. Loreto sur que desean ir hacia el norte no puedan transitar correctamente, amplificando el congestionamiento vehicular.

• Otro factor que está afectando gravemente el tráfico en esta intersección es la presencia de muchas agencias de transporte interprovincial, estos vehículos tienen mechos problemas para realizar giros a la izquierda debido a lo angosto que es el carril.

Los resultados del análisis actual se ofrecen en la **Tabla 13** y servirán como medidas de eficiencia a mejorar en el siguiente capítulo.

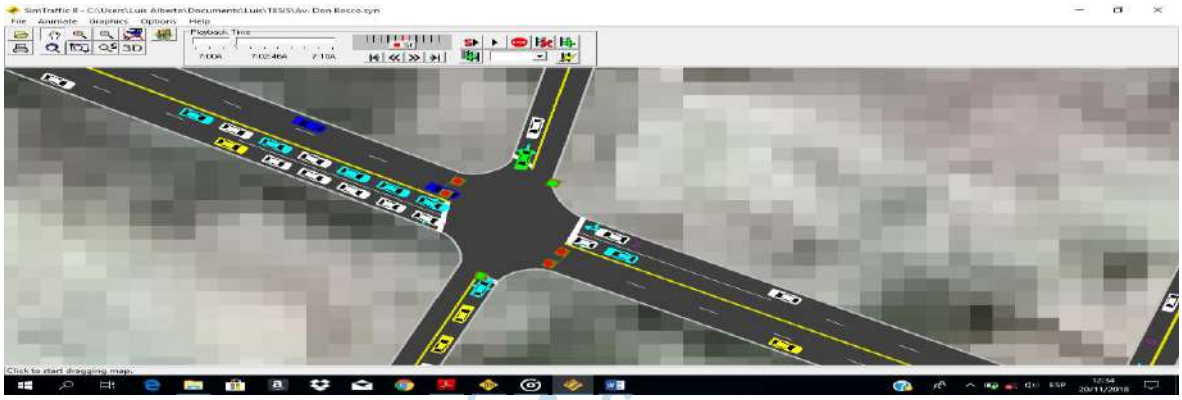


Figura 19: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto. Simulación en Synchro 8.0 en 2d
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto. Simulación en Synchro 8.0 en 3d
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Loreto.

Parámetro	Situación actual
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.0)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (22.8)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	C (26.8)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Norte (seg)	A (7.5)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Sur (seg)	B (16.8)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	63 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	73.4 m
Longitud de colas - Av. Loreto Norte	20.1 m
Longitud de colas - Av. Loreto Sur	46.4 m
Velocidad media Av. Don Bosco Este	12 km/hr
Velocidad media Av. Don Bosco Oeste	11 km/hr
Velocidad media Av. Loreto Norte	39km/hr
Velocidad media Av. Loreto Sur	28 km/hr

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Intersección Av. Don Bosco - Av. Richard Cushing

- **Aforo vehicular**

Tabla 14: Aforo vehicular en la intersección con Av. Richard Cushing.

CORREDOR: AV. DON BOSCO
INTERSECCIÓN: AV. RICHARD CUSHING
DÍA Y FECHA: Martes 25/09/18
HORA PUNTA: 7:00-8:00 A.M

VÍA	ZONA	O-D	factores p/ VE	CLASIFICACIÓN VEHICULAR																						TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER							
				0.3333	0.25	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
								PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
INTERSECCIÓN	1	1-2		334	179	90	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	609	235
		1-3		128	83	54	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269	111
		1-4		94	81	41	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	92
	2	2-1		312	324	108	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750	278
		2-3		258	193	35	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	496	185
		2-4		77	55	13	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	54
		TOTAL		1203	915	341	0	34	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2496	955
		%		37%	28%	10%	0%	1%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	
CORREDOR	3	3-1		238	203	124	0	8	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	579	268
		3-2		49	18	23	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	46
		3-4		382	188	155	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	729	302
	4	4-1		132	84	35	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	259	101
		4-2		195	166	57	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	437	171
		4-3		458	369	178	0	27	0	0	13	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1052	502
		TOTAL		1454	1028	572	9	63	0	0	13	9	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3152	1390
		%		44%	31%	17%	0%	2%	0.00%	0.00%	0.40%	0.27%	0.00%	0.09%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	

Fuente: Elaboración propia.

- Flujograma vehicular

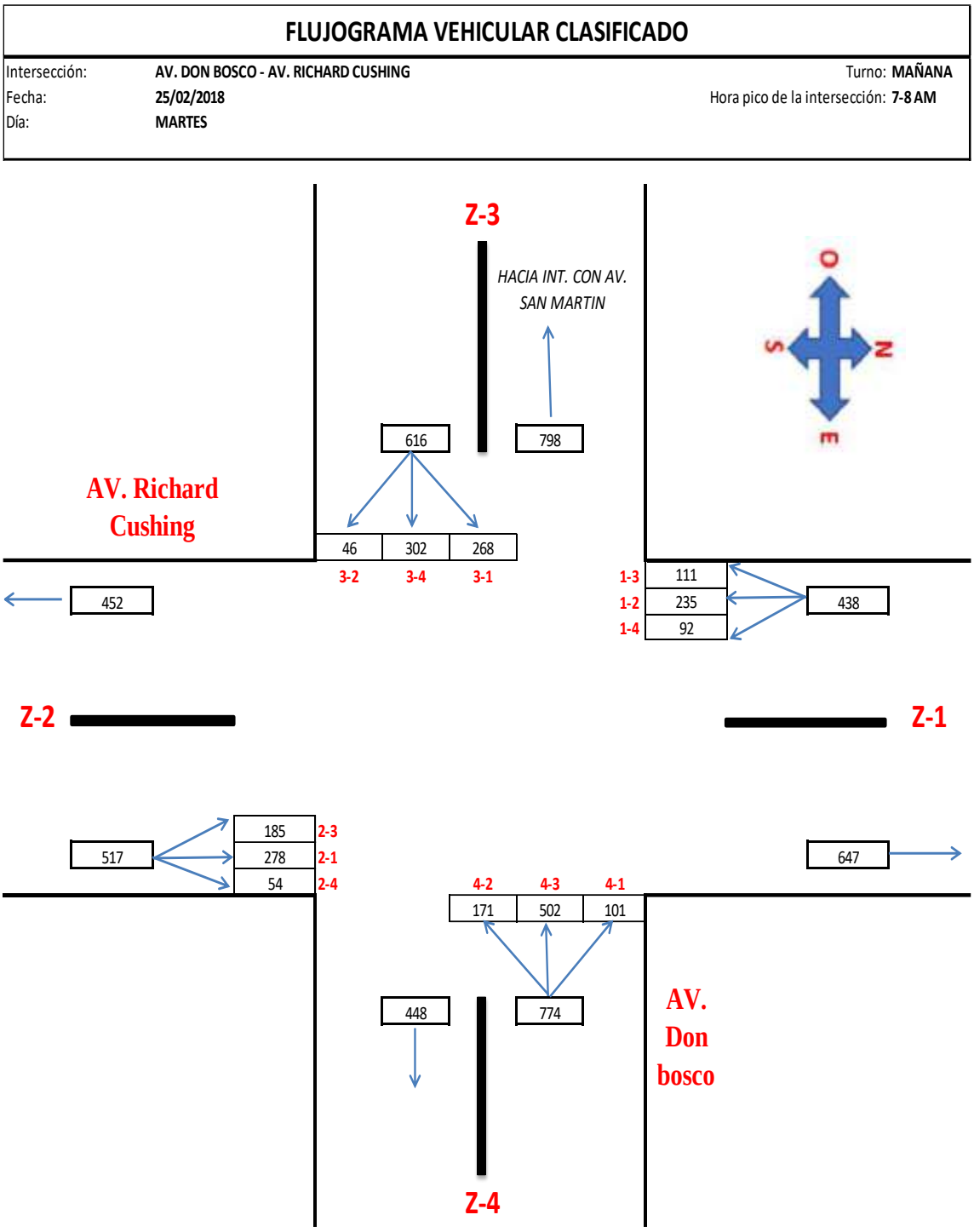


Figura 21: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing
Fuente: Elaboración propia.

La Av. Richard Cushing no presenta un volumen vehicular considerable, sin embargo, la Av. Don Bosco sí. Durante la hora punta, la Av. Don Bosco en el sentido oeste recibe 616 vehículos de los cuales 46 giran hacia la Av. Richard Cushing sur, 302 siguen recto y 268 giran hacia la Av. Richard Cushing norte.

En el sentido este, la Av. Don Bosco recibe 774 vehículos, de los cuales 171 giran hacia la Av. Richard Cushing sur, 502 siguen recto y 101 giran hacia la Av. Richard Cushing norte.

Esta intersección presenta una semaforización fijada de 2 fases para controlar el flujo vehicular proveniente de las 2 avenidas.

Semaforización de la Av. Don Bosco:

- Verde (30 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (34 segundos)

Semaforización de la Av. Richard Cushing:

- Verde (40 segundos)
- Ámbar (3.5segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (44 segundos)

Tiempo total del ciclo semafórico es de 78 segundos.

- Las fases presentes en esta intersección son ineficientes, generan largas longitudes de cola, lo cual no debería ocurrir para los volúmenes presentes en esta intersección.

- En la fase en la que los vehículos en sentidos contrarios de la Av. Don Bosco tienen permitido el pase, ocurre que los 268 vehículos que vienen de la Av. Don Bosco oeste y giran

hacia la Av. Richard Cushing norte (giro hacia la izquierda) se ven interrumpidos por los 502 vehículos que siguen recto desde la Av. Don Bosco este, ocasionando demoras.

- Los 171 vehículos que vienen de la Av. Don Bosco este y giran hacia la Av. Richard Cushing sur (giro hacia la izquierda) se ven interrumpidos por los 302 vehículos que siguen recto desde la Av. Don Bosco oeste, ocasionando demoras.

- Si bien es cierto en la Av. Richard Cushing no hay volúmenes considerables, sólo posee un carril por sentido, aun así no debería implicar demoras, pero debido a la existencia de sólo dos fases, éstas aparecen.

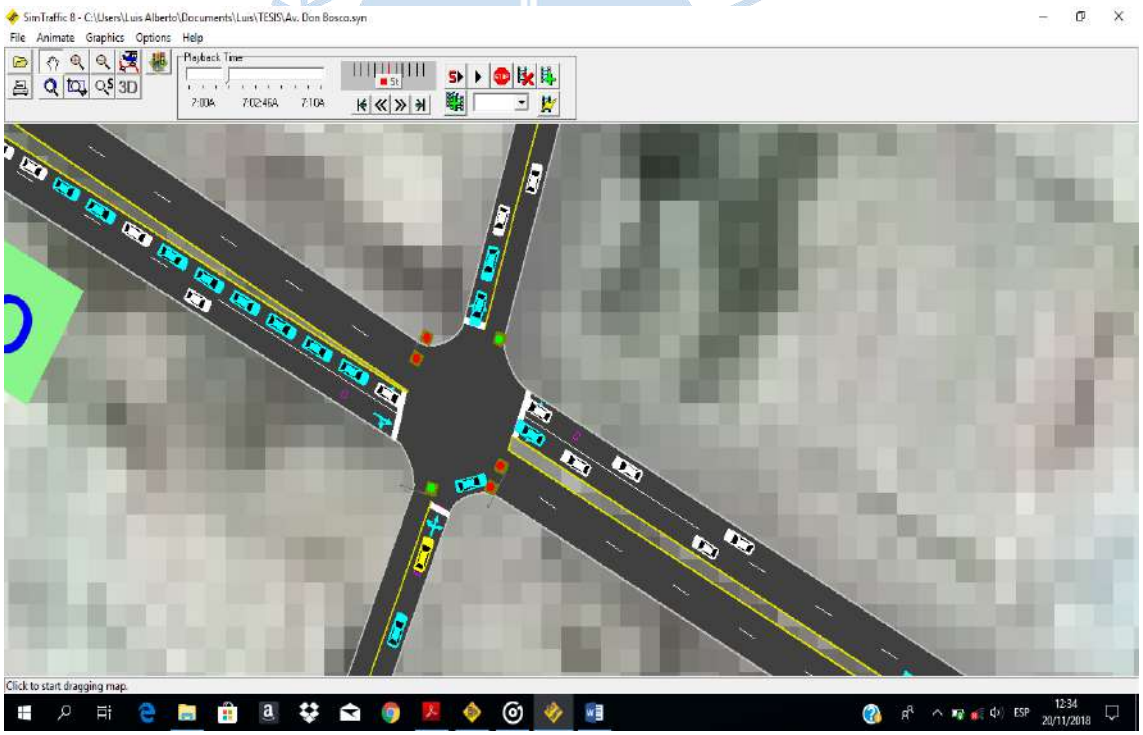


Figura 22: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing. Simulación en Synchro 8.0 en 2D
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing. Simulación en Synchro 8.0 en 3D.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Richard Cushing.

Parámetro	Situación actual
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.3)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (19.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (19.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Norte (seg)	B (17.7)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Sur (seg)	C (23.9)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	74.2 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	60.4 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Norte	38.5 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Sur	54.1 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	24 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	22 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Norte	38 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Sur	29 km/hr

Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Intersección Av. Don Bosco - Av. San Martín

- **Aforo vehicular**

Tabla 16: Aforo vehicular en la Intersección con Av. San Martín.

CORREDOR: AV. DON BOSCO
INTERSECCIÓN: AV. SAN MARTIN
factores p/ VE 0.333333 0.25 0.8 0.8 1 1 2 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5

DÍA Y FECHA: Miercoles 26/09/18
HORA PUNTA: 7-8AM

VÍA	ZONA	O-D	CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
			MOTO TAXI	MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS PICKUP	CAMIONETAS PANEL	CAMIONETAS RURAL Combi	MICRO	BUS 2 E	BUS >=3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMITRAYLER 2S1/2S2/2S3	SEMITRAYLER 3S1/3S2	SEMITRAYLER >=3S3	TRAYLER 2T2	TRAYLER 2T3	TRAYLER 3T2	TRAYLER >=3T3		
INTERSECCIÓN	1																						0	0
		1-3	85	72	37	0	8	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	207	109
		1-4	88	63	26	0	9	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	105
																							0	0
																							0	0
																							0	0
		TOTAL	173	135	63	0	17	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	399	214
		%	5%	4%	2%	0%	1%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	
CORREDOR	3	3-1	237	204	205	3	9	0	0	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	667	351
																							0	0
		3-4	288	128	227	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	646	312
	4	4-1	146	116	43	4	7	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	143
																							0	0
		4-3	344	223	177	7	25	0	7	17	7	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	813	490
		TOTAL	1015	671	652	17	41	0	7	17	15	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2446	1296
		%	31%	20%	20%	1%	1%	0.00%	0.21%	0.52%	0.46%	0.00%	0.27%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujograma vehicular**

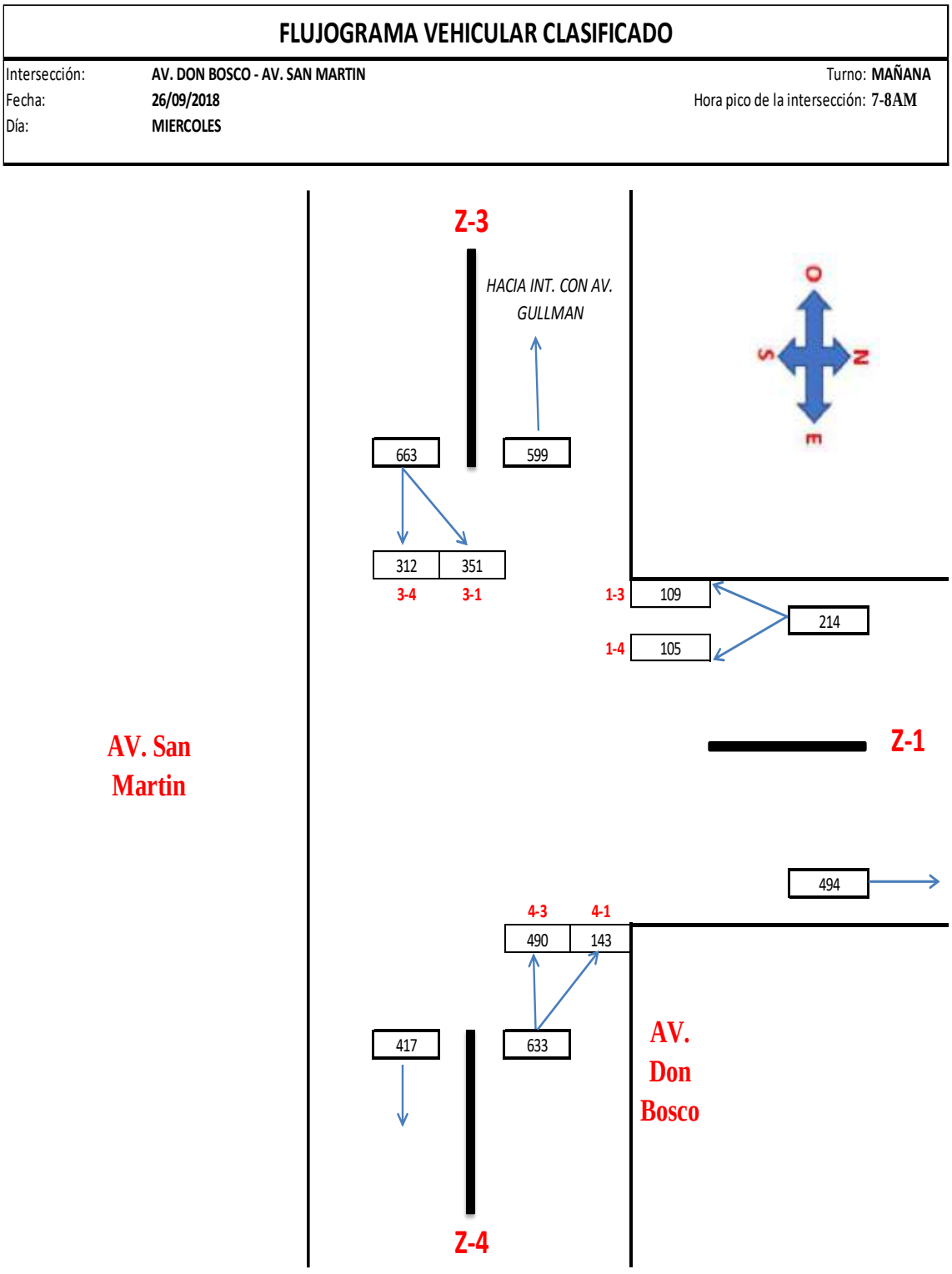


Figura 24: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

Esta intersección es distinta a las demás que han sido evaluadas pues no presenta zona 2 (Ver flujograma en la **Figura 24**), debido a esto se puede notar claramente que el problema de congestión vehicular es generado por los vehículos que transitan por la avenida Don Bosco en ambas direcciones.

Esta intersección conecta a los conductores con la Av. Grau. Entre estas avenidas existe algunos puntos de atracción como la SUNAT, el Colegio Nacional San Miguel y el hospital "Jorge Reátegui Delgado". Es por esta razón que existe un elevado flujo vehicular el horario crítico de 7:00-8:00 am.

Durante la hora punta, esta intersección recibe aproximadamente 633 vehículos en el sentido Este a la Av. Don Bosco, de los cuales 490 siguen recto, 143 giran a la derecha. En el otro sentido, llegan 663 vehículos de los cuales 312 siguen recto y 351 giran a la izquierda. Desde la Av. San Martín hacia la Av. Don Bosco ingresan 214 vehículos, de los cuales 109 vehículos giran hacia a la derecha, y 105 vehículos giran hacia la izquierda (Ver flujograma en la **Figura 24**).

Esta intersección presenta una semaforización fijada de 2 fases para controlar el flujo vehicular proveniente de las 2 avenidas.

Semaforización de la Av. Don Bosco:

- Verde (22 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (26 segundos)

Semaforización de la Av. San Martín:

- Verde (35 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (39 segundos)

Tiempo total del ciclo semafórico es 65 segundos.

- Los 351 conductores que desean girar a la izquierda (de la Av. Don Bosco oeste hacia la Av. San Martín) no encuentran oportunidad de completar el giro, pues deben ceder el paso a los 490 vehículos del sentido contrario que van hacia al oeste de la Av. Don Bosco. Esto genera colas en el carril izquierdo.

- El tiempo de verde de 22 segundos asignados a la Av. Don Bosco es ineficiente con respecto a los vehículos que se dirigen en dirección este-oeste. La mala programación de las fases y tiempos de estos semáforos genera largas longitudes de cola en Av. Don Bosco generando caos y malestar entre los conductores.

- Debido al corto tiempo de verde presente en la Av. Don Bosco, los vehículos que transitan en la dirección oeste utilizan los dos carriles para ir de frente, dejando sin posibilidad a los vehículos que tienen la intención de girar a la izquierda hacia la Av. San Martín, Obligándolos a seguir de frente y buscar otra opción para llegar a su destino o manteniéndolos en una interminable cola con poca opción de lograr el giro hacia Av. San Martín correctamente.

- La congestión vehicular desde la Av. San Martín ocurre más por las malas condiciones en las que se encuentra la avenida en relación al volumen vehicular que transita, haciendo que los vehículos transiten a una velocidad media menor y generando colas de espera.

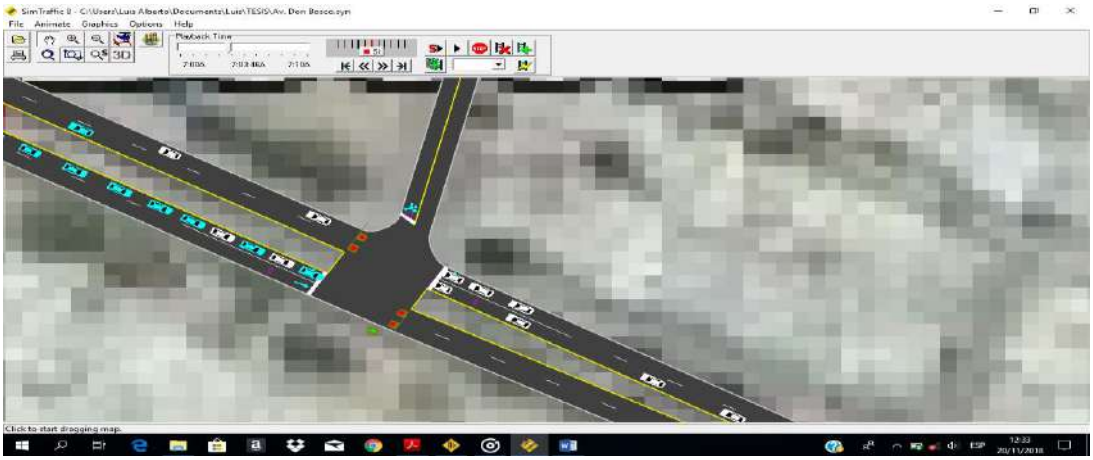


Figura 25: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín Simulación en Synchro 8.0 en 2D.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Situación actual de la Intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín Simulación en Synchro 8.0 en 3D.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. San Martín.

Parámetro	Situación actual
Nivel de servicio y demora global (seg)	**D (43.8)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (18.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	F (80.5)
Nivel de servicio y demora - Av. San Martin Norte (seg)	A (4.7)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	49.8 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	87 m
Longitud de colas - Av. San Martin Norte	6.4 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	23 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	19 km/hr
Velocidad media - Av. San Martin Norte	46 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

2.3.5. Intersección con Av. Guillermo Gullman

- **Aforo Vehicular**

Tabla 18: Aforo vehicular en la intersección con Av. Guillermo Gullman.

INTERSECCIÓN: AV. DON BOSCO – AV. GUILLERMO GULLMAN | DÍA Y FECHA: Jueves 27/09/18 | HORA PUNTA: 5:30-6:30PM

VÍA	ZONA	O-D	factores pcu VE	0.3333	0.25	0.8	0.8	1	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
				CLASIFICACIÓN VEHICULAR																		
				MOTO TAXI	MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
								PICKUP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
INTERSECCIÓN	1	1-2		427	136	369	12	59	0	7	11	20	5	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	645	854
		1-3		77	12	39	3	36	0	3	24	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	204	251
		1-4		180	156	72	0	5	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	202
	2	2-1		433	207	412	27	54	0	13	37	25	11	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1234	1031
		2-3		239	81	176	5	6	0	0	0	9	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	527	351
		2-4		85	97	33	5	10	0	0	5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	178
	TOTAL			1014	689	1101	52	170	0	23	77	62	22	45	24	0	0	0	0	0	0	0	0	3279	2867
	%			30.92%	21.01%	33.58%	1.59%	5.18%	0.00%	0.70%	2.35%	1.89%	0.67%	1.37%	0.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	
CORREDOR	3	3-1		42	15	10	0	7	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	68
		3-2		156	61	89	4	34	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	355	231
		3-4		288	108	156	6	15	0	0	6	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	587	332
	4	4-1		85	156	61	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	127
		4-2		62	58	40	5	5	0	11	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188	131
		4-3		142	134	92	4	12	0	24	6	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	277
	TOTAL			775	532	448	19	83	0	35	20	3	0	25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1945	1166
	%			24%	16%	14%	1%	3%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	

Fuente: Elaboración propia

- **Flujograma vehicular**

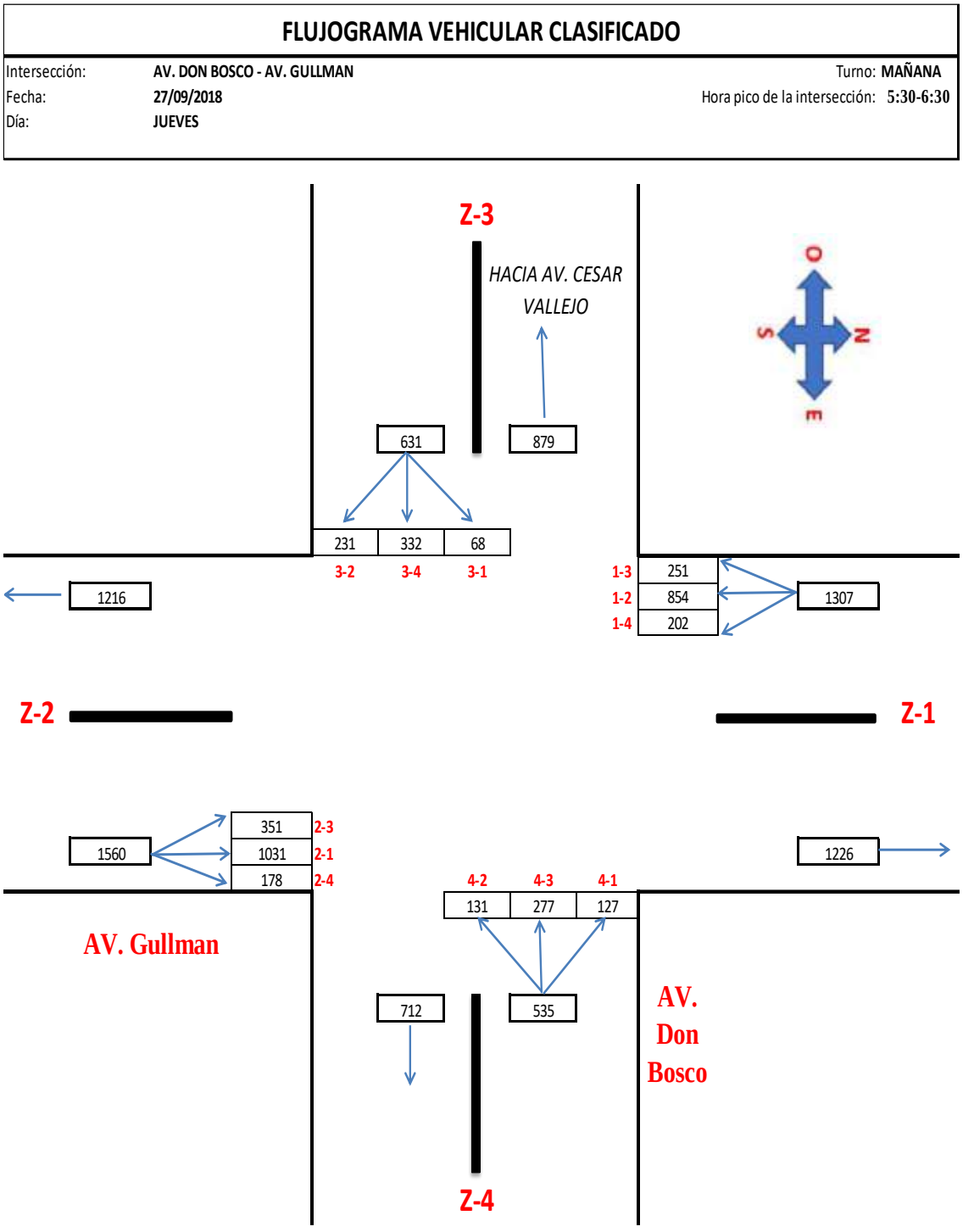


Figura 27: Flujograma vehicular de la intersección con Av. Don Bosco – Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

Es la intersección que presenta la mayor problemática en el corredor, las demoras se extienden más allá de la hora punta, es decir, la mayor parte del día se encuentra con tráfico.

Se hace más notoria la presencia de vehículos pesados, sobre todo de transporte urbano, provincial e interprovincial. La existencia de numerosos terminales de agencias de transporte en el centro de la ciudad hace que dichos vehículos tomen como vía de acceso a la ciudad, la Av. Guillermo Gullman. Hace falta mayor control respecto al transporte provincial que se dirige hacia el Bajo Piura. Muchas veces al no llenar sus buses, recorren hacia el norte de la Av. Gullman haciendo una especie de transporte urbano, para finalmente regresar e ir a su destino, esto satura la Av. Gullman, ocasionando que las principales avenidas que la intersectan como la Av. Don Bosco bajen notoriamente sus niveles de servicio.

Así mismo las empresas de transporte interprovincial, al tener muchas de ellas sus terminales en el centro de la ciudad, utilizan la Av. Gullman tanto para acceder como para salir de la ciudad, lo cual ocasiona más desorden, sumado al transporte urbano y los vehículos particulares.

La falta de mantenimiento de la vía hace que el problema sea más notable aun: El polvo ocasiona mucho malestar en los usuarios, la congestión en la intersección dificulta mucho a que un peatón pueda transitar normalmente.

El transporte urbano no respeta la utilización de los paraderos para el recojo o bajada de pasajeros, ocasionando atascos, haciendo la situación más caótica aún.

Esta intersección presenta una semaforización fijada de 2 fases para controlar el flujo vehicular proveniente de las 2 avenidas.

Semaforización de la Av. Don Bosco:

- Verde (42 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (46 segundos)

Semaforización de la Av. Gullman:

- Verde (42 segundos)
- Ámbar (3.5 segundos)
- Todo rojo (0.5 segundos)
- Tiempo total de la fase (46 segundos)

Tiempo total del ciclo semafórico es de 92 segundos.

Es claro que los volúmenes en la Av. Guillermo Gullman son muy altos, los 351 vehículos que giran desde la Av. Gullman sur hacia la Av. Don Bosco oeste se ven obstaculizados por los 854 vehículos que siguen recto desde la Av. Gullman norte.

Los 202 vehículos que giran de la Av. Gullman norte hacia la Av. Don Bosco este (giro hacia la izquierda), se cruzan con los 1031 vehículos que siguen recto desde la Av. Gullman sur, ocasionando congestión en la intersección con grandes tiempos de demora.

En la Av. Don Bosco los 131 vehículos que vienen del este y giran hacia la Av. Gullman sur (izquierda) se encuentran con 332 vehículos que siguen recto desde la Av. Don Bosco oeste, ocasionando demoras.

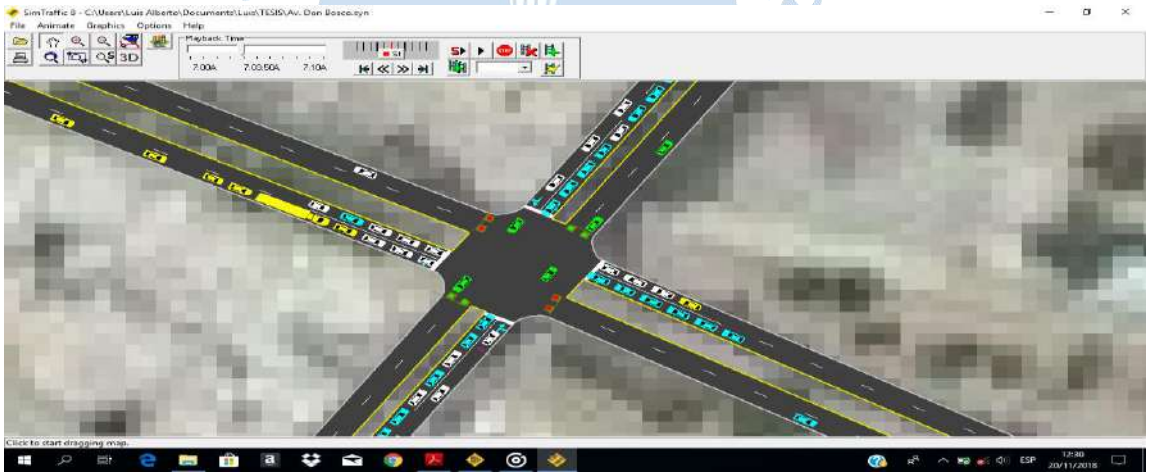


Figura 28: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman Simulación en Synchro 8.0 en 2D.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Situación actual de la intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman Simulación en Synchro 8.0 en 3D.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Resultados del análisis actual en la intersección con Av. Gullman.

Parámetro	Situación actual
Nivel de servicio y demora global (seg)	**F (323.5)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	35 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	36 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Norte	5 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Sur	5 km/hr

Fuente: Elaboración propia

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 3

Segundo escenario: Propuesta técnica con gestión del tránsito en las intersecciones

3.1. Intersección con Av. Loreto

La clasificación con respecto al confort y convivencia de esta intersección es de nivel C. Esta clasificación indica un comportamiento regular en el tráfico de esta intersección, con respecto a lo observado durante la hora más crítica de conflicto se afirma que debido a la imprudencia de los conductores y el alto número de ómnibus interprovinciales, esta intersección tiene momentos en el día en el que es imposible transitar por ella, una vez identificados los problemas se propondrán soluciones para aliviar el tráfico en toda la intersección.

Figura 30: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Loreto.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.1 Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda

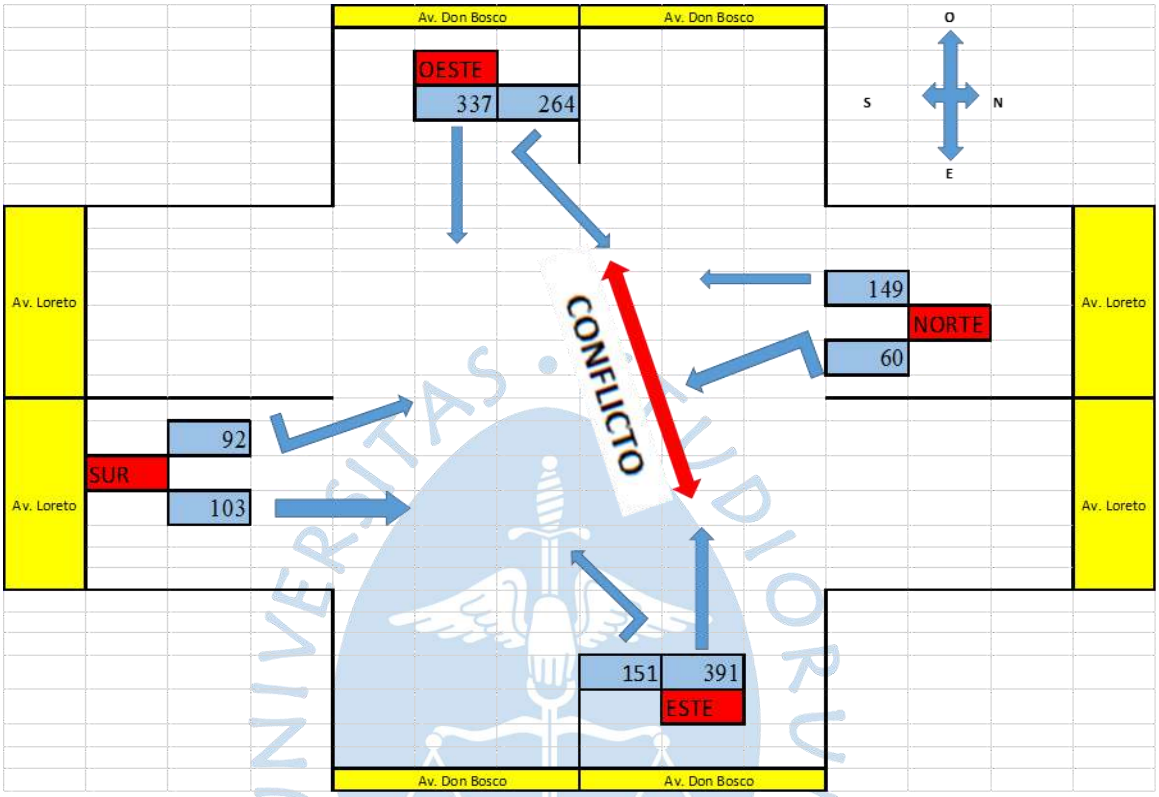


Figura 31: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Loreto.
Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 20** muestra los resultados del producto cruzado e indica que se necesita con urgencia una fase de giro exclusivo a la izquierda en el sentido oeste de la Av. Don Bosco. Las otras aproximaciones no lo ameritan actualmente.

Tabla 20: Producto cruzado de intersección Av. Don Bosco – Av. Loreto.

Dirección	de giro a la izquierda	Carriles en sentido	en sentido opuesto	opuesto por carril	Producto cruzado
ESTE	151	2	337	168.5	25444
OESTE	264	2	391	195.5	51612
NORTE	60	2	103	51.5	3090
SUR	92	1	149	149	13708

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Determinación del tiempo de despeje

Los conductores de la Av. Loreto tienen que recorrer una distancia considerable en la intersección correspondiente al ancho de la Av. Don Bosco. Es necesario calcular los tiempos de

duración de ámbar y todo rojo, actualmente el tiempo de todo rojo es de 0.5 segundos, un valor bajo origina que el semáforo de verde a la calle transversal cuando algunos conductores se encuentran aun cruzando la intersección, ocasionando pérdidas de tiempo de verde y congestión.

A continuación, se indican dichos tiempos, para lo cual ha sido necesario la velocidad de recorrido de los vehículos la cual se ha obtenido con la tabla de Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (**Tabla 10**), usando las fórmulas de la **figura 16** resultó un tiempo de ámbar de 3 segundos, un tiempo de todo rojo de 1.5 segundos para la Av. Don Bosco y de 1.7 segundos para la Av. Loreto.

3.1.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados

Para mejorar el nivel de servicio de esta intersección se optimizo los tiempos de los semáforos, como se indicará a continuación.

Los semáforos funcionan en dos fases:

- Una primera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Loreto tiene luz verde.

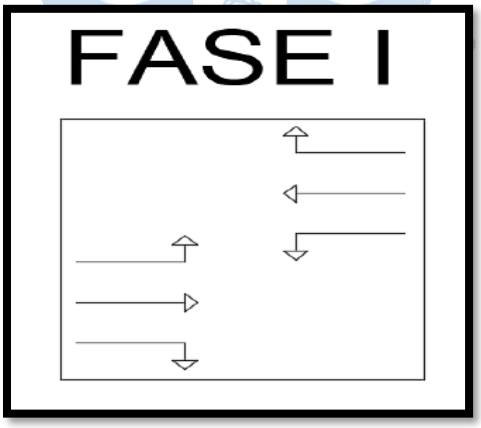


Figura 32: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Loreto.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase en la que Av. Loreto tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Don Bosco tiene luz verde.

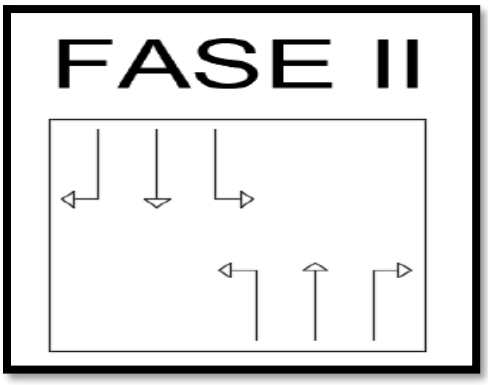


Figura 33: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Descripción de fases semafóricas

  Primera fase (Ambos sentidos de la Av. Loreto):

  - Verde (20 Segundos)
  - Ámbar (4 Segundos)
  - Todo rojo (1 Segundos)
  - Tiempo total de la fase (25 Segundos)

  Segunda fase (Ambos sentidos de la Av. Don Bosco)

  - Verde (25 Segundos)
  - Ámbar (4 Segundos)
  - Todo rojo (1 Segundos)
  - Tiempo total de la fase (30 Segundos)

  El ciclo óptimo resultó de 55 segundos.

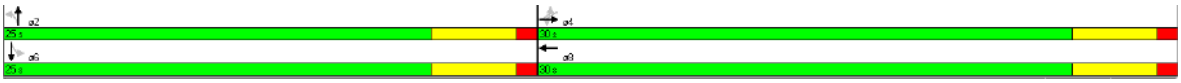


Figura 34: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Loreto
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 21: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Loreto con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.0)**	**B (15,2)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (22.8)	B (15.3)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	C (26.8)	B (18,9)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Norte (seg)	A (7.5)	A (7.5)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Sur (seg)	B (16.8)	B (18,5)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	63 m	42,6 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	73.4 m	50,6 m
Longitud de colas - Av. Loreto Norte	20.1 m	17.5 m
Longitud de colas - Av. Loreto Sur	46.4 m	40.6 m
Velocidad media Av. Don Bosco Este	12 km/hr	19 km/hr
Velocidad media Av. Don Bosco Oeste	11 km/hr	22 km/hr
Velocidad media Av. Loreto Norte	39km/hr	39 km/hr
Velocidad media Av. Loreto Sur	28 km/hr	30 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 27%, mientras que la longitud de las colas se redujo en 35% en promedio.

3.1.4. Segunda Propuesta: Giro a la izquierda protegido

El semáforo en esta intersección debe ser reemplazado por uno que tenga la capacidad de contar con una fase exclusiva de giro a la izquierda.

El semáforo funcionara en tres fases:

- Una primera fase que permite el giro a la izquierda desde Av. Don Bosco en ambos sentidos mientras que el flujo del sentido norte y sur de la intersección están detenidos (rojo).

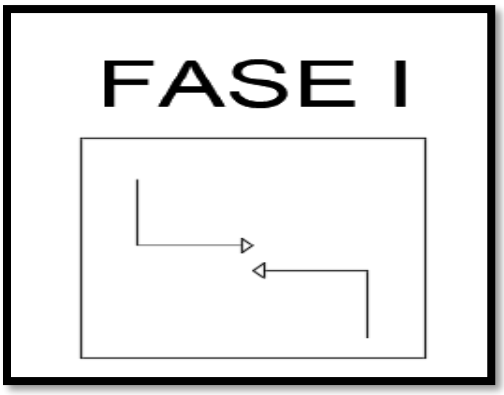


Figura 35: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permita el flujo en ambos sentidos de la Av. Don Bosco (Este y Oeste) mientras que el giro a la izquierda y el flujo de la calle lateral (sentido norte - sur) está detenido.

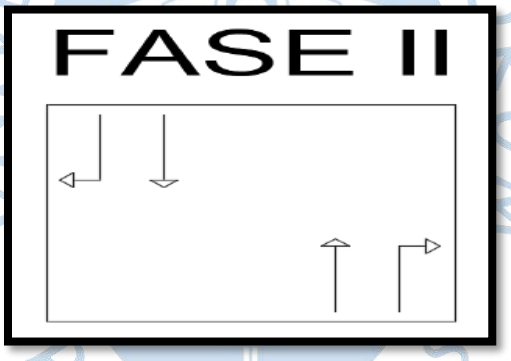


Figura 36: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Loreto tiene luz verde.

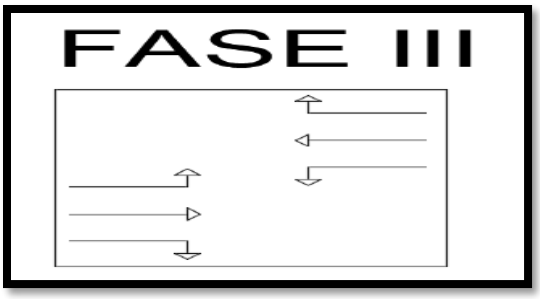


Figura 37: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Loreto.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Don Bosco):

- Verde (5 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Tiempo total de la fase (8 Segundos)

Segunda fase (Av. Don Bosco en ambos sentidos en dirección recta y derecha)

- Verde (18 Segundos)
- Ámbar (4 Segundos)
- Todo Rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (23 Segundos)

Tercera fase (Av. Loreto en todas las direcciones)

- Verde (19 Segundos)
- Ámbar (4 Segundos)
- Todo Rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (24 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 55 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

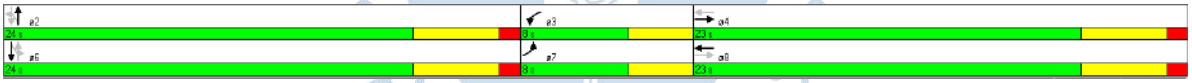


Figura 38: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Loreto
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 22: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Loreto con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.0)**	**B (15,4)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (22.8)	B (17.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	C (26.8)	B (18.5)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Norte (seg)	A (7.5)	A (7.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Loreto Sur (seg)	B (16.8)	B (15.2)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	63 m	44.6 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	73.4 m	46,7 m
Longitud de colas - Av. Loreto Norte	20.1 m	17.7 m
Longitud de colas - Av. Loreto Sur	46.4 m	36.6 m
Velocidad media Av. Don Bosco Este	12 km/hr	19 km/hr
Velocidad media Av. Don Bosco Oeste	11 km/hr	22 km/hr
Velocidad media Av. Loreto Norte	39km/hr	39 km/hr
Velocidad media Av. Loreto Sur	28 km/hr	30 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 48%, mientras que la longitud de las colas se redujo en 55% en promedio.

3.2. Intersección con Av. Richard Cushing.

La clasificación con respecto al confort y convivencia en esta intersección es de nivel C. Esta clasificación indica un comportamiento regular en el tráfico de esta intersección, con respecto a lo observado durante la hora más crítica de conflicto se afirma que debido al alto número de motos y mototaxis que giran desde Av. Don Bosco oeste hacia Av. Richard Cushing norte, esta intersección no tiene una fluidez vehicular correcta en muchas horas del día.

Figura 39: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Richard Cushing.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda

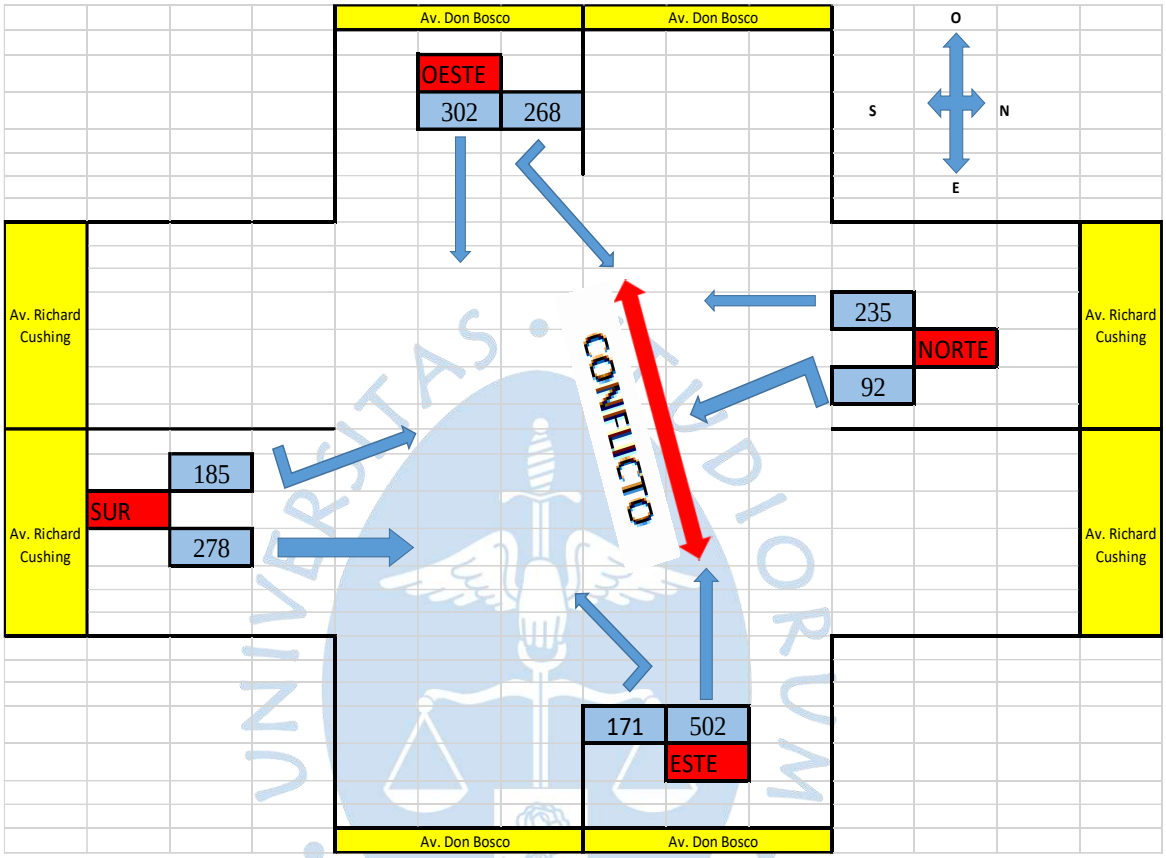


Figura 40: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 23** muestra los resultados del producto cruzado e indica que se necesita con urgencia una fase de giro exclusivo a la izquierda en el sentido oeste de la Av. Don Bosco. Las otras aproximaciones no lo ameritan actualmente.

Tabla 23: Producto cruzado de Intersección Av. Don Bosco – Av. Richard Cushing.

Dirección	de giro a la izquierda	Carriles en sentido	en sentido opuesto	opuesto por carril	Producto cruzado
ESTE	171	2	302	151	25821
OESTE	268	2	502	251	67268
NORTE	92	2	278	139	12788
SUR	185	2	235	117.5	21738

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Determinación del tiempo de despeje

Los conductores de la Av. Richard Cushing tienen que recorrer una distancia considerable en la intersección correspondiente al ancho de la Av. Don Bosco. Es necesario calcular los tiempos de duración de ámbar y todo rojo, actualmente el tiempo de todo rojo es de 0.5 segundos, un valor bajo origina que el semáforo de verde a la calle transversal cuando algunos conductores se encuentran aun cruzando la intersección, ocasionando pérdidas de tiempo de verde y congestión.

A continuación, se indican dichos tiempos, para lo cual ha sido necesario la velocidad de recorrido de los vehículos la cual se ha obtenido con la tabla de velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (**Tabla 10**)**.** Usando las fórmulas de la **figura 16** resultó un tiempo de ámbar de 3 segundos, un tiempo de todo rojo de 1.2 segundos para la Av. Don Bosco y de 1.5 segundos para la Av. Richard Cushing.

3.2.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados

Para mejorar el nivel de servicio de esta intersección se optimizo los tiempos de los semáforos, como se indicará a continuación.

Los semáforos funcionan en dos fases:

- Una primera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Richard Cushing tiene luz verde.

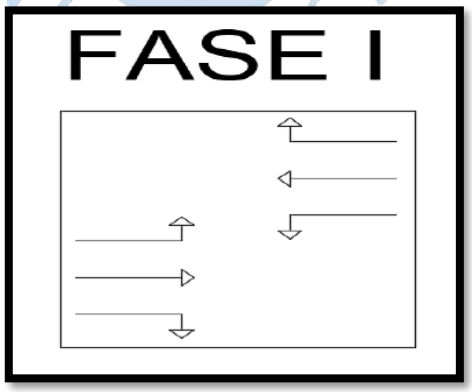


Figura 41: Diagrama del movimiento de fase de Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase en la que Av. Richard Cushing tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Don Bosco tiene luz verde.

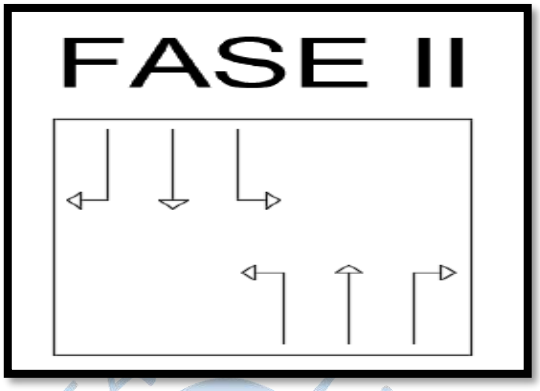


Figura 42: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Ambos sentidos de la Av. Richard Cushing)

- Verde (26 Segundos)
- Ámbar (4 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (31 Segundos)

Segunda fase (Ambos sentidos de la Av. Don Bosco)

- Verde (39 Segundos)
- Ámbar (4 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (44 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 75 segundos.

Figura 43: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 24: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Richard Cushing con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.3)**	**B (16,9)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (19.9)	B (11.3)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (19.6)	A (8.2)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Norte (seg)	B (17.7)	C (20.3)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Sur (seg)	C (23.9)	C (27.5)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	74.2 m	52.2 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	60.4 m	40.3 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Norte	38.5 m	40.8 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Sur	54.1 m	55,8 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	24 km/hr	32 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	22 km/hr	33 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Norte	38 km/hr	35 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Sur	29 km/hr	28 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 18%, mientras que la longitud de las colas se redujo en 37% en promedio.

3.2.4. Segunda propuesta: Giro a la izquierda protegido

El semáforo en esta intersección debe ser reemplazado por uno que tenga la capacidad de contar con una fase exclusiva de giro a la izquierda.

El semáforo funcionara en tres fases:

- Una primera fase que permite el giro a la izquierda desde Av. Don Bosco en ambos sentidos mientras que el flujo del sentido norte y sur de la intersección están detenidos (rojo).

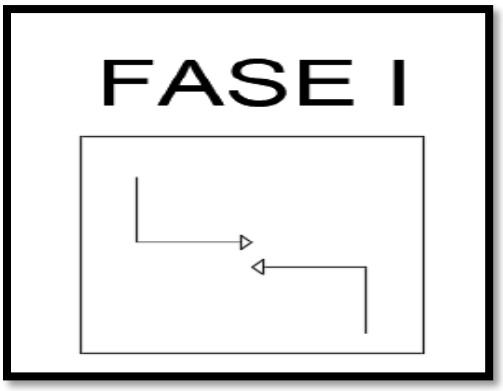


Figura 44: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permita el flujo en ambos sentidos de la avenida Don Bosco (Este y Oeste) mientras que el giro a la izquierda y el flujo de la calle lateral (sentido norte - sur) está detenido.

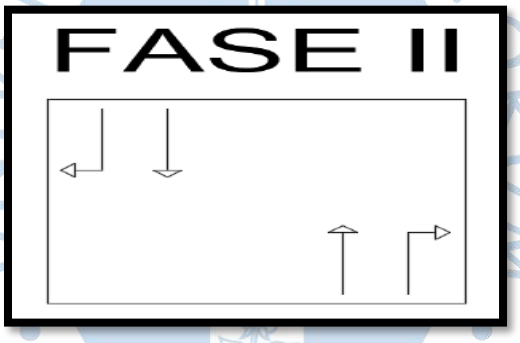


Figura 45: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Richard Cushing tiene luz verde.

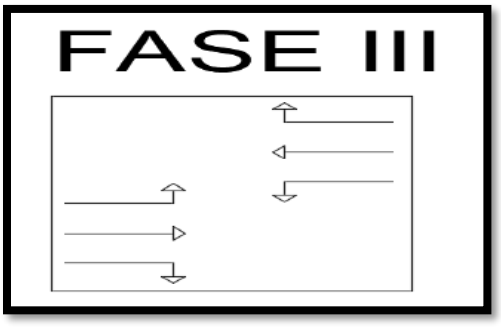


Figura 46: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Don Bosco)

- Verde (6 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Tiempo total de la fase (9 Segundos)

Segunda fase (Av. Don Bosco en ambos sentidos en dirección recta y derecha)

- Verde (43 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo Rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (47 Segundos)

Tercera fase (Av. Richard Cushing en todas las direcciones)

- Verde (26 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo Rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (30 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 86 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

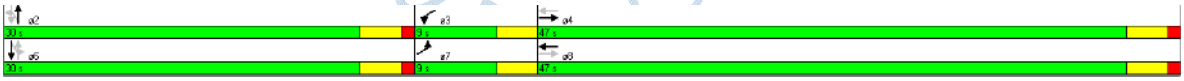


Figura 47: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 25: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Richard Cushing con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (seg)	**C (20.3)**	**B (18.9)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (19.9)	B (14.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (19.6)	A (8.2)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Norte (seg)	B (17.7)	C (23.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Richard Cushing Sur (seg)	C (23.9)	C (27.5)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	74.2 m	63.2 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	60.4 m	48.5 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Norte	38.5 m	45.2 m
Longitud de colas - Av. Richard Cushing Sur	54.1 m	58,1 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	24 km/hr	32 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	22 km/hr	33 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Norte	38 km/hr	35 km/hr
Velocidad media - Av. Richard Cushing Sur	29 km/hr	28 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 22%, mientras que la longitud de las colas se redujo en 44% en promedio.

3.3. Intersección con Av. San Martín

La clasificación con respecto al confort y convivencia en esta intersección es de nivel D. Esta clasificación indica un comportamiento regular bajo en el tráfico de esta intersección; con respecto a lo observado durante la hora más crítica de conflicto se afirma que debido al alto número de vehículos que van desde Av. Don Bosco oeste hacia Av. San Martín norte, esta intersección no tiene una fluidez vehicular correcta. El paso masivo de vehículos en esta intersección es debido a que en dirección de la Av. San Martín se ubican distintos puntos de atracción como lo son: la SUNAT, el Colegio Nacional “San Miguel” y el hospital “Jorge Reátegui Delgado”.

Figura 48: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. San Martin.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda

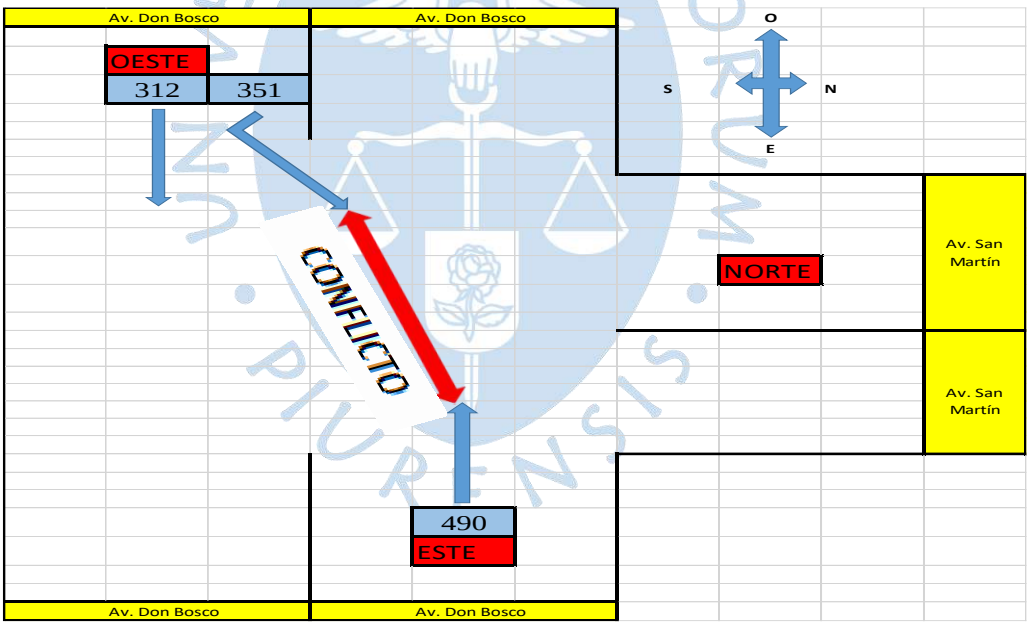


Figura 49: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 26** muestra los resultados del producto cruzado e indica que se necesita con urgencia una fase de giro exclusivo a la izquierda en el sentido oeste de la Av. Don Bosco. Las otras aproximaciones no lo ameritan actualmente.

Tabla 26: Producto cruzado de intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín.

Direccion	de giro a la izquierda	Carriles en sentido	en sentido opuesto	opuesto por carril	Producto cruzado
OESTE	351	2	490	245	85995

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Determinación del tiempo de despeje

Los conductores de la Av. San Martín tienen que recorrer una distancia considerable en la intersección correspondiente al ancho de la Av. Don Bosco. Es necesario calcular los tiempos de duración de ámbar y todo rojo. Actualmente el tiempo de todo rojo es de 0.5 segundos; un valor bajo origina que el semáforo de verde a la calle transversal cuando algunos conductores se encuentran aun cruzando la intersección, ocasionando pérdidas de tiempo de verde y congestión.

A continuación, se indican dichos tiempos, para lo cual ha sido necesario la velocidad de recorrido de los vehículos la cual se ha obtenido con la tabla de velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (**Tabla 10**)**.** Usando las fórmulas de la **figura 16** resultó un tiempo de ámbar de 3 segundos, un tiempo de todo rojo de 1 segundo para la Av. Don Bosco y para la Av. San Martin.

3.3.3. Primera Propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados

Para mejorar el nivel de servicio de esta intersección se optimizo los tiempos de los semáforos, como se indicará a continuación.

Los semáforos funcionan en dos fases:

- Una primera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. San Martín tiene luz verde.

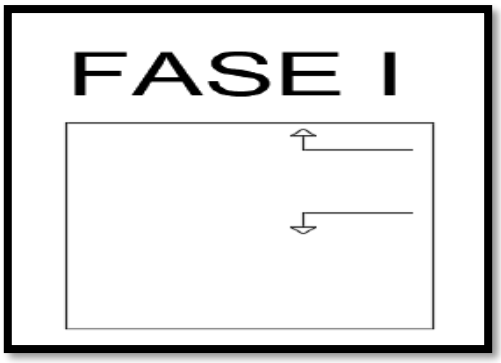


Figura 50: Diagrama del movimiento de fase de la Av. San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase en la que Av. San Martín tiene luz roja y la Av. Don Bosco tiene luz verde.

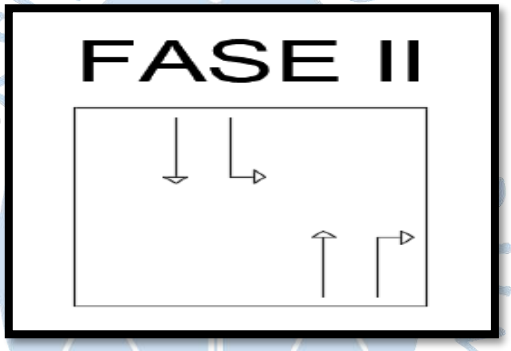


Figura 51: Diagrama del movimiento de fase de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Av. San Martin)

- Verde (21 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundo)
- Tiempo total de la fase (25 Segundos)

Segunda fase (Ambos sentidos de la Av. Don Bosco)

- Verde (32 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundo)
- Tiempo total de la fase (36 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 61 segundos.

Figura 52: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martin.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 27: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (seg)	**D (43.8)**	**B (12)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (18.6)	A (8.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	F (80.5)	B (16)
Nivel de servicio y demora - Av. San Martin Norte (seg)	A (4.7)	B (11)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	49.8 m	29.8 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	87 m	51 m
Longitud de colas - Av. San Martin Norte	6.4 m	26.9 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	23 km/hr	33 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	19 km/hr	38 km/hr
Velocidad media - Av. San Martin Norte	46 km/hr	41 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 73%, mientras que la longitud de las colas se redujo en 42% en promedio.

3.3.4. Segunda propuesta: Giro a la izquierda protegido

El semáforo en esta intersección debe ser reemplazado por uno que tenga la capacidad de contar con una fase exclusiva de giro a la izquierda.

El semáforo funcionará en tres fases:

- Una primera fase que permite el giro a la izquierda desde Av. Don Bosco en sentido oeste hacia norte, mientras que el flujo del sentido norte y sur de la intersección están detenidos (rojo).

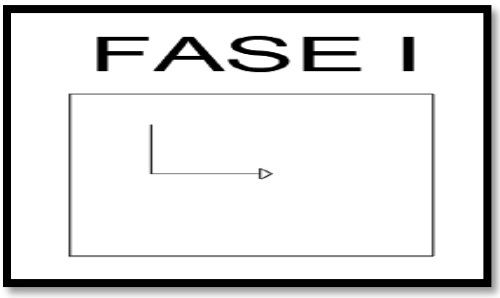


Figura 53: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permita el flujo en ambos sentidos de la avenida Don Bosco (Este y Oeste) mientras que el giro a la izquierda y el flujo de la Av. San Martin está detenido.

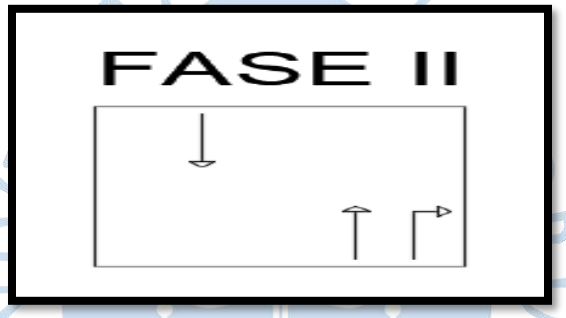


Figura 54: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. San Martin tiene luz verde.

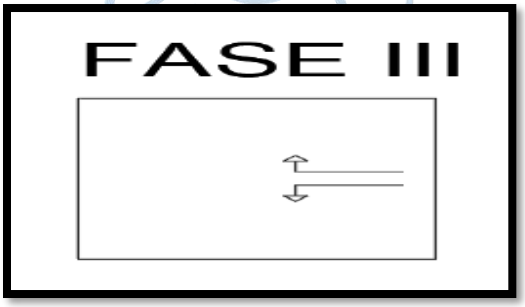


Figura 55: Diagrama del movimiento de fase de la Av. San Martin.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda de la Av. Don Bosco sentido oeste hacia norte)

- Verde (5 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Tiempo total de la fase (8 Segundos)

Segunda fase (Av. Don Bosco en ambos sentidos en dirección recta)

- Verde (22 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (26 Segundos)

Tercera fase (Av. San Martín en todas las direcciones)

- Verde (22 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (26 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 60 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

Figura 56: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 28: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (seg)	**D (43.8)**	**A (9.8)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (18.6)	A (8.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	F (80.5)	B (10.6)
Nivel de servicio y demora - Av. San Martin Norte (seg)	A (4.7)	A (9,7)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	49.8 m	31.4 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	87 m	37.6 m
Longitud de colas - Av. San Martin Norte	6.4 m	24.8 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	23 km/hr	33 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	19 km/hr	42 km/hr
Velocidad media - Av. San Martin Norte	46 km/hr	42 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 73%, mientras que la longitud de las colas se reduce en 42% en promedio.

3.3.5. Tercera propuesta: Giro a la izquierda protegido con carril exclusivo

El semáforo funcionará en tres fases:

- Una primera fase que permite el giro a la izquierda desde Av. Don Bosco en sentido oeste hacia norte mientras que el flujo de San Martín está detenido (rojo).

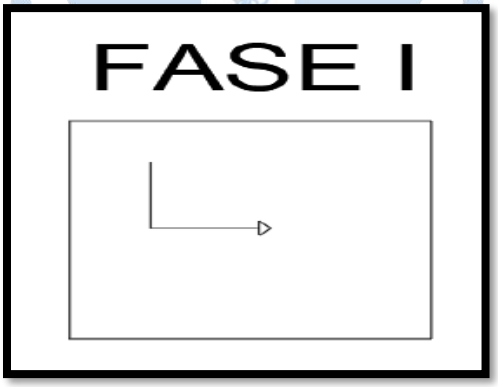


Figura 57: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permita el flujo en ambos sentidos de la Avenida Don Bosco (Este y Oeste) mientras que el giro a la izquierda y el flujo de la calle lateral (sentido norte - sur) está detenido.

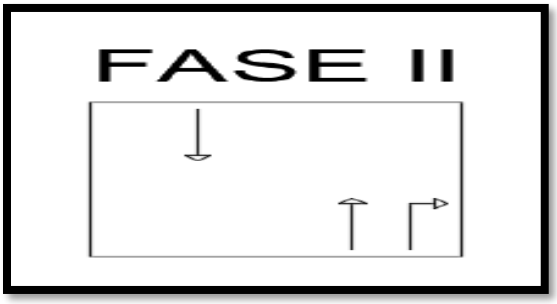


Figura 58: Diagrama del movimiento de la fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. San Martín tiene luz verde.

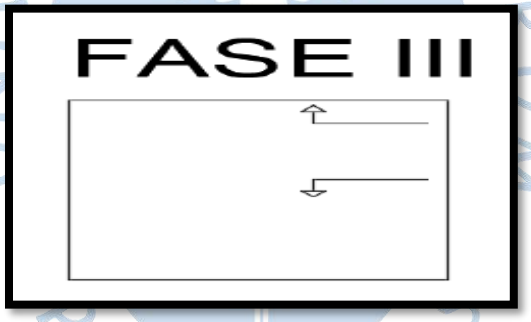


Figura 59: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

Cambios en la geometría en Av. Don Bosco Oeste:
Se añade un carril de giro exclusivo a la izquierda, el cual tendrá las siguientes medidas:

- Luego de haber realizado las optimizaciones y los cambios de fases semafóricas, se ha considerado optar por una longitud de carril de 40 m (**Tabla 28**). Esta medida resulta la más adecuada para controlar la longitud máxima de cola que ocurre en la Av. Don Bosco oeste.

- Para definir el ancho de carril hemos utilizado el manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018 el cual indica que para carreteras de segunda clase como lo es la Av. Don Bosco el

ancho de carril mínimo es 3.30 m. La otra razón por la que se optó por esta medida es por la geometría actual de la vía la cual nos condiciona a utilizar un ancho mínimo, debido a que para la construcción de este carril adicional tendremos que reducir la sección del separador central

- Actualmente existe un separador central de ancho de 6.20 m en Av. Don Bosco. Esta sección cambiara solo en los 40 m lineales que se propone para la construcción del carril adicional el cual medirá 3.30 m, por tal razón el separador tendrá una medida de 2.90 m.

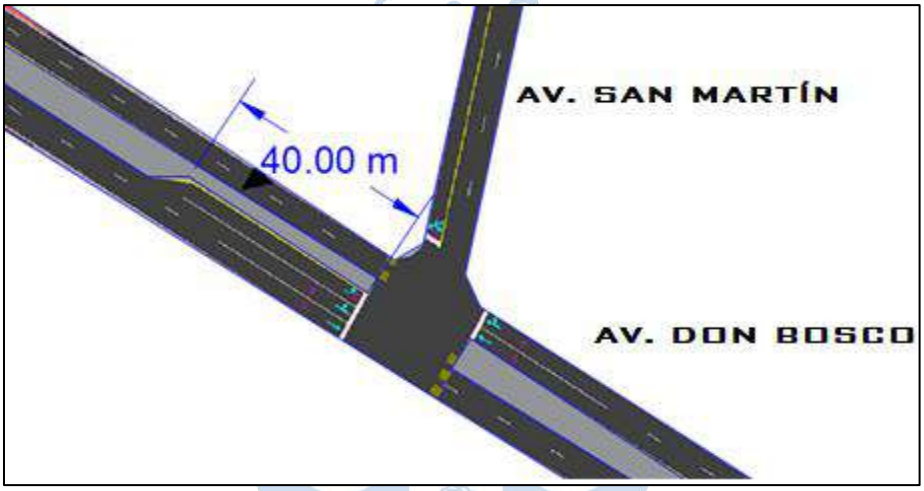


Figura 60: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. San Martín
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda en Av. Don Bosco en sentido oeste hacia norte)

- Verde (7 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Tiempo total de la fase (10 Segundos)

Segunda fase (Av. Don Bosco en ambos sentidos en dirección recta)

- Verde (22 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (26 Segundos)

Tercera fase (Av. San Martin en todas las direcciones)

- Verde (21 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (25 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 61 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

Figura 61: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. San Martín.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 29: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. San Martín con las medidas recomendadas

Parámetro	Situación actual	Propuesta 3
Nivel de servicio y demora global (seg)	**D (43.8)**	**A (7.6)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	B (18.6)	A (8.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	F (80.5)	A (9.4)
Nivel de servicio y demora - Av. San Martin Norte (seg)	A (4.7)	A (0.2)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	49.8 m	29.8 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	87 m	26.3 m
Longitud de colas - Av. San Martin Norte	6.4 m	0 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	23 km/hr	33 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	19 km/hr	42 km/hr
Velocidad media - Av. San Martin Norte	46 km/hr	50 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 82%, mientras que la longitud de las colas se reduce en 70% en promedio.

3.4. Intersección con Av. Gullman

La clasificación con respecto al confort y convivencia en esta intersección es de nivel F. Esta clasificación indica velocidades muy bajas, libertad de maniobra nula, longitudes de colas muy largas y condiciones de colapso. Con respecto a lo observado durante la hora más crítica de conflicto se afirma que las fases y tiempo de semáforos son ineficientes para poder controlar el flujo vehicular en esta intersección, además del alto número de vehículos provinciales, interprovinciales y transporte urbano que transitan por la Av. Gullman generan una congestión vehicular incontrolable.

Figura 62: Vista satelital de la intersección Av. Don Bosco con Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.1. Necesidad de la fase de giro exclusivo a la izquierda

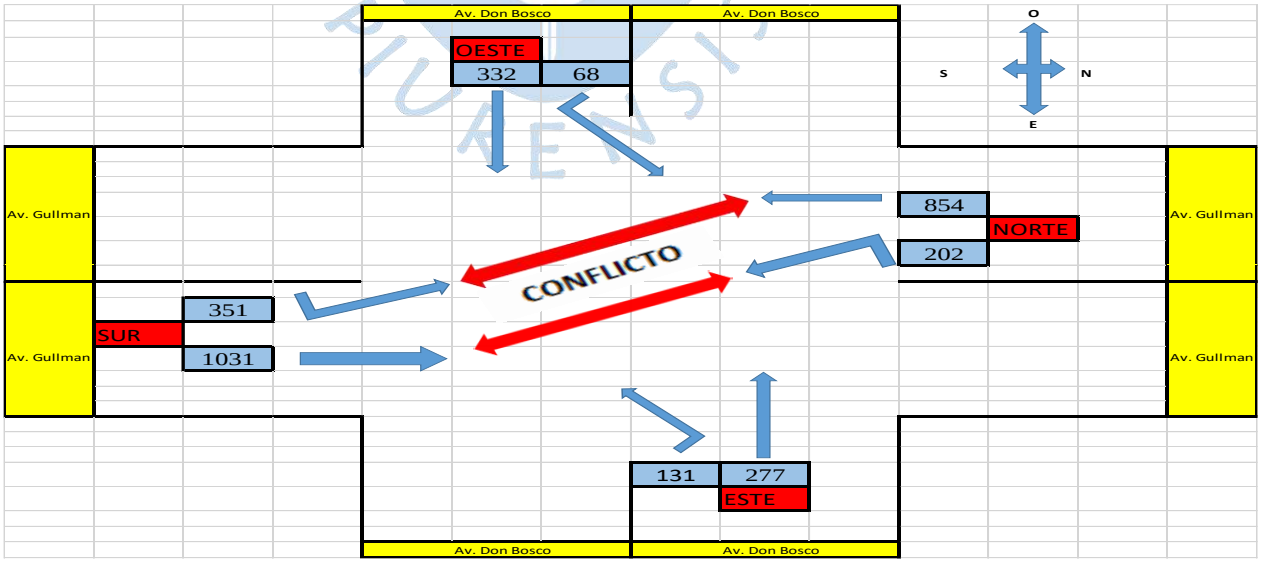


Figura 63: Detalle en planta para el producto cruzado entre las Av. Don Bosco y Av. Richard Cushing.
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 30** muestra los resultados del producto cruzado e indica que se necesita con urgencia una fase de giro exclusivo a la izquierda en el sentido oeste de la Av. Don Bosco. Las otras aproximaciones no lo ameritan actualmente.

Tabla 30: Producto cruzado de Intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman.

Dirección	de giro a la izquierda	Carriles en sentido	en sentido opuesto	opuesto por carril	Producto cruzado
ESTE	131	2	332	166	21746
OESTE	68	2	277	138.5	9418
NORTE	202	2	1031	515.5	104131
SUR	351	2	854	427	149877

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Determinación del tiempo de despeje

Los conductores de la Av. Gullman tienen que recorrer una distancia considerable en la intersección correspondiente al ancho de la Av. Don Bosco. Es necesario calcular los tiempos de duración de ámbar y todo rojo, actualmente el tiempo de todo rojo es de 0.5 segundos, un valor bajo origina que el semáforo de verde a la calle transversal cuando algunos conductores se encuentran aun cruzando la intersección, ocasionando pérdidas de tiempo de verde y congestión.

A continuación, se indican dichos tiempos para lo cual ha sido necesario la velocidad de recorrido de los vehículos la cual se ha obtenido con la tabla de velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (**Tabla 10**)**,** usando las fórmulas de la **figura 16** resultó un tiempo de ámbar de 3 segundos, un tiempo de todo rojo de 1.5 segundos para la Av. Don Bosco y 1.7 segundos para la Av. Gullman.

3.4.3. Primera propuesta: Fases actuales con tiempos optimizados

Para mejorar el nivel de servicio de esta intersección optimizamos los tiempos de los semáforos, como se indica continuación.

Los semáforos funcionan en dos fases:

- Una primera fase en la que Av. Don Bosco tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Gullman tiene luz verde.

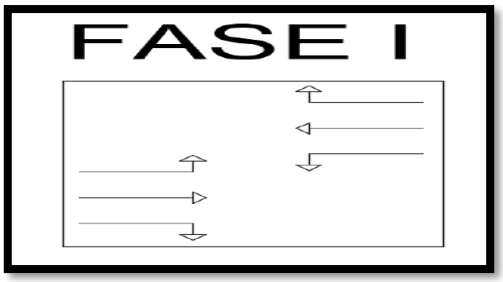


Figura 64: Diagrama del movimiento de la fase la Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase en la que Av. Gullman tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Don Bosco tiene luz verde.

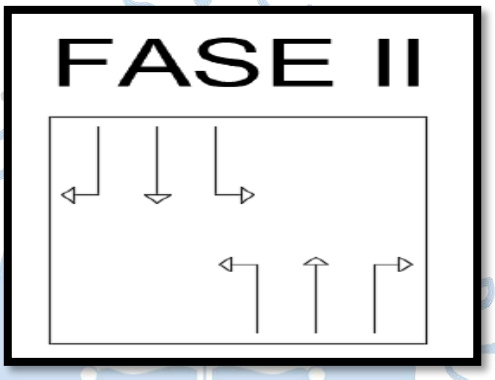


Figura 65: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Descripción de fases semafóricas

  Primera fase (Ambos sentidos de la Av. Gullman)

  - Verde (66 Segundos)
  - Ámbar (4 Segundos)
  - Todo rojo (1 Segundos)
  - Tiempo total de la fase (71 Segundos)

  Segunda fase (Ambos sentidos de la Av. Don Bosco)

  - Verde (24 Segundos)
  - Ámbar (4 Segundos)
  - Todo rojo (1 Segundos)
  - Tiempo total de la fase (29 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 100 segundos.

Figura 66: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 31: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (seg)	**F (323.5)**	**F (200.2)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)	F (207.3)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)	F (128.4)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)	F (160.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)	F (259.8)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m	115.5 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m	117.5 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m	239.5 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m	302.2 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	35 km/hr	9 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	36 km/hr	13 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Norte	5 km/hr	10 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Sur	5 km/hr	11 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que el nivel de servicio de la propuesta 1 sigue siendo F, la mejora es considerable con respecto al nivel de servicio y la demora global, más adelante se evaluará otras alternativas que permitan reducir en un mayor grado el nivel de servicio global.

3.4.4. Segunda propuesta: Fase de giro a la izquierda en Av. Gullman con carriles de giro exclusivo

El semáforo funcionará en tres fases:

- Una primera fase que permite el giro a la izquierda desde Av. Gullman en ambos sentidos mientras que el flujo del sentido oeste y este de la intersección están detenidos (rojo).

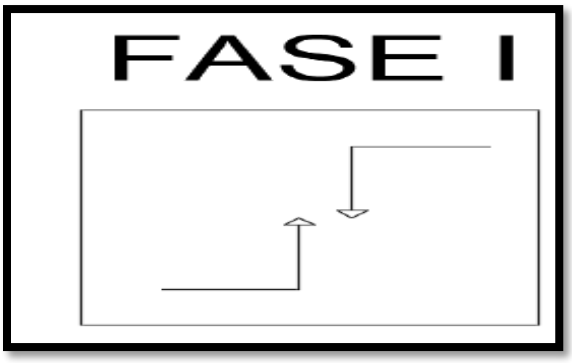


Figura 67: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permita el flujo en ambos sentidos de la Av. Gullman (norte - sur) mientras que el giro a la izquierda y el flujo de la calle lateral (oeste - este) está detenido.

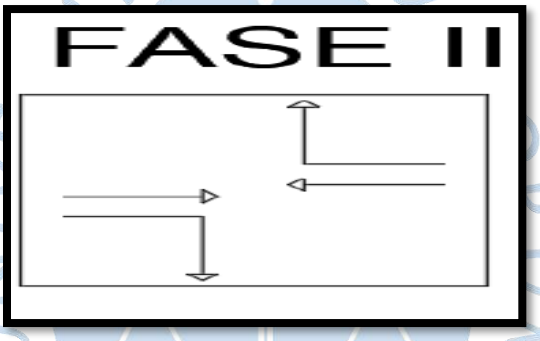


Figura 68: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase en la que Av. Gullman tiene luz roja en ambos sentidos y la Av. Don Bosco tiene luz verde.

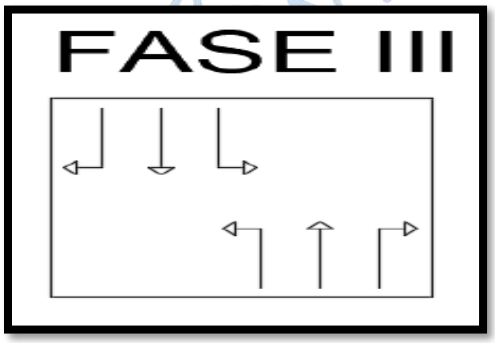


Figura 69: Diagrama del movimiento de la fase de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

Cambios en la geometría en Av. Gullman en ambos sentidos:

Se agrega un carril de giro exclusivo a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Gullman, Luego de haber realizado las optimizaciones y los cambios de fases semafóricas:

- Se ha considerado optar por una longitud de carril de 50m en la dirección norte y 55m en la dirección sur según los resultados obtenidos en el software Synchro 8, estas medidas resultan la más adecuada para controlar el congestionamiento que ocurre en la Av. Gullman.

- Para definir el ancho de carril hemos utilizado el manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018 el cual indica que para carreteras de segunda clase como lo es la Av. Gullman el ancho de carril mínimo es 3.30 m. La otra razón por la que se optó por esta medida es por la geometría actual de la vía la cual nos condiciona a utilizar un ancho mínimo, debido a que para la construcción de estos carriles adicionales tendremos que reducir la sección del separador central.
- Actualmente existe un separador central de ancho de 4.50 m en Av. Gullman. Esta sección cambiara en los 50m de la dirección norte y en los 550 m de la dirección sur que se propone para la construcción del carril adicional el cual medirá 3.30 m, por tal razón el separador tendrá una medida de 1.20 m en ambas direcciones.

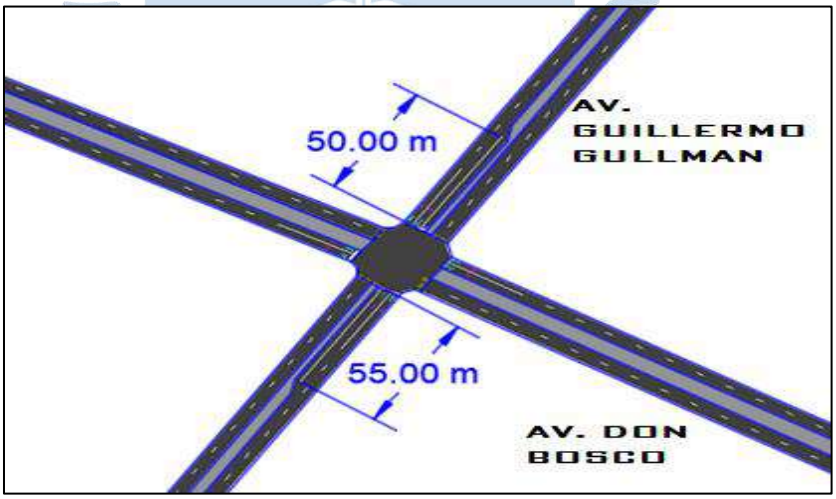


Figura 70: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. Gullman**.**
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Gullman)

- Verde (19 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)

- Tiempo total de la fase (22 Segundos)

Segunda fase (Giro a la derecha y movimiento recto en ambos sentidos de la Av. Gullman)

- Verde (36 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (40 Segundos)

Tercera fase (Av. Don Bosco en todos los sentidos)

- Verde (21 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (25 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 87 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

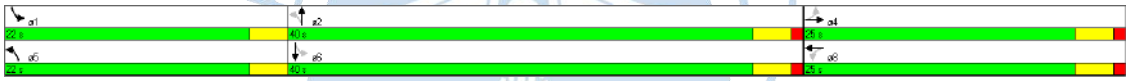


Figura 71: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 32: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (seg)	**F (323.5)**	**E (60.9)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)	F (152.8)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)	F (97.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)	C (28.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)	D (41.8)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m	98.2 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m	100 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m	126.2 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m	106.1 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	35 km/hr	12 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	36 km/hr	16 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Norte	5 km/hr	30 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Sur	5 km/hr	30 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 81%, mientras que la longitud de las colas se reduce en 37% en promedio.

Se observa que para obtener una mejora global se ha debido sacrificar niveles de servicio en la Avenida Don Bosco, pero al ser una alternativa económica hemos creído conveniente considerarla.

3.4.5. Tercera propuesta: Fase de giro a la izquierda en Av. Gullman con carriles de giro exclusivo, carril de giro exclusivo a la izquierda en el sentido este de la Av. Don Bosco y carril de giro libre a la derecha en el sentido oeste.

El semáforo funcionará en tres fases:

- Una primera fase en la que solo se permite el giro a la izquierda desde ambos sentidos de la Av. Gullman.

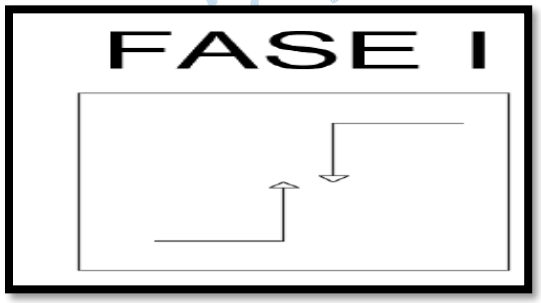


Figura 72: Diagrama del movimiento de fase de giro a la izquierda desde ambos sentidos de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

- Una segunda fase que permite el giro a la derecha y el movimiento recto desde Av. Gullman en ambos sentidos, mientras que los vehículos que giran a la izquierda y los que se encuentran en la Av. Don Bosco están detenidos.

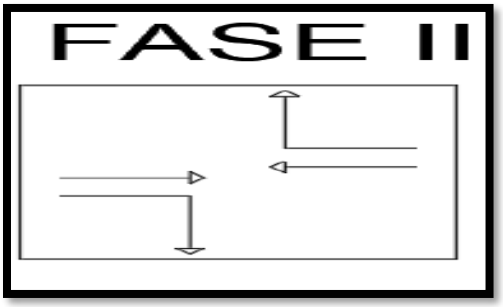


Figura 73: Diagrama del movimiento de fase recto y de giro a la derecha en ambos sentidos de la Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- Una tercera fase que permita el flujo en ambos sentidos de la Av. Don Bosco (Este y Oeste) mientras que el flujo vehicular en Av. Gullman está detenido.

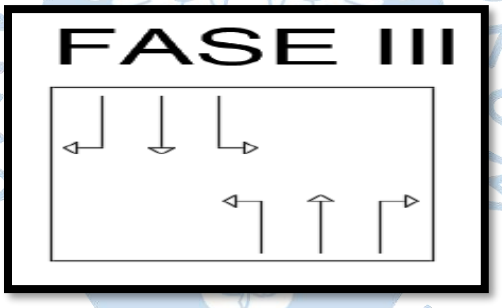


Figura 74: Diagrama del movimiento de fase en ambos sentidos de la Av. Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

Cambios en la geometría en Av. Gullman en ambos sentidos:

Se agrega un carril de giro exclusivo a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Gullman, mientras que en la Av. Don Bosco se agrega un carril de giro exclusivo a la izquierda en el sentido este y un carril de giro libre a la derecha en el sentido contrario.

Luego de haber realizado las optimizaciones y los cambios de fases semafóricas:

- Se considera conveniente utilizar una longitud de carril de 50m en la dirección norte y 55m para en la dirección sur de la Av. Gullman según lo obtenido en el software Synchro 8.

- Para el carril exclusivo de giro a la izquierda en la dirección este de la Av. Don Bosco se considera conveniente utilizar una longitud de 25 m.

- Para el carril de giro libre a la derecha en la dirección oeste de la Av. Don Bosco se considera conveniente utilizar una longitud de 35 m, además se deberá instalar una señal de "PARE" para que dicha maniobra se realice con precaución.

- Para definir el ancho de carril hemos utilizado el manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018 el cual indica que para carreteras de segunda clase como lo es la Av. Gullman y la Av. Don Bosco el ancho de carril mínimo es 3.30 m. La otra razón por la que se optó por esta medida es por la geometría actual de la vía la cual nos condiciona a utilizar un ancho mínimo, debido a que para la construcción de estos carriles adicionales tendremos que reducir la sección de los separadores centrales

- Actualmente existe un separador central de ancho de 4.50 m en Av. Gullman. Esta sección cambiara en los 50 m de la dirección norte y en los 55 m de la dirección sur que se propone para la construcción del carril adicional el cual medirá 3.30 m, por tal razón el separador tendrá una medida de 1.20 m en ambas direcciones.

- En este momento existe un separador central de ancho de 6.20 m en Av. Gullman. Esta sección cambiara en los 25 m de la dirección este que se propone para la construcción del carril adicional para giro a la izquierda el cual medirá 3.30m, por tal razón el separador tendrá una medida de 2.90 m.

- En la actualidad en el sentido oeste de la Av. Don Bosco no existe un carril auxiliar, por tal razón se cuenta con el espacio suficiente para implementar un carril de giro libre a la derecha de ancho 3.30 m.

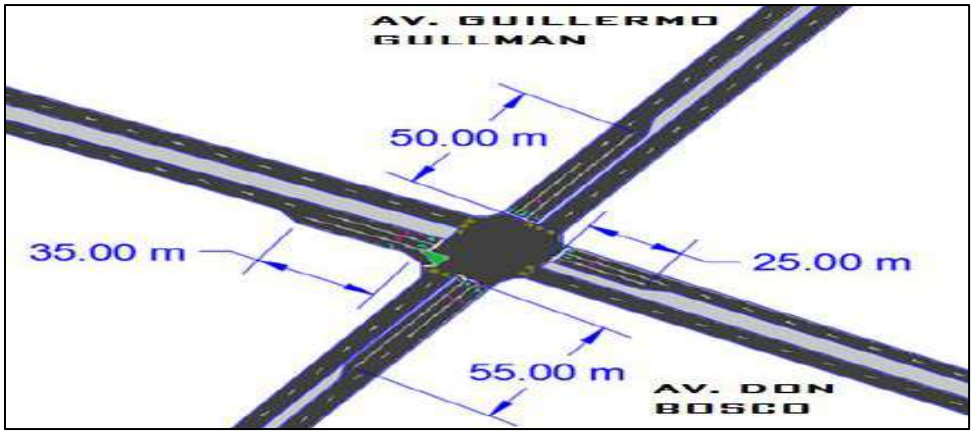


Figura 75: Medidas recomendadas en intersección Av. Don Bosco – Av. Gallan.
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción de fases semafóricas**

Primera fase (Giro a la izquierda en ambos sentidos de la Av. Gullman)

- Verde (18 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Tiempo total de la fase (21 Segundos)

Segunda fase (Giro a la derecha y movimiento recto en ambos sentidos de la Av. Gullman)

- Verde (36 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (40 Segundos)

Tercera fase (Av. Don Bosco en ambos sentidos y giro a la izquierda permitido desde Av. Gullman)

- Verde (19 Segundos)
- Ámbar (3 Segundos)
- Todo rojo (1 Segundos)
- Tiempo total de la fase (23 Segundos)

El ciclo óptimo resultó de 84 segundos, contando con fases de giro exclusivo a la izquierda.

Figura 76: Programación de semáforos propuesta en intersección con Av. Gullman.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis del tránsito actual con las mejoras planteadas**

Se muestra a continuación las mejoras obtenidas tanto en el nivel de servicio, longitud de colas y velocidad media.

Tabla 33: Análisis de tránsito en la intersección Av. Don Bosco-Av. Gullman con las medidas recomendadas.

Parámetro	Situación actual	Propuesta 3
Nivel de servicio y demora global (seg)	**F (323.5)**	**C (33.7)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)	C (27.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)	C (32.9)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)	C (27.5)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)	C (34.3)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m	44.4 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m	50.3 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m	119 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m	153,4 m
Velocidad media - Av. Don Bosco Este	35 km/hr	24 km/hr
Velocidad media - Av. Don Bosco Oeste	36 km/hr	34 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Norte	5 km/hr	31 km/hr
Velocidad media - Av. Gullman Sur	5 km/hr	30 km/hr

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados del análisis de la situación actual y la propuesta de mejoras, la reducción de demoras totales en la intersección es del 90%, mientras que la longitud de las colas se reduce 50% en promedio.

3.5. Propuesta técnica con volúmenes actuales:

3.5.1. Intersección con Av. Loreto

Para esta intersección la mejor solución es la propuesta número 1 descrita en el acápite 3.1.3, la cual indica realizar una optimización en el tiempo de los semáforos actuales sin generar algún cambio en las fases. Se optó por esta propuesta debido a que la número 2 con NDS B (15.2) no genera algún cambio drástico en el nivel de servicio y demora global con respecto a la propuesta número 1 con NDS B (15.4), además la propuesta número 2 conlleva al cambio de la tecnología semafórica en la intersección generando un gasto económico considerable e innecesario para la mejora que produce.

3.5.2. Intersección con Av. Richard Cushing

Para esta intersección la mejor solución es la propuesta número 1 descrita en el acápite 3.2.3, la cual indica realizar una optimización en el tiempo de los semáforos actuales sin generar algún

cambio en las fases. Se optó por esta propuesta debido a que la propuesta número 2 con NDS (B, 18.9) aparte de tener una serviciabilidad menor a la propuesta 1 con NDS (B, 16.9), conlleva al cambio de la tecnología semafórica en la intersección generando un gasto económico considerable e innecesario para la mejora que produce.

3.5.3. Intersección con Av. San Martin

Para esta intersección la mejor solución es la propuesta número 1 descrita en el acápite 3.2.3, la cual indica realizar una optimización en el tiempo de los semáforos actuales sin generar algún cambio en las fases. Se optó por esta propuesta debido a que la número 2 con NDS B (A, 9.8) y la numero 3 con NDS (A, 7.6) no generan algún cambio drástico en el nivel de servicio y demora global con respecto a la propuesta número 1 con NDS (B, 12), además la propuesta número 2 y número 3 conllevan al cambio de la tecnología semafórica y de la geometría de la intersección generando un gasto económico considerable e innecesario para la mejora que produce.

3.5.4. Intersección con Av. Gullman

Para esta intersección la mejor solución es la propuesta número 3 descrita en el acápite 3.4.5, la cual indica realizar cambios en la geometría tanto de la Av. Don Bosco como de la Av. Gullman, además de cambiar la tecnología semafórica actual de la intersección por semáforos accionados por el transito con 3 fases que permitan el giro exclusivo a la izquierda. Esta solución permite que el nivel de servicio y demora global actual de F (323.5) se reduzca hasta C (33.7). Produciendo colas menores, aumentando las velocidades medias y mejorando el confort y convivencia de la intersección.

3.5.5. Comparación global con la situación actual

A continuación, se presentará el reporte de SYNCHRO en comparación de la propuesta recomendada y la situación actual en términos globales en toda la AV. Don Bosco.

Tabla 34: Reporte SYNCHRO de Av. Don Bosco, comparando la situación actual y las mejoras propuestas.

Resultados totales	Av. Don Bosco - Situacion actual	Av. Don Bosco - Con mejoras Propuestas
Numero de intersecciones	8	8
Retraso de control / Veh (s/v)	100	17
Retraso de la cola / Veh (s/v)	0	0
Retraso total / Veh (s/v)	100	17
Retraso total (hr)	417	71
Paradas / Veh	0.64	0.60
Paradas (#)	9603	9010
Velocidad media (Km/hr)	13	33
Tiempo total de viaje (hr)	559	213
Distancia viajada (Km)	7125	7125
Combustible consumido (l)	2047	1075
Combustible economisado (Km/l)	3.5	6.6
Emisiones de CO (Kg)	38.07	20.00
Emisiones de Nox (Kg)	7.35	3.86
Emisiones de VOC (Kg)	8.78	4.61
Vehiculos sin servicio (#)	1420	9
Vehiculos en zona de dilema (#)	0	0
Indice de rendimiento	443.5	96.0

Fuente: Elaboración propia.

Con la debida gestión del tránsito en las intersecciones: Av. Loreto, Av. Richard Cushing y Av. San Martín se puede lograr mejoras notables, sin la necesidad de realizar cambios en la geometría, o de implementar nueva tecnología semafórica en dichas intersecciones. Con respecto a la intersección con Av. Gullman es necesario realizar los cambios en la geometría y en la programación de semáforos descrita en el acápite 3.4.5 esto debido a los altos volúmenes vehiculares en esta intersección.

Al realizar las propuestas mencionadas de manera coordinada en todas las intersecciones, se puede reducir el tiempo de demora de la situación actual de 100 s/v a 17 s/v. Cabe resaltar que estas soluciones propuestas de manera combinada resultan la opción más económica de todas las propuestas analizadas, generando mejoras importantes al problema de congestión vehicular existente en el corredor vial Av. Don Bosco.

3.6. Propuesta técnica con crecimiento del tránsito[17]

Para garantizar que las propuestas técnicas tengan un adecuado funcionamiento en el futuro, se aplicará el método para calcular el crecimiento del tránsito según el MTC. Se hallará un factor

[17] Ríos, Esteban (2018). *"Modelación del Tránsito y Propuesta de Solución Vial a la Av. Cáceres con Infraworks y Synchro 8.0"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

unificado que proviene de vincular una tasa de crecimiento de los vehículos livianos con el crecimiento poblacional, y el de los vehículos pesados con el crecimiento del PBI de Piura. Las tasas de crecimiento y porcentajes asumidos para el cálculo se pueden ver en la **Tabla 35.** El cálculo de este factor será ingresado en SYNCHRO para que sea afectado por los volúmenes equivalentes en cada caso, y de esta manera, determinar el NDS proyectado desde el año base, hasta un año donde alguna propuesta falle, y de esta manera establecer los criterios de planificación vial y urbana, asegurando que los proyectos funcionen por mucho tiempo.

Tabla 35: Cálculo para determinar el crecimiento del tránsito.

$P_f = P_o(1+T_c)^n$	Tc Poblacional (%)	0.90%			
	Tc PBI (%)	2%			
n	0	10	30	50	70
Año	2018	2028	2048	2068	2088
Veh. Livianos (98%)	1.00	1.09	1.31	1.57	1.87
Veh. Pesados (2%)	1.00	1.22	1.81	2.69	4.00
% Crecimiento total	1.00	1.10	1.32	1.59	1.91

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentará un cuadro comparativo (Ver **Tabla 36**) de todas las alternativas propuestas en cada una de las intersecciones estudiadas en este trabajo de tesis.

Tabla 36: Nivel de servicio y demora global a futuro de la situación actual y de las soluciones propuestas

		NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA GLOBAL A FUTURO			
INTERSECCION	ESCENARIOS	10 Años	30 Años	50 Años	70 Años
LORETO	Situacion Actual	C(25.4)	E(60.2)	F(133.8)	F(233.9)
	Propuesta 1	B(18.2)	D(42.7)	F(122.6)	F(231.4)
	Propuesta 2	B(11.0)	B(12.8)	B(15.7)	C(22.4)
RICHARD CUSHING	Situacion Actual	C(24.6)	D(54.1)	F(142.5)	F(255.4)
	Propuesta 1	B(19.3)	C(35.0)	E(79.9)	F(125.8)
	Propuesta 2	B(16.7)	B(18.7)	C(23.5)	D(39.3)
SAN MARTIN	Situacion Actual	E(60.2)	F(99.6)	F(148.1)	F(217.3)
	Propuesta 1	B(14.3)	C(22.9)	D(48.7)	F(87.4)
	Propuesta 2	A(9.9)	B(11.1)	B(12.9)	B(16.6)
	Propuesta 3	A(8.2)	A(9.6)	B(15.4)	C(34.9)
GULLMAN	Situacion Actual	F(379.1)	F(510.8)	F(697.5	F(932.7)
	Propuesta 1	F(260.2)	F(394.2)	F(553.3)	F(760.9)
	Propuesta 2	F(88.2)	F(163.1)	F(288.5)	F(448.4)
	Propuesta 3	D(47.5)	F(104.1)	F(184.3)	F(288.9)

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1. Intersección con Av. Loreto

Con volúmenes a futuro para esta intersección la mejor solución es la propuesta numero 2 descrita en el acápite 3.1.4, la cual indica cambiar los semáforos actuales que solo permiten realizar dos fases por semáforos de tres que permitan el giro protegido y permitido a la izquierda.

Se modeló en Synchro la propuesta número 2 para esta intersección y resultó que aplicando esta solución se podrá soportar el incremento vehicular hasta los próximos 70 años con un nivel de serviciabilidad C (22.4).

3.6.2. Intersección con Av. Richard Cushing

Con volúmenes a futuro para esta intersección la mejor solución es la propuesta numero 2 descrita en el acápite 3.2.4, la cual indica cambiar los semáforos actuales que solo permiten realizar dos fases por semáforos de tres que permitan el giro protegido y permitido a la izquierda.

Se modeló en Synchro la propuesta número 2 para esta intersección y resulto que aplicando esta solución se podrá soportar el incremento vehicular hasta los próximos 50 años con un nivel de serviciabilidad C (23.5).

Para los volúmenes que existirán en los próximos 70 años esta propuesta empezará a presentar problemas. Debido al poco espacio de separador central no se pudo adicionar un carril de giro exclusivo a la izquierda, por tal razón para poder dar solución a esta problemática a futuro se deberá adicionar un carril más a toda la Av. Don Bosco desde la intersección con Av. Cesar Vallejo hasta la intersección con Jr. Cuzco en dirección de oeste a este, con la siguiente distribución: un carril exclusivo de giro a la izquierda, el carril central de desplazamiento de frente y el carril derecho de desplazamiento de frente y giro hacia la derecha,

3.6.3. Intersección con Av. San Martín

Con volúmenes a futuro para esta intersección la mejor solución es la propuesta numero 2 descrita en el acápite 3.3.4, la cual indica cambiar los semáforos actuales que solo permiten realizar dos fases por semáforos de tres que permitan el giro protegido y permitido a la izquierda.

Se modeló en Synchro la propuesta número 2 para esta intersección y resultó que aplicando esta solución se podrá soportar el incremento vehicular hasta los próximos 70 años con un nivel de serviciabilidad B (16.6).

3.6.4. Intersección con Av. Gullman

Con volúmenes a futuro para esta intersección ninguna de las 3 propuestas descritas en el **Acápite 3.4** podrá soportar el incremento del parque automotor que existirá en la ciudad de Piura. Los niveles de servicio que se presentan en la **Tabla 36** dejan en claro que en el futuro existirá un colapso en esta intersección.

Actualmente debido a las dimensiones y características geométricas de la intersección es imposible poder plantear algún tipo de intersección moderna como: Continuos Flow Intersection (CFI), Jughandle o Quadrant Roadway Intersection. Alguna de estas medidas deberá ser adoptada a futuro o pensar en alguna alternativa de desfogue y redistribución de los vehículos que transitarán por esta intersección, en el siguiente capítulo se explica detalladamente el resultado favorable que generaría aplicar una Continuos Flow Intersection (CFI) en esta intersección.

Capítulo 4

Propuesta de solución con intersecciones modernas

4.1. Tipos de intersecciones modernas[18]

4.1.1. Continous Flow Intersection

Una Continous Flow Intersection (CFI) por sus siglas en inglés, es un tipo de intersección que elimina el conflicto entre los vehículos que giran a la izquierda y el tráfico que se dirige en sentido opuesto introduciendo una bahía de giro situada a la izquierda del tráfico en sentido opuesto. Los vehículos acceden a la bahía de giro a la izquierda por una intersección señalizada en donde el flujo continuo es deseado.

En la **Figura 77** se muestra el diseño de una CFI con los cruces de giro a la izquierda desplazados y la **Figura 78** muestra los movimientos que se realizan en dicha intersección.

[18] U.S Department of Transportation – Federal Highway Administration, Signalized Intersections, Publicación: FHWA-HRT-04-091, Fecha: Agosto 2004

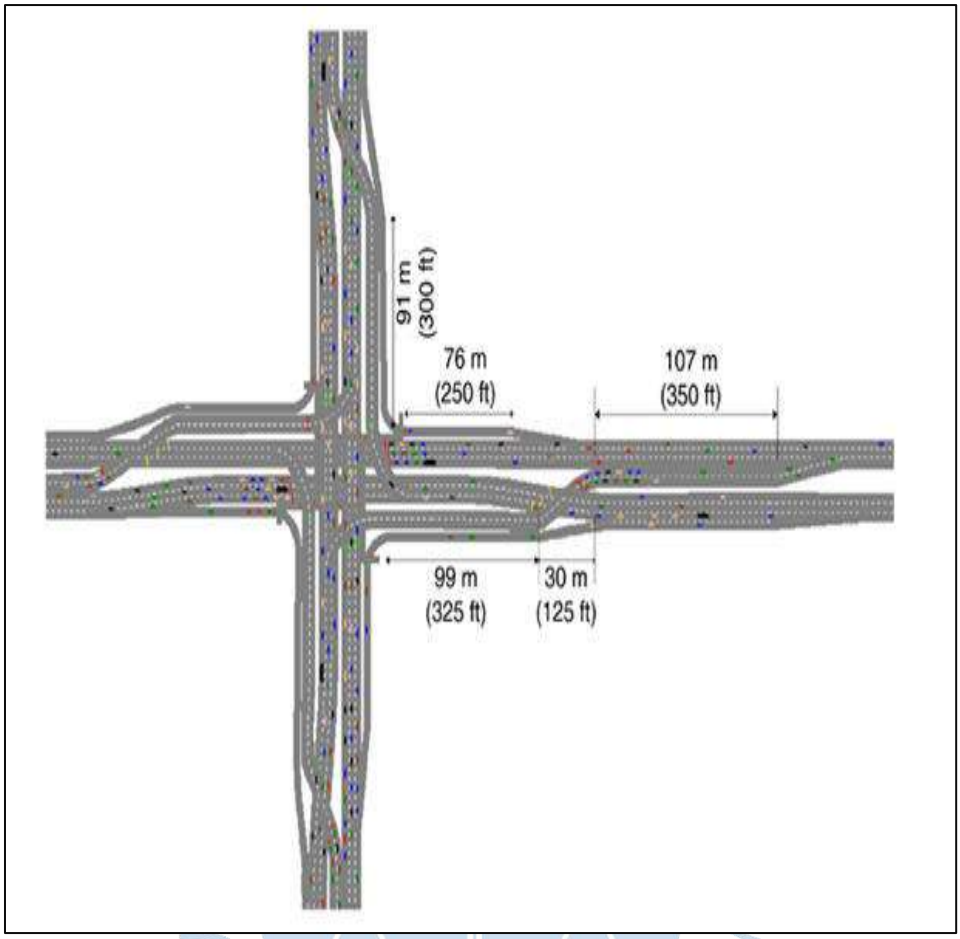


Figura 77: Continous Flow Intersection.
Fuente: U.S Federal Highway Administration

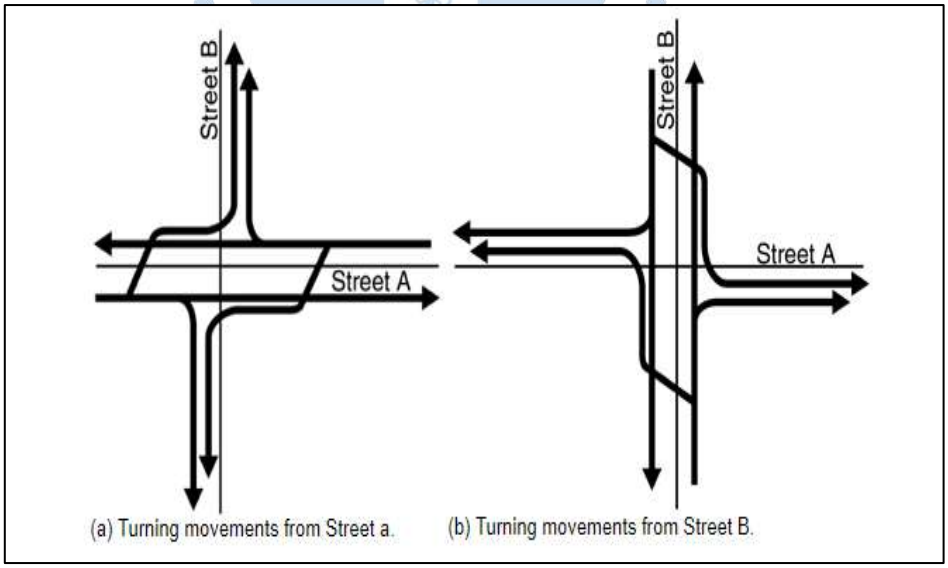


Figura 78: Movimientos de los vehículos en una CFI.
Fuente: U.S Federal Highway Administration.

La **Figura 79** muestra el funcionamiento de una CFI:

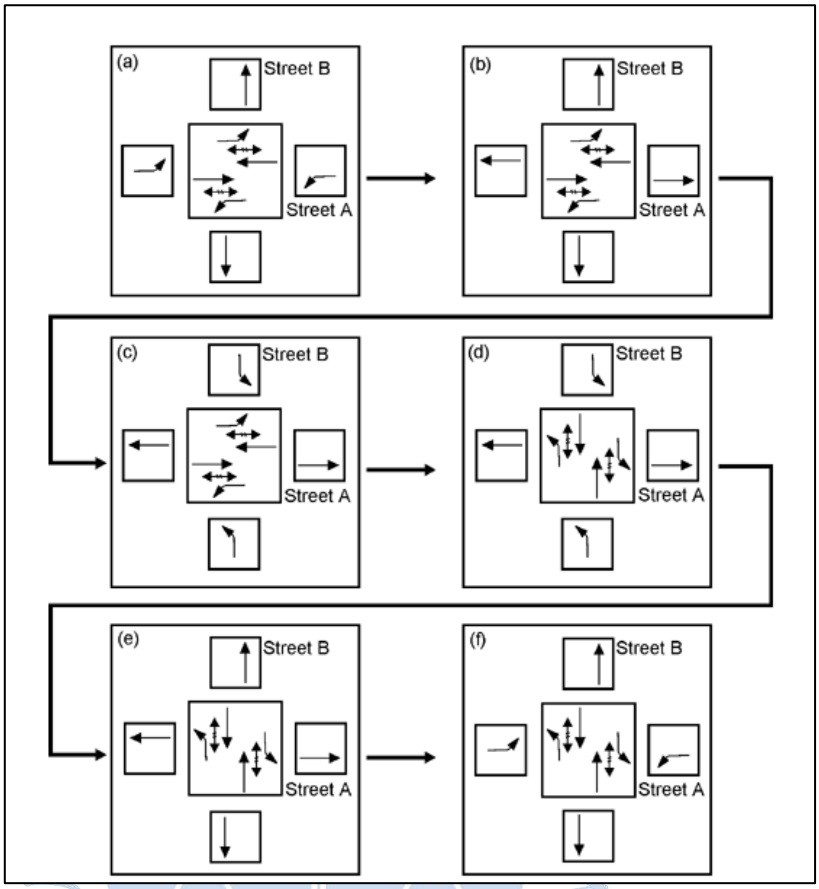


Figura 79: Etapas de una CFI.
Fuente: U.S Federal Highway Administration.

a. Movimientos de la calle A en la intersección principal, giros a la izquierda en la calle A antes de llegar a la intersección principal y movimientos rectos en la calle B antes de llegar a la intersección principal.
b. Movimientos de la calle A en la intersección principal y todos los movimientos son rectos en las intersecciones de las proximidades.
c. Movimientos de la calle A en la intersección principal, movimientos rectos en la calle A antes de llegar a la intersección principal y giros a la izquierda en la calle B antes de llegar a la intersección principal.
d. Movimientos de la calle B en la intersección principal, giros a la izquierda en la calle B antes de llegar a la intersección principal y movimientos rectos en la calle A antes de llegar a la intersección principal.

e. Movimientos de la calle B en la intersección principal y todos los movimientos son rectos en las intersecciones de las proximidades.
f. Movimientos de la calle B en la intersección principal, movimientos rectos en la calle B antes de llegar a la intersección principal y giros a la izquierda en la calle A antes de llegar a la intersección principal.

4.1.2. Performance operacional

El principal beneficio de este tipo de intersección radica en que no es necesaria la multiplicidad de fases para proporcionar movimientos de giro a la izquierda protegidos.

Jagannathan y Bared obtuvieron los siguientes resultados para el caso de una intersección de cuatro ramales con giros a la izquierda desplazados en todas las aproximaciones:

- El retraso promedio se redujo con la CFI en un 48% a 85% en comparación con la intersección convencional, con el valor más bajo que se aplica a un caso no saturado y el valor superior que se aplica a un caso sobresaturado.
- El número promedio de paradas con la CFI se redujo entre un 15% y un 30% para flujos de tráfico poco saturados y entre un 85% y un 95% para condiciones de flujo de tráfico saturado en la intersección convencional.
- Las longitudes de cola con la CFI se redujeron entre un 62% y un 88% en comparación con la intersección convencional, con el valor más bajo que se aplica a un caso no saturado y el valor superior que se aplica a un caso sobresaturado.

Las ventajas del CFI son más pronunciadas cuando la demanda se acerca a la capacidad de los diseños convencionales y cuando los movimientos pesados de giro a la izquierda requieren fases protegidas.

4.1.3. Jughandle

De acuerdo con el Manual de Diseño del Departamento de Transporte de Nueva Jersey, un jughandle es una rampa a nivel en las intersecciones para permitir a los conductores realizar giros a la izquierda y/o giros en U indirectos.

Los Jughandles son caminos de una sola vía en dos cuadrantes de la intersección que permiten la eliminación del tráfico que gira a la izquierda sin proporcionar carriles para girar a la izquierda. Todos los giros a la derecha, a la izquierda y los giros en U se realizan desde el lado derecho de la carretera. Los conductores que desean girar a la izquierda salen de la carretera principal en una rampa a la derecha y giran a la izquierda en la carretera secundaria en un extremo separado de la intersección principal. Se necesita menos derecho de vía a lo largo de la carretera porque los carriles de giro a la izquierda no son necesarios, sin embargo, se necesita más derecho de vía en la intersección para acomodar a los jughandles.

En la **Figura 80** se muestra una intersección jughandle con las rampas ubicadas antes de la intersección.

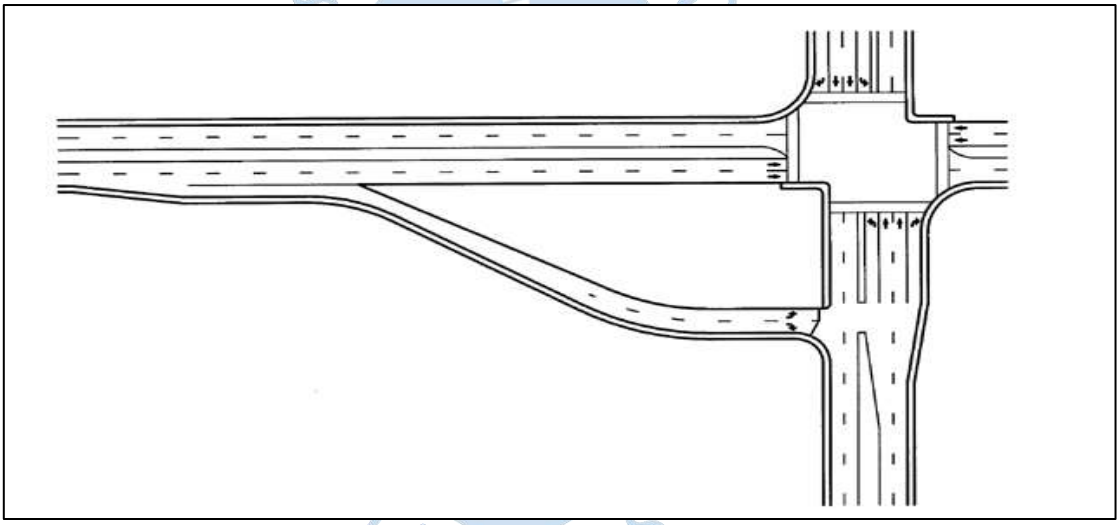


Figura 80: Jughandle.
Fuente: U.S Federal Highway Administration

4.1.4. Quadrant Roadway Intersection

Una Quadrant Roadway Intersection incluye una carretera adicional entre dos tramos de la intersección. Los conductores que desean girar a la izquierda desde la carretera principal o secundaria viajarán más lejos para hacerlo, pero todos los giros a la izquierda se eliminarán de la intersección principal. Este diseño crea dos intersecciones adicionales, que funcionan como tres fases, pero la intersección principal puede funcionar con dos fases.

Las señales en las rampas del cuadrante deben ubicarse a una distancia suficiente corriente arriba de la intersección principal para eliminar la potencial cola de espera. Reid identificó una longitud de 150 m. En la **Figura 81** se muestra el diseño de una Quadrant Roadway Intersection.

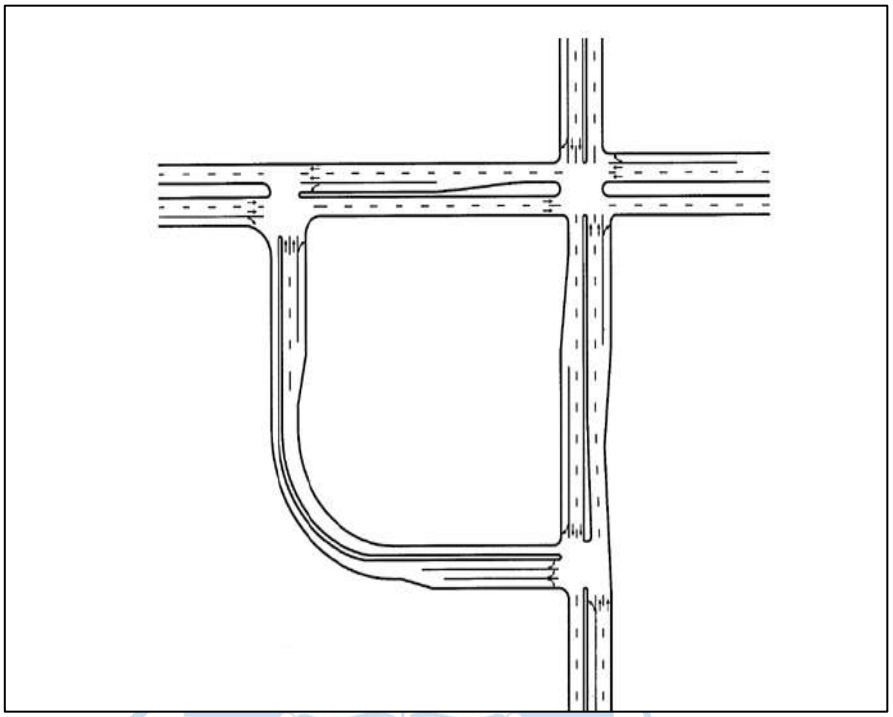


Figura 81: Quadrant Roadway Intersection.
Fuente: U.S Federal Highway Administration

4.2. Viabilidad de CFI en intersección con Av. Guillermo Gullman

El problema de la intersección de la Avenida Don Bosco con la Av. Guillermo Gullman se debe a los grandes volúmenes de vehículos de la Av. Gullman que siguen recto a través de ella y la gran cantidad de vehículos que realizan el giro a la izquierda. Los volúmenes en la Av. Don Bosco no son tan grandes como en la Av. Gullman, pero al necesitarse una fase para dichos vehículos se hace más grande la longitud del ciclo, ocasionando mayores demoras y por ende ocasionan bajos niveles de servicio.

Se analizarán dos propuestas:

4.2.1. Propuesta 1: Implementación de CFI parcial en la Av. Don Bosco

Se tomará en cuenta esta posibilidad ya que, por tener una mayor franja de vía, sería desde el punto de vista constructivo, la mejor alternativa, sin embargo, conocemos que el volumen vehicular es mayor en Av. Gullman, esto se hará notar en la simulación, veremos que no se generará

una mejora como la que se espera, ya que como sabemos, el conflicto de los giros a la izquierda ocurre en la Av. Gullman.

4.2.2 Propuesta 2: Implementación de CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman

Esta será la mejor alternativa desde el punto de vista de performance operacional. Sin embargo, es la más difícil por la disponibilidad de espacios, las demoras serán considerablemente reducidas, obteniendo excelentes niveles de servicio, la mejora radica en que se podrán realizar los movimientos del tráfico en sentido opuesto y sus respectivos giros a la izquierda de la Av. Gullman en una sola fase, lo cual significará una longitud menor de ciclo. La otra fase en la intersección principal correspondería a la Av. Don Bosco. Se realizará el análisis a futuro considerando el crecimiento del parque automotor, para verificar la necesidad de la implementación de la CFI y si es verdaderamente viable.

4.3. Simulación de las propuestas en Synchro 8.0

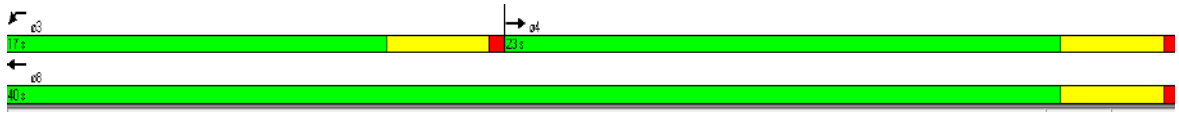
4.3.1. Propuesta 1: CFI parcial en la Av. Don Bosco

Por cuestiones del software no se logra replicar exactamente la geometría de lo que sería la CFI parcial, Sin embargo, ofrece una idea bastante clara del comportamiento vehicular. En la **Figura 82**, se aprecia la simulación en Synchro.

Figura 82: CFI parcial en Avenida Don Bosco.
Fuente: Elaboración propia.

Esta propuesta genera dos intersecciones más en las proximidades de la intersección principal en la Av. Don Bosco. En la **Figura 83**, se detallan las fases de dichas intersecciones.

INTERSECCIÓN ESTE



INTERSECCIÓN OESTE

INTERSECCIÓN PRINCIPAL

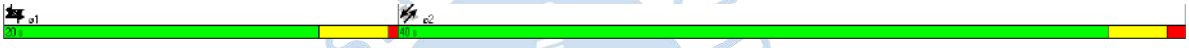


Figura 83: Fases con CFI parcial en Don Bosco
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 37** se ha realizado una comparación entre la situación actual, la propuesta con gestión del tránsito que hemos determinado como óptima en el capítulo anterior y la propuesta con CFI parcial en la Av. Don Bosco.

Tabla 37: Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en Don Bosco.

Parámetro	Situación actual	Propuesta con gestión de tránsito	CFI parcial en Don Bosco
Nivel de servicio y demora global en intersección principal (seg)	**F (323.5)**	**C (34.7)**	**D (42.8)**
Nivel de servicio y demora global en intersección este (seg)	-	-	**A (3.7)**
Nivel de servicio y demora global en intersección oeste (seg)	-	-	**A (3.1)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)	C (27.6)	B (16.4)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)	C (32.9)	B (19.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)	C (25.9)	F (235.1)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)	C (34.3)	F (258.1)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m	44.4 m	29.3 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m	50.3 m	28.7 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m	119 m	55.4 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m	153 m	81.6 m

Fuente: Elaboración propia

El reporte obtenido de Synchro 8 demuestra que realizar la CFI parcial en Av. Don Bosco genera un cambio significativo con respecto a la situación actual, pero al ser una propuesta costosa

y con mayor dificultad para implementar, creemos que la mejor opción para generar una mejora en los niveles de servicio y de demora global es la propuesta de gestión de tránsito.

4.3.2. Propuesta 2: CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman

Por cuestiones del software no se logra replicar exactamente la geometría de lo que sería la CFI parcial, sin embargo; nos da una idea bastante clara del comportamiento vehicular, en la **Figura 84,** se aprecia la simulación en Synchro.

Figura 84: CFI parcial en Avenida Guillermo Gullman.
Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta genera dos intersecciones más en las proximidades de la intersección principal en la Avenida Don Bosco. En la **Figura 85**, se detallan las fases de dichas intersecciones.

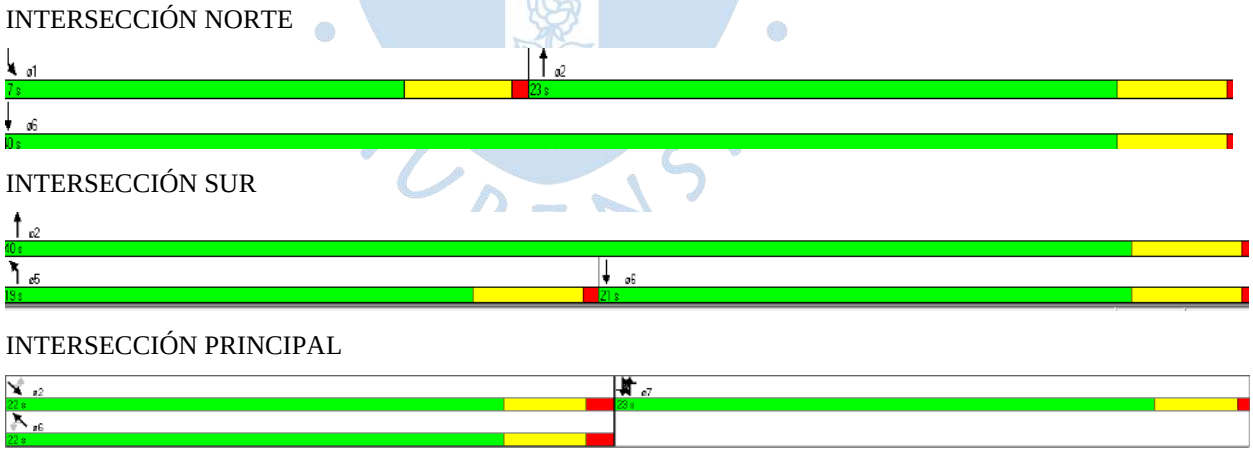


Figura 85: Fases con CFI parcial en Guillermo Gullman
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 38** se ha realizado una comparación entre la situación actual, la propuesta con gestión del tránsito detallada en el capítulo anterior y la propuesta con CFI parcial en la Av. Don Bosco.

Tabla 38 Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en Guillermo Gullman.

Parámetro	Situación actual	Propuesta con gestión de tránsito	CFI parcial en Gullman
Nivel de servicio y demora global en intersección principal (seg)	**F (323.5)**	**C (34.7)**	**A (8.9)**
Nivel de servicio y demora global en intersección norte (seg)	-	-	**A (3.7)**
Nivel de servicio y demora global en intersección sur (seg)	-	-	**A (4.4)**
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Este (seg)	C (20.9)	C (27.6)	B (10.6)
Nivel de servicio y demora - Av. Don Bosco Oeste (seg)	B (18)	C (32.9)	B (10.7)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Norte (seg)	F (367.9)	C (25.9)	A (0.3)
Nivel de servicio y demora - Av. Gullman Sur (seg)	F (513.5)	C (34.3)	A (0.2)
Longitud de colas - Av. Don Bosco Este	57.1 m	44.4 m	14.5 m
Longitud de colas - Av. Don Bosco Oeste	59 m	50.3 m	17.0 m
Longitud de colas - Av. Gullman Norte	253.3 m	119 m	0 m
Longitud de colas - Av. Gullman Sur	313.2 m	153 m	0 m

Fuente: Elaboración propia.

Tal como era de esperar la CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman es mucho más beneficiosa para la intersección en comparación a si se construyera en la Av. Don Bosco. Esto se debe a que los volúmenes vehiculares son mucho más grandes en la Av. Gullman. Si bien es cierto en la Av. Gullman no se cuenta actualmente con el espacio suficiente para una estructura de esta envergadura, a futuro, con el crecimiento del parque automotor, la situación se volverá insostenible, haciendo indispensable pensar en estas alternativas. A continuación, la **Tabla 39** muestra el comportamiento de la intersección a futuro.

Tabla 39: Análisis de la influencia de la implementación de la CFI parcial en la Av. Guillermo Gullman a futuro.

		NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA GLOBAL A FUTURO			
INTERSECCION	ESCENARIOS	10 Años	30 Años	50 Años	70 Años
GULLMAN	Situacion Actual	F(379.1)	F(510.8)	F(697.5)	F(932.7)
	Gestión de tránsito	D(47.5)	F(104.1)	F(184.3)	F(288.9)
	CFI parcial en Gullman	A(9.8)	B(13.4)	C(33.2)	F(84.6)

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la tabla, la mejora es considerable, aun con el paso de los años se mantiene una serviciabilidad aceptable, por ende, se corrobora que es viable la aplicación de esta alternativa.

Conclusiones y recomendaciones

- **Conclusiones**

  - Debido a la realidad que atraviesa el Perú con respecto al crecimiento acelerado del parque automotor y el mal estado de la infraestructura vial tanto en provincia como en la capital; se debería pensar en un futuro cercano dejar de aplicar las normas extranjeras que usan países de primer mundo como lo es Estados Unidos, que a pesar de ser aplicables a nuestro entorno no engloban en su totalidad la realidad a la que nos enfrentamos. Durante este tiempo dedicado a este proyecto de tesis aplicado al corredor vial Av. Don Bosco pudimos observar de manera directa que uno de los factores que amplifican el transito es la actitud de los conductores los cuales: manejan de manera agresiva, realizan cambios bruscos de carriles y no ceden el paso. Además, el corredor vial presentaba un alto volumen de mototaxis y motos lineales, estas últimas realizan maniobras temerarias que crean pánico y producen que los vehículos que transitan de manera correcta frenen de manera brusca, generando interrupciones en el flujo continuo de la vía.

  - Luego de analizar el flujo vehicular en los horarios de 7 a 8 am. y de 5:30 a 6:30 pm. se llegó a la conclusión que las fallas técnicas en las intersecciones no se deben a un exceso de vehículos ya que los volúmenes calculados están por debajo de lo requerido para una vía urbana con intersecciones semaforizadas de 2 carriles.

  - La simulación de la situación actual del corredor vial Av. Don Bosco realizada en el software Synchro 8 pudo revelar las deficiencias técnicas (tecnología semafórica,

infraestructura vial, Uniformidad en las vías e intersecciones) que presentan las intersecciones evaluadas con niveles de servicio y tiempos de demora que no corresponden a una carretera de segunda clase como lo es esta avenida. Estas fallas técnicas producen que los conductores conduzcan de manera agresiva, largas longitudes de cola y altos tiempos de demora.

- A través de las deficiencias mostradas en los reportes del software con respecto a la situación actual se pudo llegar a la conclusión que para mejorar el nivel de servicio y demora en las intersecciones evaluadas no es necesario construir infraestructuras como: Paso a desnivel, rotondas o carriles adicionales que generan gastos económicos muy elevados y no solucionaran el problema real del corredor vial Av. Don Bosco.

- Realizando una optimización en los semáforos actuales de las intersecciones: Av. Loreto , Av. Richard Cushing y Av. San Martin se logran resultados importantes que permiten despejar el tránsito, produciendo mejoras en el nivel de servicio y en el tiempo de demora. Esta propuesta solo será viable con los volúmenes actuales y el de los próximos 10 años. Para lograr que estas propuestas mantengan los niveles de servicio en los próximos 70 años se propuso cambiar los semáforos actuales de estas intersecciones por semáforos de 3 fases y que permitan el giro exclusivo y permitido a la izquierda. Esta es la mejor propuesta desde el punto de vista vial y económico.

- Para poder aliviar la congestión vehicular que ocurre en la intersección entre la Av. Gullman y Av. Don Bosco durante las horas punta no basta con realizar optimizaciones semafóricas como si ocurre en las otras intersecciones analizadas. Para esta intersección la mejor solución es realizar cambios en la geometría tanto de la Av. Don Bosco como de la Av. Gullman, además de cambiar la tecnología semafórica actual de la intersección por semáforos accionados por el transito con 3 fases que permitan el giro exclusivo a la izquierda. Esta solución permite que el nivel de servicio y demora global actual de F (323.5) se reduzca hasta C (33.7). Produciendo colas menores, aumentando las velocidades medias y mejorando el confort y convivencia de la intersección.

- Con el análisis a futuro, tomando en cuenta el crecimiento del parque automotor se ha hecho notar que las propuestas de solución con gestión del tránsito no son suficientes para lograr buenos niveles de servicio con el pasar de los años una alternativa es la implementación de una Continuous Flow Intersection, aunque no se podría construir por la falta de espacio, será indispensable a largo plazo, por mejoras considerables y sostenibles en el tiempo que se pueden lograr.

- **Recomendaciones**

  - Utilizar esta metodología para implementarse en otras vías arteriales de Piura, tales como Av. Sánchez Cerro, Av. Grau, Av. Chulucanas, entre otras. Con la finalidad de reducir la congestión en toda la ciudad a través de una correcta gestión del tránsito con soluciones eficientes desde el punto de vista vial y económico, evitando la construcción de estructuras viales costosas que muchas veces no hacen más que aumentar el tráfico.

  - Utilizar el análisis de factibilidad técnica realizado en la intersección de Av. Don Bosco con Av. Gullman para complementar un estudio donde se detalle correctamente: la geometría de una CFI, el impacto ambiental, social y económico al que conllevaría la construcción de esta estructura en la ciudad de Piura.

  - Se recomienda implementar un plan de acción que intente derivar el tránsito pesado a las afueras de la ciudad para no sobrecargar las principales avenidas. Sin embargo, a largo plazo debe tenerse en cuenta que el parque automotor crece y se necesitará una mejor infraestructura vial para dichas solicitaciones.

  - La aparición de nuevas zonas urbanas en la ciudad de Piura supone un crecimiento del parque automotor, por ende la infraestructura vial actual de las principales avenidas colapsará con los volúmenes a futuro, por ello se recomienda la aplicación de las intersecciones modernas a las vías más importantes de la ciudad.

- Se recomienda realizar mantenimiento de manera inmediata en la Avenida Don Bosco, ya que las malas condiciones del pavimento tienen influencia en la comodidad y performance, lo que se traduce en bajos niveles de servicio

Referencias bibliográficas

- Chávez, V (2015). "*Manual de diseño Geométrico de Vías Urbanas*". Lima, Perú.

- Fairlie, D (2015) *"Evaluación de la ingeniería aplicada en el proyecto intercambio vial a desnivel Benavides".* Informe de ingeniería del tránsito, asociación cruzada vial.

- Fairlie, D (2017) *"Análisis de tránsito y propuesta de mejoras para la Avenida Aramburú (Tramo entre las Avenidas Paseo de la República y Guardia Civil)".* Informe de ingeniería del tránsito, asociación cruzada vial.

- Federal Highway administration (2010)."*Alternative Intersections/Interchanges: Informational Report (AIIR)".* EE. UU.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). "*Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor*". Lima, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). "*Manual de Diseño Geométrico*". Lima, Perú.

- Municipalidad Provincial de Piura (2014)."*Plan de Desarrollo Urbano de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032*". Piura, Perú.

- Otero, L (2015*). "Alternativa de solución vial en la intersección de las Av. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

- Ríos, E (2018). *"Modelación del Tránsito y Propuesta de Solución Vial a la Av. Cáceres con Infraworks y Synchro 8.0".* Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura.

- Ruiz, A. (2018). "*Propuesta de plan de desvíos para mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro usando Synchro 8.0."*. Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad de Piura.

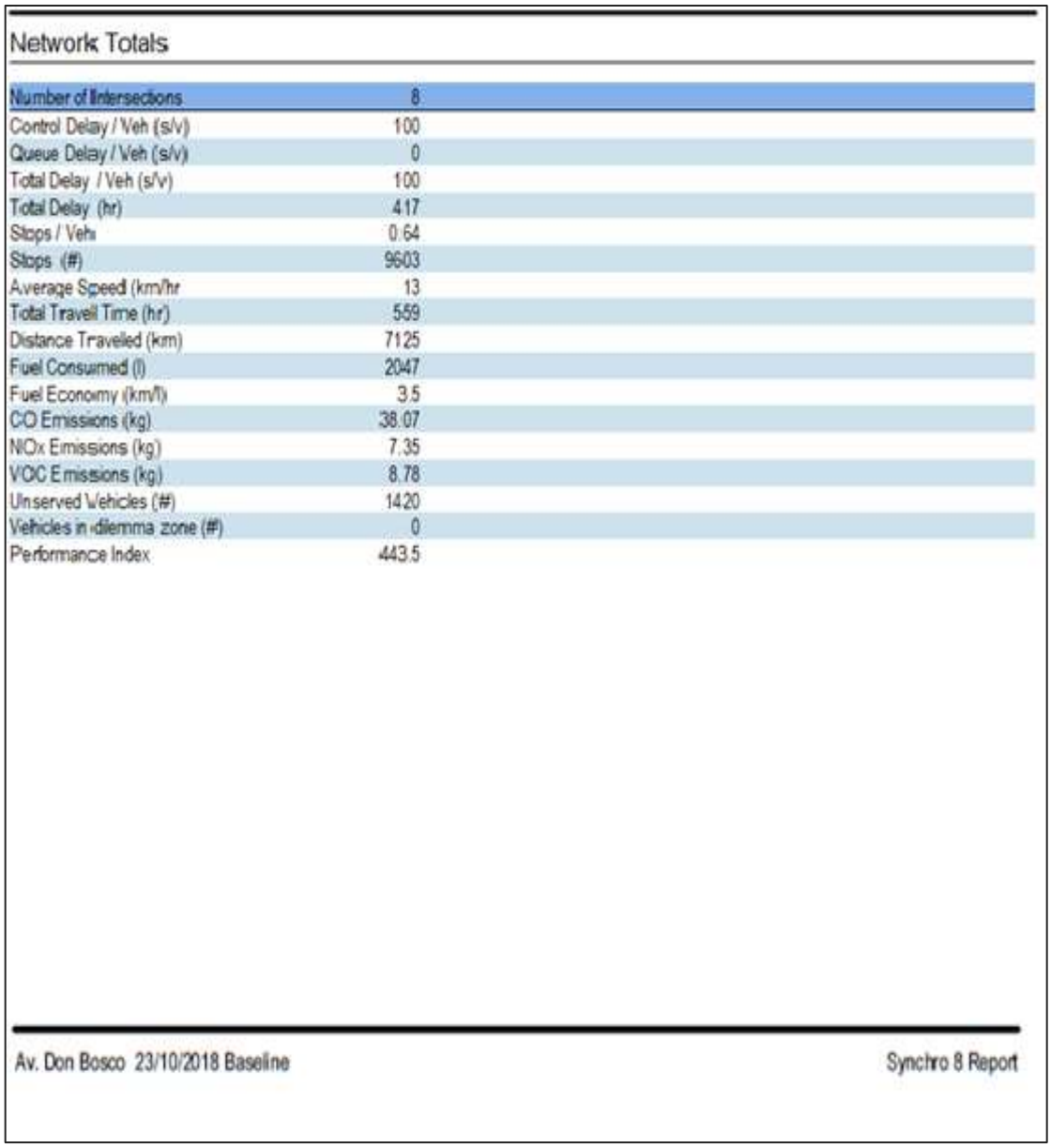
- Transportation Research Board, National Research Counsil (2010). "*Highway Capacity Manual 2010*". E.E.U.U.

- Universidad de Piura (2012). "*Estudio de Impacto Vial y Diseño Geométrico en Dos Nuevos Ingresos al Campus UDEP*". Piura, Perú.

- Vera, L. (2012). *"Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima"*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Anexos

- **Reporte de SYNCHRO del primer escenario: Situación actual del corredor vial Av. Don Bosco**



Network Totals

Number of Intersections	8
Control Delay / Veh (s/v)	100
Queue Delay / Veh (s/v)	0
Total Delay / Veh (s/v)	100
Total Delay (hr)	417
Stops / Veh	0.64
Stops (#)	9603
Average Speed (km/hr	13
Total Travell Time (hr)	559
Distance Traveled (km)	7125
Fuel Consumed (l)	2047
Fuel Economy (km/l)	3.5
CO Emissions (kg)	38.07
NOx Emissions (kg)	7.35
VOC Emissions (kg)	8.78
Unserved Vehicles (#)	1420
Vehicles in dilemma zone (#)	0
Performance Index	443.5

Av. Don Bosco 23/10/2018 Baseline Synchro 8 Report

Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

18/12/2018

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	264	337	36	151	391	79	92	103	53	60	149	203
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Frt		0.992			0.981			0.971			0.926	
Flt Protected		0.980			0.988			0.982			0.993	
Satd. Flow (prot)	0	3326	0	0	3316	0	0	1717	0	0	3146	0
Flt Permitted		0.567			0.610			0.728			0.869	
Satd. Flow (perm)	0	1924	0	0	2047	0	0	1273	0	0	2753	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		10			27			23			221	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		111.0			97.8			308.6			376.7	
Travel Time (s)		8.0			7.0			22.2			27.1	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	287	366	39	164	425	86	100	112	58	65	162	221
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	692	0	0	675	0	0	270	0	0	448	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		2.2			2.2			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		
Minimum Split (s)	39.0	39.0		39.0	39.0		39.0	39.0		39.0	39.0	
Total Split (s)	39.0	39.0		39.0	39.0		39.0	39.0		39.0	39.0	
Total Split (%)	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Maximum Green (s)	35.0	35.0		35.0	35.0		35.0	35.0		35.0	35.0	
Yellow Time (s)	3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5	
All-Red Time (s)	0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			4.0			4.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		35.0			35.0			35.0			35.0	
Actuated g/C Ratio		0.45			0.45			0.45			0.45	
v/c Ratio		1.08dl			0.72			0.46			0.33	
Control Delay		26.8			22.3			16.8			7.5	
Queue Delay		0.0			0.5			0.0			0.0	
Total Delay		26.8			22.8			16.8			7.5	
LOS		C			C			B			A	
Approach Delay		26.8			22.8			16.8			7.5	
Approach LOS		C			C			B			A	

Intersection Summary

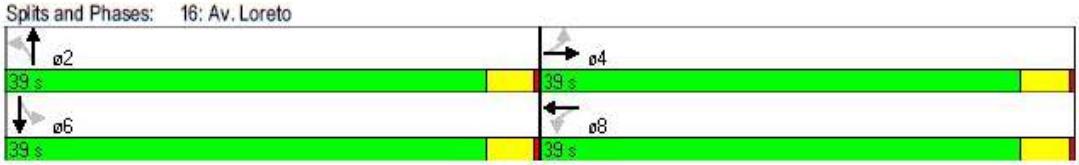
Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

18/12/2018

Area Type:	Other
Cycle Length: 78	
Actuated Cycle Length: 78	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green	
Natural Cycle: 80	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.80	
Intersection Signal Delay: 20.0	Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 75.3%	ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15	

dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 16: Av. Loreto



Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing 18/12/2018

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	268	302	46	171	502	101	185	278	54	92	235	111
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt		0.989			0.980			0.984			0.962	
Flt Protected		0.979			0.989			0.982			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	3313	0	0	3316	0	0	3306	0	0	3258	0
Flt Permitted		0.534			0.639			0.640			0.712	
Satd. Flow (perm)	0	1807	0	0	2142	0	0	2155	0	0	2343	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		16			31			19			70	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		223.0			263.0			470.0			315.4	
Travel Time (s)		16.1			18.9			33.8			22.7	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	291	328	50	186	546	110	201	302	59	100	255	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	669	0	0	842	0	0	562	0	0	476	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		0.0			2.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		2.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		
Minimum Split (s)	44.0	44.0		44.0	44.0		34.0	34.0		34.0	34.0	
Total Split (s)	44.0	44.0		44.0	44.0		34.0	34.0		34.0	34.0	
Total Split (%)	56.4%	56.4%		56.4%	56.4%		43.6%	43.6%		43.6%	43.6%	
Maximum Green (s)	40.0	40.0		40.0	40.0		30.0	30.0		30.0	30.0	
Yellow Time (s)	3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5	
All-Red Time (s)	0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			4.0			4.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		40.0			40.0			30.0			30.0	
Actuated g/C Ratio		0.51			0.51			0.38			0.38	
v/c Ratio		1.15dl			0.76			0.67			0.50	
Control Delay		19.6			20.0			23.9			17.7	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		19.6			20.0			23.9			17.7	
LOS		B			B			C			B	
Approach Delay		19.6			20.0			23.9			17.7	
Approach LOS		B			B			C			B	

Intersection Summary

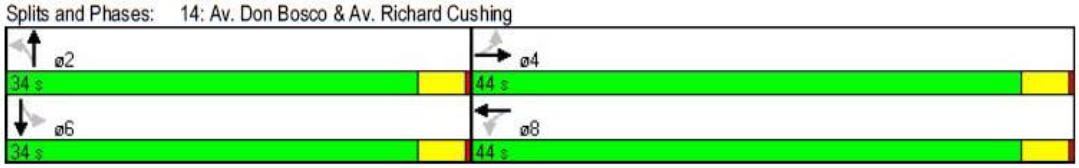
Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing

18/12/2018

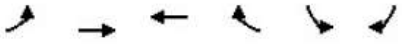
Area Type:	Other		
Cycle Length: 78			
Actuated Cycle Length: 78			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green			
Natural Cycle: 80			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 0.76			
Intersection Signal Delay: 20.3		Intersection LOS: C	
Intersection Capacity Utilization 80.5%		ICU Level of Service D	
Analysis Period (min) 15			

dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing



Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martín 18/12/2018



Lane Group	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	351	312	490	143	105	109
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00
Frt			0.966		0.931	
Flt Protected		0.974			0.976	
Satd. Flow (prot)	0	3332	3305	0	1636	0
Flt Permitted		0.580			0.976	
Satd. Flow (perm)	0	1984	3305	0	1636	0
Right Turn on Red				Yes		Yes
Satd. Flow (RTOR)			63		118	
Link Speed (k/h)		50	50		50	
Link Distance (m)		700.5	223.0		721.2	
Travel Time (s)		50.4	16.1		51.9	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	382	339	533	155	114	118
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	0	721	688	0	232	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Left	Right	Left	Right
Median Width(m)		6.2	6.2		3.3	
Link Offset(m)		0.0	0.0		0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8	4.8		4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25			15	25	15
Turn Type	Perm	NA	NA		NA	
Protected Phases		4	8		6	
Permitted Phases	4					
Minimum Split (s)	26.0	26.0	26.0		39.0	
Total Split (s)	26.0	26.0	26.0		39.0	
Total Split (%)	40.0%	40.0%	40.0%		60.0%	
Maximum Green (s)	22.0	22.0	22.0		35.0	
Yellow Time (s)	3.5	3.5	3.5		3.5	
All-Red Time (s)	0.5	0.5	0.5		0.5	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0	
Total Lost Time (s)		4.0	4.0		4.0	
Lead/Lag						
Lead-Lag Optimize?						
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0		5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0		11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0	0		0	
Act Effct Green (s)		22.0	22.0		35.0	
Actuated g/C Ratio		0.34	0.34		0.54	
v/c Ratio		2.33dl	0.59		0.25	
Control Delay		80.5	18.6		4.7	
Queue Delay		0.0	0.0		0.0	
Total Delay		80.5	18.6		4.7	
LOS		F	B		A	
Approach Delay		80.5	18.6		4.7	
Approach LOS		F	B		A	

Intersection Summary

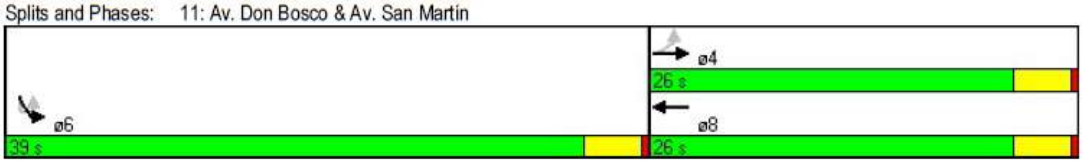
Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martín

18/12/2018

Area Type:	Other
Cycle Length: 65	
Actuated Cycle Length: 65	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2: and 6:SBL, Start of Green	
Natural Cycle: 75	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 1.07	
Intersection Signal Delay: 43.8	Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 60.1%	ICU Level of Service B
Analysis Period (min) 15	

dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 11: Av. Don Bosco & Av. San Martín



Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	68	332	231	131	277	127	351	1031	178	202	854	251
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt		0.945			0.964			0.983			0.971	
Flt Protected		0.995			0.988			0.989			0.992	
Satd. Flow (prot)	0	3217	0	0	3259	0	0	3326	0	0	3295	0
Flt Permitted		0.822			0.614			0.522			0.519	
Satd. Flow (perm)	0	2658	0	0	2025	0	0	1756	0	0	1724	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		73			40			20			41	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		531.6			700.5			851.5			596.8	
Travel Time (s)		38.3			50.4			61.3			43.0	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	74	361	251	142	301	138	382	1121	193	220	928	273
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	686	0	0	581	0	0	1696	0	0	1421	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		6.2			6.2			4.5			4.5	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		
Minimum Split (s)	34.0	34.0		34.0	34.0		46.0	46.0		46.0	46.0	
Total Split (s)	46.0	46.0		46.0	46.0		46.0	46.0		46.0	46.0	
Total Split (%)	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Maximum Green (s)	42.0	42.0		42.0	42.0		42.0	42.0		42.0	42.0	
Yellow Time (s)	3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5	
All-Red Time (s)	0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			4.0			4.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		42.0			42.0			42.0			42.0	
Actuated g/C Ratio		0.46			0.46			0.46			0.46	
v/c Ratio		0.55			0.61			4.29dl			2.20dl	
Control Delay		18.0			20.9			513.5			367.9	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		18.0			20.9			513.5			367.9	
LOS		B			C			F			F	
Approach Delay		18.0			20.9			513.5			367.9	
Approach LOS		B			C			F			F	

Intersection Summary

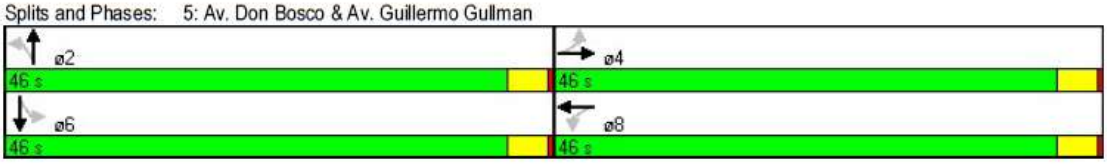
Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman

18/12/2018

Area Type:	Other		
Cycle Length: 92			
Actuated Cycle Length: 92			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green			
Natural Cycle: 130			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 2.09			
Intersection Signal Delay: 323.5		Intersection LOS: F	
Intersection Capacity Utilization 129.3%		ICU Level of Service H	
Analysis Period (min) 15			

dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman



- **Reporte de SYNCHRO de propuesta con ciclos semafóricos optimizados**

Detailed Measures of Effectiveness

11/02/2019

Network Totals

Number of Intersections	8
Control Delay / Veh (s/v)	63
Queue Delay / Veh (s/v)	0
Total Delay / Veh (s/v)	63
Total Delay (hr)	261
Stops / Veh	0.63
Stops (#)	9372
Average Speed (km/hr	18
Total Travel Time (hr)	403
Distance Traveled (km)	7125
Fuel Consumed (l)	1609
Fuel Economy (km/l)	4.4
CO Emissions (kg)	29.93
NOx Emissions (kg)	5.78
VOC Emissions (kg)	6.90
Unserved Vehicles (#)	1073
Vehicles in dilemma zone (#)	0
Performance Index	286.7

Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	264	337	36	151	391	79	92	103	53	60	149	203
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Storage Length (m)	0.0		30.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Frt		0.992			0.981			0.971			0.926	
Flt Protected		0.980			0.988			0.982			0.993	
Satd. Flow (prot)	0	3326	0	0	3316	0	0	1717	0	0	3146	0
Flt Permitted		0.592			0.641			0.710			0.875	
Satd. Flow (perm)	0	2009	0	0	2151	0	0	1241	0	0	2772	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		14			38			28			221	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		111.0			97.8			308.6			376.7	
Travel Time (s)		8.0			7.0			22.2			27.1	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	287	366	39	164	425	86	100	112	58	65	162	221
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	692	0	0	675	0	0	270	0	0	448	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		2.0			2.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		D.Pm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			4			2			6		
Minimum Split (s)	21.5	21.5		21.5	21.5		21.7	21.7		21.7	21.7	
Total Split (s)	30.0	30.0		30.0	30.0		25.0	25.0		25.0	25.0	
Total Split (%)	54.5%	54.5%		54.5%	54.5%		45.5%	45.5%		45.5%	45.5%	
Maximum Green (s)	25.0	25.0		25.0	25.0		20.0	20.0		20.0	20.0	
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		5.0			5.0			5.0			5.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		25.0			25.0			20.0			20.0	
Actuated g/C Ratio		0.45			0.45			0.36			0.36	
v/c Ratio		0.96dl			0.68			0.58			0.39	
Control Delay		18.9			15.3			18.5			7.5	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		18.9			15.3			18.5			7.5	
LOS		B			B			B			A	
Approach Delay		18.9			15.3			18.5			7.5	

Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

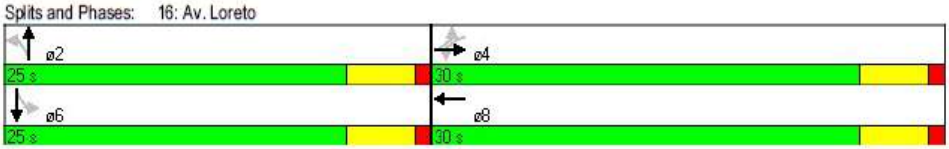
11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach LOS		B			B			B			A	
Stops (vph)		485			442			178			145	
Fuel Used(l)		27			23			15			20	
CO Emissions (g/hr)		497			425			273			377	
NOx Emissions (g/hr)		97			83			53			73	
VOC Emissions (g/hr)		115			99			63			87	
Dilemma Vehicles (#)		0			0			0			0	
Queue Length 50th (m)		28.9			25.7			19.5			8.4	
Queue Length 95th (m)		#50.6			42.6			40.6			17.5	
Internal Link Dist (m)		87.0			73.8			284.6			352.7	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		921			998			469			1149	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.75			0.68			0.58			0.39	

Intersection Summary

Area Type: Other
Cycle Length: 55
Actuated Cycle Length: 55
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.75
Intersection Signal Delay: 15.2 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 78.6% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
Queue shown is maximum after two cycles.
dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 16: Av. Loreto



Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	268	302	46	171	502	101	185	278	54	92	235	111
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		0	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt		0.989			0.980			0.984			0.962	
Flt Protected		0.979			0.989			0.982			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	3313	0	0	3316	0	0	3306	0	0	3258	0
Flt Permitted		0.455			0.455			0.647			0.684	
Satd. Flow (perm)	0	1540	0	0	1526	0	0	2178	0	0	2251	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		17			33			18			68	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		223.0			263.0			470.0			315.4	
Travel Time (s)		16.1			18.9			33.8			22.7	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	291	328	50	186	546	110	201	302	59	100	255	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	669	0	0	842	0	0	562	0	0	476	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		2.0			2.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		2.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4	8		8	4		2			6		
Minimum Split (s)	44.0	44.0		44.0	44.0		30.0	30.0		30.0	30.0	
Total Split (s)	44.0	44.0		44.0	44.0		31.0	31.0		31.0	31.0	
Total Split (%)	58.7%	58.7%		58.7%	58.7%		41.3%	41.3%		41.3%	41.3%	
Maximum Green (s)	39.0	39.0		39.0	39.0		26.0	26.0		26.0	26.0	
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		5.0			5.0			5.0			5.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		39.0			39.0			26.0			26.0	
Actuated g/C Ratio		0.52			0.52			0.35			0.35	
v/c Ratio		0.39			0.48			0.73			0.58	
Control Delay		11.3			12.2			27.5			20.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		11.3			12.2			27.5			20.3	
LOS		B			B			C			C	
Approach Delay		11.3			12.2			27.5			20.3	

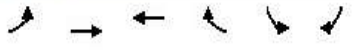
Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach LOS		B			B			C			C	
Stops (vph)		336			448			428			300	
Fuel Used(l)		26			37			44			46	
CO Emissions (g/hr)		480			679			807			846	
NOx Emissions (g/hr)		93			132			157			165	
VOC Emissions (g/hr)		111			157			187			196	
Dilemma Vehicles (#)		0			0			0			0	
Queue Length 50th (m)		28.5			37.7			36.6			25.4	
Queue Length 95th (m)		40.3			52.2			55.8			40.8	
Internal Link Dist (m)		199.0			239.0			446.0			291.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		1731			1740			767			825	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.39			0.48			0.73			0.58	

Intersection Summary			
Area Type:	Other		
Cycle Length: 75			
Actuated Cycle Length: 75			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL, Start of Green			
Natural Cycle: 75			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 0.73			
Intersection Signal Delay: 16.9		Intersection LOS: B	
Intersection Capacity Utilization 83.8%		ICU Level of Service E	
Analysis Period (min) 15			

Splits and Phases: 14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martín 11/02/2019



Lane Group	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	351	312	490	143	105	109
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00
Frt			0.966		0.931	
Flt Protected		0.974			0.976	
Satd. Flow (prot)	0	3332	3305	0	1636	0
Flt Permitted		0.562			0.976	
Satd. Flow (perm)	0	1923	3305	0	1636	0
Right Turn on Red				Yes		Yes
Satd. Flow (RTOR)			93		93	
Link Speed (k/h)		50	50		50	
Link Distance (m)		700.5	223.0		721.2	
Travel Time (s)		50.4	16.1		51.9	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	382	339	533	155	114	118
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	0	721	688	0	232	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Left	Right	Left	Right
Median Width(m)		6.2	6.2		3.3	
Link Offset(m)		0.0	0.0		0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8	4.8		4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25			15	25	15
Turn Type	Perm	NA	NA		NA	
Protected Phases		4	8		6	
Permitted Phases	4					
Minimum Split (s)	26.0	26.0	26.0		25.0	
Total Split (s)	36.0	36.0	36.0		25.0	
Total Split (%)	59.0%	59.0%	59.0%		41.0%	
Maximum Green (s)	32.0	32.0	32.0		21.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0		3.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0		1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0	
Total Lost Time (s)		4.0	4.0		4.0	
Lead/Lag						
Lead-Lag Optimize?						
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0		5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0		11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0	0		0	
Act Effct Green (s)		32.0	32.0		21.0	
Actuated g/C Ratio		0.52	0.52		0.34	
v/c Ratio		1.16dl	0.39		0.37	
Control Delay		16.0	8.1		11.0	
Queue Delay		0.0	0.0		0.0	
Total Delay		16.0	8.1		11.0	
LOS		B	A		B	
Approach Delay		16.0	8.1		11.0	
Approach LOS		B	A		B	
Stops (vph)		485	298		95	
Fuel Used(l)		63	24		19	

Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martin 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
CO Emissions (g/hr)		1169	445		343	
NOx Emissions (g/hr)		227	87		67	
VOC Emissions (g/hr)		271	103		79	
Dilemma Vehicles (#)		0	0		0	
Queue Length 50th (m)		31.0	19.5		11.5	
Queue Length 95th (m)		51.0	29.8		26.9	
Internal Link Dist (m)		676.5	199.0		697.2	
Turn Bay Length (m)						
Base Capacity (vph)		1009	1778		624	
Starvation Cap Reductn		0	0		0	
Spillback Cap Reductn		0	0		0	
Storage Cap Reductn		0	0		0	
Reduced v/c Ratio		0.71	0.39		0.37	

Intersection Summary	
Area Type:	Other
Cycle Length: 61	
Actuated Cycle Length: 61	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2: and 6:SBL, Start of Green	
Natural Cycle: 60	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.71	
Intersection Signal Delay: 12.0	Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 60.1%	ICU Level of Service B
Analysis Period (min) 15	
dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.	

Splits and Phases: 11: Av. Don Bosco & Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	68	332	231	131	277	127	351	1031	178	202	854	251
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.3	2.7	2.7	2.7	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt		0.945			0.964			0.983			0.971	
Flt Protected		0.995			0.988			0.989			0.992	
Satd. Flow (prot)	0	3217	0	0	3034	0	0	3326	0	0	3295	0
Flt Permitted		0.643			0.539			0.498			0.490	
Satd. Flow (perm)	0	2079	0	0	1655	0	0	1675	0	0	1628	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		108			39			29			61	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		531.6			700.5			851.5			596.8	
Travel Time (s)		38.3			50.4			61.3			43.0	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	74	361	251	142	301	138	382	1121	193	220	928	273
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	686	0	0	581	0	0	1696	0	0	1421	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		6.2			6.2			4.5			4.5	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.14	1.14	1.14	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		
Minimum Split (s)	21.5	21.5		21.5	21.5		21.7	21.7		21.7	21.7	
Total Split (s)	29.0	29.0		29.0	29.0		71.0	71.0		71.0	71.0	
Total Split (%)	29.0%	29.0%		29.0%	29.0%		71.0%	71.0%		71.0%	71.0%	
Maximum Green (s)	24.0	24.0		24.0	24.0		66.0	66.0		66.0	66.0	
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		5.0			5.0			5.0			5.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		24.0			24.0			66.0			66.0	
Actuated g/C Ratio		0.24			0.24			0.66			0.66	
v/c Ratio		1.18			1.46dl			2.27dl			1.88dl	
Control Delay		128.4			207.3			259.8			160.9	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		128.4			207.3			259.8			160.9	
LOS		F			F			F			F	
Approach Delay		128.4			207.3			259.8			160.9	
Approach LOS		F			F			F			F	
Stops (vph)		443			387			1099			984	

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Fuel Used(l)		112			130			463			258	
CO Emissions (g/hr)		2074			2398			8560			4773	
NOx Emissions (g/hr)		404			467			1666			929	
VOC Emissions (g/hr)		481			556			1985			1107	
Dilemma Vehicles (#)		0			0			0			0	
Queue Length 50th (m)		~79.7			~79.8			~257.3			~195.3	
Queue Length 95th (m)		#117.5			#115.5			#302.2			#239.5	
Internal Link Dist (m)		507.6			676.5			827.5			572.8	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		581			427			1115			1095	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		1.18			1.36			1.52			1.30	

Intersection Summary

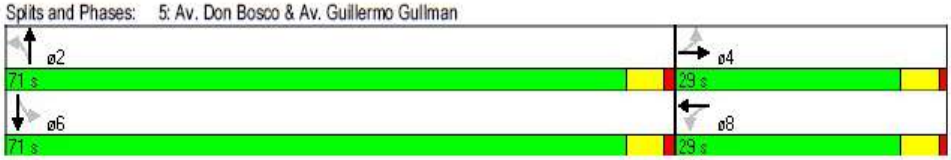
Area Type: Other
Cycle Length: 100
Actuated Cycle Length: 100
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green
Natural Cycle: 100
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 1.52
Intersection Signal Delay: 200.2 Intersection LOS: F
Intersection Capacity Utilization 132.6% ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15

~ Volume exceeds capacity, queue is theoretically infinite.
Queue shown is maximum after two cycles.

95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
Queue shown is maximum after two cycles.

dl Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman



- **Reporte de SYNCHRO de propuesta con fases de giro exclusivo**

Network Totals

Number of Intersections	8
Control Delay / Veh (s/v)	18
Queue Delay / Veh (s/v)	0
Total Delay / Veh (s/v)	18
Total Delay (hr)	75
Stops / Veh	0.63
Stops (#)	9465
Average Speed (km/hr	33
Total Travel Time (hr)	217
Distance Traveled (km)	7125
Fuel Consumed (l)	1096
Fuel Economy (km/l)	6.5
CO Emissions (kg)	20.38
NOx Emissions (kg)	3.93
VOC Emissions (kg)	4.70
Unserved Vehicles (#)	9
Vehicles in dilemma zone (#)	0
Performance Index	101.0

Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	264	337	36	151	391	79	92	103	53	60	149	203
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Storage Length (m)	0.0		30.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		0	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Frt		0.992			0.981			0.971			0.926	
Flt Protected		0.980			0.988			0.982			0.993	
Satd. Flow (prot)	0	3326	0	0	3316	0	0	1717	0	0	3146	0
Flt Permitted		0.455			0.455			0.000			0.455	
Satd. Flow (perm)	0	1544	0	0	1527	0	0	0	0	0	1441	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		12			31			27			221	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		111.0			97.8			308.6			376.7	
Travel Time (s)		8.0			7.0			22.2			27.1	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	287	366	39	164	425	86	100	112	58	65	162	221
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	692	0	0	675	0	0	270	0	0	448	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		2.0			2.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Prot	NA		Prot	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases	7!	4		3!	8			2			6	
Permitted Phases		8!			4!		2	6		6	2	
Minimum Split (s)	8.0	21.5		8.0	21.5		21.7	21.7		21.7	21.7	
Total Split (s)	8.0	23.0		8.0	23.0		24.0	24.0		24.0	24.0	
Total Split (%)	14.5%	41.8%		14.5%	41.8%		43.6%	43.6%		43.6%	43.6%	
Maximum Green (s)	5.0	18.0		5.0	18.0		19.0	19.0		19.0	19.0	
Yellow Time (s)	3.0	4.0		3.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
All-Red Time (s)	0.0	1.0		0.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		5.0			5.0			5.0			5.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag							
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes							
Walk Time (s)		5.0			5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0			11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0			0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		18.0			18.0			19.0			19.0	
Actuated g/C Ratio		0.33			0.33			0.35			0.35	
v/c Ratio		0.63			0.61			0.44			0.36	
Control Delay		18.5			17.6			15.2			7.6	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		18.5			17.6			15.2			7.6	
LOS		B			B			B			A	
Approach Delay		18.5			17.6			15.2			7.6	

Lanes, Volumes, Timings
16: Av. Loreto

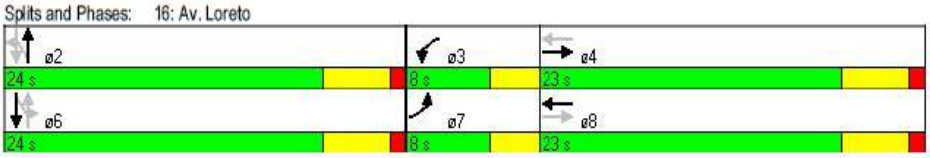
11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach LOS		B			B			B			A	
Stops (vph)		503			472			165			145	
Fuel Used(l)		27			25			14			20	
CO Emissions (g/hr)		501			458			257			377	
NOx Emissions (g/hr)		97			89			50			73	
VOC Emissions (g/hr)		116			106			60			87	
Dilemma Vehicles (#)		0			0			0			0	
Queue Length 50th (m)		31.0			29.1			18.9			8.5	
Queue Length 95th (m)		46.7			44.2			36.6			17.7	
Internal Link Dist (m)		87.0			73.8			284.6			352.7	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		1097			1106			611			1231	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.63			0.61			0.44			0.36	

Intersection Summary			
Area Type:	Other		
Cycle Length: 55			
Actuated Cycle Length: 55			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBSB and 6:NBSB, Start of Green			
Natural Cycle: 55			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 0.63			
Intersection Signal Delay: 15.4		Intersection LOS: B	
Intersection Capacity Utilization 78.6%		ICU Level of Service D	
Analysis Period (min) 15			

! Phase conflict between lane groups.

Splits and Phases: 16: Av. Loreto



Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	268	302	46	171	502	101	185	278	54	92	235	111
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		0	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt		0.989			0.980			0.984			0.962	
Flt Protected		0.979			0.989			0.982			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	3313	0	0	3316	0	0	3306	0	0	3258	0
Flt Permitted		0.455			0.455			0.455			0.455	
Satd. Flow (perm)	0	1540	0	0	1526	0	0	1532	0	0	1498	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		14			28			15			56	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		223.0			263.0			470.0			315.4	
Travel Time (s)		16.1			18.9			33.8			22.7	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	291	328	50	186	546	110	201	302	59	100	255	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	669	0	0	842	0	0	562	0	0	476	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		2.0			3.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		2.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Prot	NA		Prot	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases	7!	4		3!	8			2			6	
Permitted Phases		8!			4!		2	6		6	2	
Minimum Split (s)	9.0	44.0		8.0	44.0		28.0	28.0		28.0	28.0	
Total Split (s)	9.0	47.0		9.0	47.0		30.0	30.0		30.0	30.0	
Total Split (%)	10.5%	54.7%		10.5%	54.7%		34.9%	34.9%		34.9%	34.9%	
Maximum Green (s)	6.0	43.0		6.0	43.0		26.0	26.0		26.0	26.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	0.0	1.0		0.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			4.0			4.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag							
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes							
Walk Time (s)		5.0			5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0			11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0			0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		43.0			43.0			26.0			26.0	
Actuated g/C Ratio		0.50			0.50			0.30			0.30	
v/c Ratio		0.40			0.50			0.56			0.46	
Control Delay		14.1			15.1			27.0			23.1	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		14.1			15.1			27.0			23.1	
LOS		B			B			C			C	
Approach Delay		14.1			15.1			27.0			23.1	

Lanes, Volumes, Timings
14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing 11/02/2019

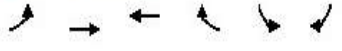
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach LOS		B			B			C			C	
Stops (vph)		357			476			408			303	
Fuel Used(l)		28			39			43			47	
CO Emissions (g/hr)		512			723			795			864	
NOx Emissions (g/hr)		100			141			155			168	
VOC Emissions (g/hr)		119			168			184			200	
Dilemma Vehicles (#)		0			0			0			0	
Queue Length 50th (m)		35.4			47.0			41.5			30.6	
Queue Length 95th (m)		48.5			63.2			58.1			45.2	
Internal Link Dist (m)		199.0			239.0			446.0			291.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		1664			1672			1010			1024	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.40			0.50			0.56			0.46	

Intersection Summary			
Area Type:	Other		
Cycle Length: 86			
Actuated Cycle Length: 86			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBSB and 6:NBSB, Start of Green			
Natural Cycle: 85			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 0.56			
Intersection Signal Delay: 18.9		Intersection LOS: B	
Intersection Capacity Utilization 80.5%		ICU Level of Service D	
Analysis Period (min) 15			

! Phase conflict between lane groups.

Splits and Phases: 14: Av. Don Bosco & Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martín 11/02/2019



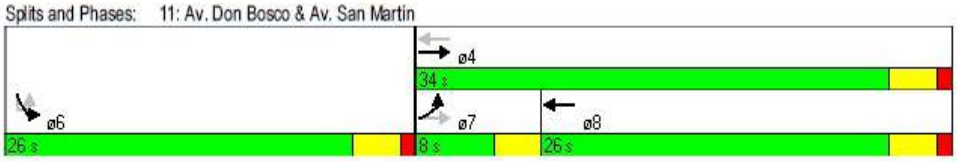
Lane Group	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	351	312	490	143	105	109
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00
Frt			0.966		0.931	
Flt Protected		0.974			0.976	
Satd. Flow (prot)	0	3332	3305	0	1636	0
Flt Permitted		0.455			0.976	
Satd. Flow (perm)	0	1557	3305	0	1636	0
Right Turn on Red				Yes		Yes
Satd. Flow (RTOR)			90		98	
Link Speed (k/h)		50	50		50	
Link Distance (m)		700.5	223.0		721.2	
Travel Time (s)		50.4	16.1		51.9	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	382	339	533	155	114	118
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	0	721	688	0	232	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Left	Right	Left	Right
Median Width(m)		6.2	6.2		3.3	
Link Offset(m)		0.0	0.0		0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8	4.8		4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25			15	25	15
Turn Type	Prot	NA	NA		NA	
Protected Phases	7!	4	8		6	
Permitted Phases		7	4!			
Minimum Split (s)	8.0	26.0	26.0		25.0	
Total Split (s)	8.0	34.0	26.0		26.0	
Total Split (%)	13.3%	56.7%	43.3%		43.3%	
Maximum Green (s)	5.0	30.0	22.0		22.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0		3.0	
All-Red Time (s)	0.0	1.0	1.0		1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0	
Total Lost Time (s)		4.0	4.0		4.0	
Lead/Lag	Lead		Lag			
Lead-Lag Optimize?	Yes		Yes			
Walk Time (s)		5.0	5.0		5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0	11.0		11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0	0		0	
Act Effct Green (s)		30.0	30.0		22.0	
Actuated g/C Ratio		0.50	0.50		0.37	
v/c Ratio		0.43	0.41		0.35	
Control Delay		10.6	8.9		9.7	
Queue Delay		0.0	0.0		0.0	
Total Delay		10.6	8.9		9.7	
LOS		B	A		A	
Approach Delay		10.6	8.9		9.7	
Approach LOS		B	A		A	
Stops (vph)		391	317		87	
Fuel Used(l)		58	25		18	

Lanes, Volumes, Timings
11: Av. Don Bosco & Av. San Martín 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
CO Emissions (g/hr)		1078	460		336	
NOx Emissions (g/hr)		210	89		65	
VOC Emissions (g/hr)		250	107		78	
Dilemma Vehicles (#)		0	0		0	
Queue Length 50th (m)		25.8	20.5		10.4	
Queue Length 95th (m)		37.6	31.4		24.8	
Internal Link Dist (m)		676.5	199.0		697.2	
Turn Bay Length (m)						
Base Capacity (vph)		1666	1698		662	
Starvation Cap Reductn		0	0		0	
Spillback Cap Reductn		0	0		0	
Storage Cap Reductn		0	0		0	
Reduced v/c Ratio		0.43	0.41		0.35	

Intersection Summary	
Area Type:	Other
Cycle Length: 60	
Actuated Cycle Length: 60	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2: and 6:SBL, Start of Green	
Natural Cycle: 60	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.43	
Intersection Signal Delay: 9.8	Intersection LOS: A
Intersection Capacity Utilization 60.1%	ICU Level of Service B
Analysis Period (min) 15	
! Phase conflict between lane groups.	

Splits and Phases: 11: Av. Don Bosco & Av. San Martín



Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	68	332	231	131	277	127	351	1031	178	202	854	251
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.3	2.7	2.7	2.7	2.4	3.3	3.3	3.0	3.3	3.3
Storage Length (m)	0.0		35.0	25.0		0.0	50.0		0.0	50.0		0.0
Storage Lanes	0		1	1		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95
Frt			0.850		0.953			0.978			0.966	
Flt Protected		0.992		0.950			0.950			0.950		
Satd. Flow (prot)	0	3394	1531	1593	3036	0	1534	3346	0	1652	3305	0
Flt Permitted		0.455		0.352			0.111			0.111		
Satd. Flow (perm)	0	1557	1531	590	3036	0	179	3346	0	193	3305	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)			251		81			28			56	
Link Speed (k/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		531.6			700.5			851.5			596.8	
Travel Time (s)		38.3			50.4			61.3			43.0	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	74	361	251	142	301	138	382	1121	193	220	928	273
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	435	251	142	439	0	382	1314	0	220	1201	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		6.2			6.0			3.0			4.5	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.14	1.14	1.14	1.20	1.04	1.04	1.09	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA	Perm	Perm	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases		4			8		5	2		1	6	
Permitted Phases	4	8	4	8	4		2	2		6	6	
Minimum Split (s)	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0		22.0	40.0		22.0	40.0	
Total Split (s)	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0		22.0	40.0		22.0	40.0	
Total Split (%)	27.1%	27.1%	27.1%	27.1%	27.1%		25.9%	47.1%		25.9%	47.1%	
Maximum Green (s)	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0		19.0	36.0		19.0	36.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		0.0	1.0		0.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Total Lost Time (s)		4.0	4.0	4.0	4.0		3.0	4.0		3.0	4.0	
Lead/Lag							Lead	Lag		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?							Yes	Yes		Yes	Yes	
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0	0	0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		19.0	19.0	19.0	19.0		56.0	36.0		56.0	36.0	
Actuated g/C Ratio		0.22	0.22	0.22	0.22		0.66	0.42		0.66	0.42	
v/c Ratio		0.57	0.47	1.08	0.59		0.91	0.92		0.49	0.84	
Control Delay		32.9	7.1	136.2	27.6		49.2	34.3		15.7	27.5	
Queue Delay		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Total Delay		32.9	7.1	136.2	27.6		49.2	34.3		15.7	27.5	
LOS		C	A	F	C		D	C		B	C	

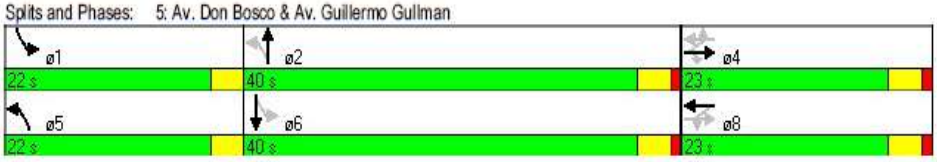
Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 11/02/2019

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		23.4			54.2			37.7			25.7	
Approach LOS		C			D			D			C	
Stops (vph)		346	30	101	289		229	1027		97	903	
Fuel Used(l)		43	17	25	42		47	153		16	106	
CO Emissions (g/hr)		798	305	457	776		866	2826		297	1966	
NOx Emissions (g/hr)		155	59	89	151		169	550		58	383	
VOC Emissions (g/hr)		185	71	106	180		201	655		69	456	
Dilemma Vehicles (#)		0	0	0	0		0	0		0	0	
Queue Length 50th (m)		35.0	0.0	~27.4	28.6		48.2	106.3		15.6	89.8	
Queue Length 95th (m)		50.3	18.7	#63.8	44.4		#102.1	#153.4		37.4	119.0	
Internal Link Dist (m)		507.6			676.5			827.5			572.8	
Turn Bay Length (m)			35.0	25.0			50.0			50.0		
Base Capacity (vph)		759	537	132	742		421	1433		453	1432	
Starvation Cap Reductn		0	0	0	0		0	0		0	0	
Spillback Cap Reductn		0	0	0	0		0	0		0	0	
Storage Cap Reductn		0	0	0	0		0	0		0	0	
Reduced v/c Ratio		0.57	0.47	1.08	0.59		0.91	0.92		0.49	0.84	

Intersection Summary

Area Type: Other
Cycle Length: 85
Actuated Cycle Length: 85
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL, Start of Green
Natural Cycle: 85
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 1.08
Intersection Signal Delay: 33.7 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 89.0% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
~ Volume exceeds capacity, queue is theoretically infinite.
Queue shown is maximum after two cycles.
95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
Queue shown is maximum after two cycles.

Splits and Phases: 5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman



- **Reporte de SYNCHRO de propuesta con CFI parcial en Av. Don Bosco**

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	EBT	EBR2	WBT	WBR2	NBL2	SBL2	NEL2	NET	NER2	SWL2	SWL	SWT
Lane Configurations												
Volume (vph)	332	231	277	127	131	68	351	1031	178	202	0	854
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Storage Length (m)											50.0	
Storage Lanes											1	
Taper Length (m)											7.5	
Lane Util. Factor	0.95	1.00	0.95	0.95	0.97	0.97	1.00	0.95	0.95	0.95	1.00	0.95
Frt		0.850	0.953					0.978				
Flt Protected					0.950	0.950	0.950				0.950	
Satd. Flow (prot)	3421	1531	3260	0	3319	3319	1534	3346	0	0	1711	3421
Flt Permitted					0.950	0.950	0.266				0.145	
Satd. Flow (perm)	3421	1531	3260	0	3319	3319	429	3346	0	0	261	3421
Right Turn on Red		Yes		Yes					Yes			
Satd. Flow (RTOR)		251	91					58				
Link Speed (k/h)	50		50					50				50
Link Distance (m)	251.0		189.9					851.5				596.8
Travel Time (s)	18.1		13.7					61.3				43.0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	361	251	301	138	142	74	382	1121	193	220	0	928
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	361	251	439	0	142	74	382	1314	0	0	220	928
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Right	Left	Left	Left	Left	Right	Left	Left	Left
Median Width(m)	1.0		1.0					4.0				4.0
Link Offset(m)	0.0		0.0					0.0				0.0
Crosswalk Width(m)	4.8		4.8					4.8				4.8
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.20	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)		15		15	25	25	25		15	25	25	
Turn Type	NA	Free	NA		Prot	Prot	Perm	NA		Perm	Perm	NA
Protected Phases	1		1		1	1		2				2
Permitted Phases		Free	1				2	2		2	2	2
Minimum Split (s)	8.0		8.0		8.0	8.0	40.0	40.0		40.0	40.0	40.0
Total Split (s)	20.0		20.0		20.0	20.0	40.0	40.0		40.0	40.0	40.0
Total Split (%)	33.3%		33.3%		33.3%	33.3%	66.7%	66.7%		66.7%	66.7%	66.7%
Maximum Green (s)	16.0		16.0		16.0	16.0	36.0	36.0		36.0	36.0	36.0
Yellow Time (s)	3.5		3.5		3.5	3.5	3.0	3.0		3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	0.5		0.5		0.5	0.5	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0
Total Lost Time (s)	4.0		4.0		4.0	4.0	4.0	4.0			4.0	4.0
Lead/Lag	Lead		Lead		Lead	Lead	Lag	Lag		Lag	Lag	Lag
Lead-Lag Optimize?	Yes		Yes		Yes	Yes	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes
Walk Time (s)							5.0	5.0		5.0	5.0	5.0
Flash Dont Walk (s)							11.0	11.0		11.0	11.0	11.0
Pedestrian Calls (#/hr)							0	0		0	0	0
Act Effct Green (s)	16.0	60.0	16.0		16.0	16.0	36.0	36.0			36.0	36.0
Actuated g/C Ratio	0.27	1.00	0.27		0.27	0.27	0.60	0.60			0.60	0.60
v/c Ratio	0.40	0.16	0.47		0.16	0.08	1.49	0.65			1.40	0.45
Control Delay	19.6	0.2	16.4		17.5	16.9	258.1	9.3			235.1	7.5
Queue Delay	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0
Total Delay	19.6	0.2	16.4		17.5	16.9	258.1	9.3			235.1	7.5
LOS	B	A	B		B	B	F	A			F	A

Av. Don Bosco 23/10/2018 Baseline Synchro 8 Report
Page 1

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	SWR	SWR2
Lane Configurations		
Volume (vph)	0	251
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900
Lane Width (m)	3.3	3.3
Storage Length (m)	50.0	
Storage Lanes	1	
Taper Length (m)		
Lane Util. Factor	1.00	0.95
Frt	0.850	
Flt Protected		
Satd. Flow (prot)	1531	0
Flt Permitted		
Satd. Flow (perm)	1531	0
Right Turn on Red		Yes
Satd. Flow (RTOR)	1091	
Link Speed (k/h)		
Link Distance (m)		
Travel Time (s)		
Peak Hour Factor	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	0	273
Shared Lane Traffic (%)		
Lane Group Flow (vph)	273	0
Enter Blocked Intersection	No	No
Lane Alignment	Right	Right
Median Width(m)		
Link Offset(m)		
Crosswalk Width(m)		
Two way Left Turn Lane		
Headway Factor	1.04	1.04
Turning Speed (k/h)	15	15
Turn Type	Perm	
Protected Phases		
Permitted Phases	2	
Minimum Split (s)	40.0	
Total Split (s)	40.0	
Total Split (%)	66.7%	
Maximum Green (s)	36.0	
Yellow Time (s)	3.0	
All-Red Time (s)	1.0	
Lost Time Adjust (s)	0.0	
Total Lost Time (s)	4.0	
Lead/Lag	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	
Walk Time (s)	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	
Act Effct Green (s)	36.0	
Actuated g/C Ratio	0.60	
v/c Ratio	0.20	
Control Delay	0.3	
Queue Delay	0.0	
Total Delay	0.3	
LOS	A	

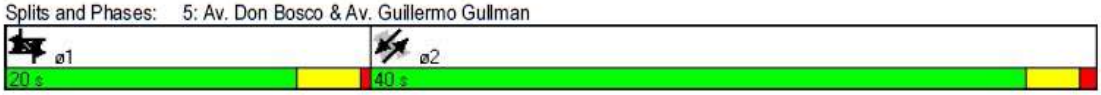
Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	EBT	EBR2	WBT	WBR2	NBL2	SBL2	NEL2	NET	NER2	SWL2	SWL	SWT
Approach Delay	11.7		16.4					65.3				41.3
Approach LOS	B		B					E				D
Stops (vph)	258	0	257		95	49	252	692			141	424
Fuel Used(l)	19	6	18		7	4	104	122			51	63
CO Emissions (g/hr)	346	103	336		121	69	1919	2257			946	1162
NOx Emissions (g/hr)	67	20	65		24	14	374	439			184	226
VOC Emissions (g/hr)	80	24	78		28	16	445	523			219	270
Dilemma Vehicles (#)	0	0	0		0	0	0	0			0	0
Queue Length 50th (m)	17.9	0.0	17.3		6.4	3.2	~63.1	43.0			~35.3	26.8
Queue Length 95th (m)	28.7	0.0	29.3		12.5	7.6	#81.6	61.4			#55.4	38.1
Internal Link Dist (m)	227.0		165.9					827.5				572.8
Turn Bay Length (m)		50.0					50.0				50.0	
Base Capacity (vph)	912	1531	936		885	885	257	2031			157	2053
Starvation Cap Reductn	0	0	0		0	0	0	0			0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0		0	0	0	0			0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0		0	0	0	0			0	0
Reduced v/c Ratio	0.40	0.16	0.47		0.16	0.08	1.49	0.65			1.40	0.45

Intersection Summary

Area Type: Other
Cycle Length: 60
Actuated Cycle Length: 60
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NESW, Start of Green
Natural Cycle: 90
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 1.49
Intersection Signal Delay: 42.8 Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 74.2% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
~ Volume exceeds capacity, queue is theoretically infinite.
Queue shown is maximum after two cycles.
95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
Queue shown is maximum after two cycles.

Splits and Phases: 5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman



Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	SWR	SWR2
Approach Delay		
Approach LOS		
Stops (vph)	0	
Fuel Used(l)	14	
CO Emissions (g/hr)	264	
NOx Emissions (g/hr)	51	
VOC Emissions (g/hr)	61	
Dilemma Vehicles (#)	0	
Queue Length 50th (m)	0.0	
Queue Length 95th (m)	0.0	
Internal Link Dist (m)		
Turn Bay Length (m)	50.0	
Base Capacity (vph)	1355	
Starvation Cap Reductn	0	
Spillback Cap Reductn	0	
Storage Cap Reductn	0	
Reduced v/c Ratio	0.20	

Intersection Summary

Reporte de SYNCHRO de propuesta con CFI parcial en Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	EBL2	WBL2	NBT	NBR2	SBT	SBR2	SEL2	SET	SER2	NWL2	NWT	NWR2
Lane Configurations												
Volume (vph)	351	202	1031	178	854	251	68	332	200	131	277	127
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.6	3.6	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.7	2.7	3.3
Storage Length (m)												
Storage Lanes												
Taper Length (m)												
Lane Util. Factor	0.97	0.97	0.95	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00
Frt				0.850		0.850			0.850			0.850
Flt Protected	0.950	0.950					0.950			0.950		
Satd. Flow (prot)	3319	3319	3539	1583	3421	1531	1711	3421	1531	1593	3185	1531
Flt Permitted	0.950	0.950					0.400			0.329		
Satd. Flow (perm)	3319	3319	3539	1583	3421	1531	720	3421	1531	552	3185	1531
Right Turn on Red				Yes		Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)				191		141			415			264
Link Speed (k/h)			50		50			50			50	
Link Distance (m)			264.3		221.4			531.6			700.5	
Travel Time (s)			19.0		15.9			38.3			50.4	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%	191%
Adj. Flow (vph)	729	419	2140	370	1773	521	141	689	415	272	575	264
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	729	419	2140	370	1773	521	141	689	415	272	575	264
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Left	Right	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)			6.6		6.5			7.0			5.0	
Link Offset(m)			0.0		0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)			4.8		4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.04	1.04	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.14	1.14	1.04
Turning Speed (k/h)	25	25		15		15	25		15	25		15
Number of Detectors	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Detector Template	Left	Left	Thru	Right	Thru	Right	Left	Thru	Right	Left	Thru	Right
Leading Detector (m)	2.0	2.0	30.0	2.0	30.0	2.0	2.0	30.0	2.0	2.0	30.0	2.0
Trailing Detector (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detector 1 Position(m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detector 1 Size(m)	2.0	2.0	0.6	2.0	0.6	2.0	2.0	0.6	2.0	2.0	0.6	2.0
Detector 1 Type	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex	Cl+Ex
Detector 1 Channel												
Detector 1 Extend (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detector 1 Queue (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detector 1 Delay (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detector 2 Position(m)			28.2		28.2			28.2			28.2	
Detector 2 Size(m)			0.6		0.6			0.6			0.6	
Detector 2 Type			Cl+Ex		Cl+Ex			Cl+Ex			Cl+Ex	
Detector 2 Channel												
Detector 2 Extend (s)			0.0		0.0			0.0			0.0	
Turn Type	custom	custom	NA	Free	NA	Free	Perm	NA	Free	Perm	NA	Free
Protected Phases	7		7		7			2			6!	
Permitted Phases	7	6!	7	Free	7	Free	2		Free	6!		Free
Detector Phase	7	6	7		7		2	2		6	6	
Switch Phase												
Minimum Initial (s)	4.0	15.5	4.0		4.0		15.5	15.5		15.5	15.5	

Av. Don Bosco 23/10/2018 Baseline Synchro 8 Report
Page 1

Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman 18/12/2018

Lane Group	EBL2	WBL2	NBT	NBR2	SBT	SBR2	SEL2	SET	SER2	NWL2	NWT	NWR2
Minimum Split (s)	20.0	22.0	20.0		20.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	23.0	22.0	23.0		23.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (%)	51.1%	48.9%	51.1%		51.1%		48.9%	48.9%		48.9%	48.9%	
Maximum Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0		3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	0.5	1.0	0.5		0.5		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Total Lost Time (s)	3.5	4.0	3.5		3.5		4.0	4.0		4.0	4.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Vehicle Extension (s)	3.0	3.0	3.0		3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Recall Mode	C-Max	None	C-Max		C-Max		None	None		None	None	
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0		5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0		11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0	0		0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)	19.5	18.0	19.5	45.0	19.5	45.0	18.0	18.0	45.0	18.0	18.0	45.0
Actuated g/C Ratio	0.43	0.40	0.43	1.00	0.43	1.00	0.40	0.40	1.00	0.40	0.40	1.00
v/c Ratio	0.51	0.32	1.40	0.23	1.20	0.34	0.49	0.50	0.27	1.23	0.45	0.17
Control Delay	10.8	10.1	200.6	0.3	113.1	0.6	17.3	11.7	0.4	159.1	11.3	0.2
Queue Delay	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Delay	10.8	10.1	200.6	0.3	113.1	0.6	17.3	11.7	0.4	159.1	11.3	0.2
LOS	B	B	F	A	F	A	B	B	A	F	B	A
Approach Delay			171.0		87.5			8.6			44.9	
Approach LOS			F		F			A			D	
90th %ile Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
90th %ile Term Code	Coord	Max	Coord		Coord		Max	Max		Max	Max	
70th %ile Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
70th %ile Term Code	Coord	Max	Coord		Coord		Max	Max		Max	Max	
50th %ile Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
50th %ile Term Code	Coord	Max	Coord		Coord		Hold	Hold		Max	Max	
30th %ile Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
30th %ile Term Code	Coord	Max	Coord		Coord		Hold	Hold		Max	Max	
10th %ile Green (s)	19.5	18.0	19.5		19.5		18.0	18.0		18.0	18.0	
10th %ile Term Code	Coord	Max	Coord		Coord		Hold	Hold		Max	Max	
Stops (vph)	446	241	1622	0	1319	0	100	438	0	184	356	0
Fuel Used(l)	35	18	390	9	206	10	12	56	24	51	48	16
CO Emissions (g/hr)	640	335	7209	160	3807	191	225	1028	448	950	884	300
NOx Emissions (g/hr)	125	65	1403	31	741	37	44	200	87	185	172	58
VOC Emissions (g/hr)	148	78	1672	37	883	44	52	238	104	220	205	70
Dilemma Vehicles (#)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Queue Length 50th (m)	20.8	11.5	~131.8	0.0	~99.0	0.0	8.2	21.2	0.0	~29.5	17.2	0.0
Queue Length 95th (m)	32.6	19.4	#170.1	0.0	#135.6	0.0	22.0	33.2	0.0	#64.5	27.7	0.0
Internal Link Dist (m)			240.3		197.4			507.6			676.5	
Turn Bay Length (m)				50.0		50.0	50.0		50.0	50.0		50.0
Base Capacity (vph)	1438	1328	1534	1583	1482	1531	288	1368	1531	221	1274	1531
Starvation Cap Reductn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.51	0.32	1.40	0.23	1.20	0.34	0.49	0.50	0.27	1.23	0.45	0.17

Intersection Summary	
Area Type:	Other

Cycle Length: 45

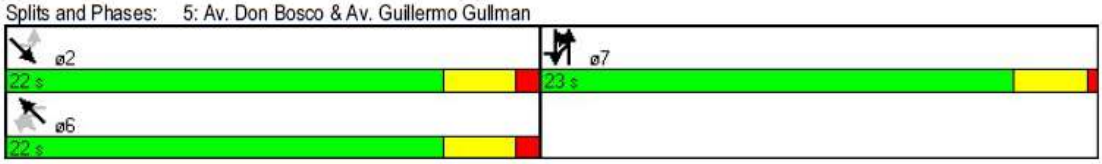
Lanes, Volumes, Timings
5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman

18/12/2018

Actuated Cycle Length: 45	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 7:NBSB, Start of Green	
Natural Cycle: 80	
Control Type: Actuated-Coordinated	
Maximum v/c Ratio: 1.40	
Intersection Signal Delay: 84.6	Intersection LOS: F
Intersection Capacity Utilization 118.3%	ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15	

~ Volume exceeds capacity, queue is theoretically infinite.
Queue shown is maximum after two cycles.

95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.
Queue shown is maximum after two cycles.

! Phase conflict between lane groups.

Splits and Phases: 5: Av. Don Bosco & Av. Guillermo Gullman