FACULTAD DE INGENIERÍA

Optimización y sincronización de semáforos de la Av. Grau entre los tramos de la Av. Sullana y la Av. Gullman en la provincia de Piura

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Ernesto Alonso Zevallos Silva
William Eduardo Guzmán Custodio

Asesor(es):
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas

Piura, setiembre de 2022

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

A Dios, por darnos la sabiduría y ser nuestra fortaleza

A nuestros padres con mucho amor por su constante apoyo,

son el motivo de cada logro en nuestras vidas.

A nuestros hermanos por su apoyo y palabras de cariño

A todos los familiares y amigos que nos ayudaron en este proyecto.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Resumen

Hoy existe un problema constante que cada día incrementa en la ciudad de Piura, nos referimos a la congestión vehicular producto de un creciente parque automotor, una mala planificación urbana y un sistema deficiente de semáforos. Esta problemática afecta a una de las principales avenidas de la ciudad de Piura como es la Av. Miguel Grau, la cual concentra un intenso flujo vehicular por ello su capacidad y niveles de servicio van disminuyendo generando dificultades para los vehículos que se desplazan por esta avenida.

Este trabajo de tesis presenta y evalúa diferentes propuestas de solución bajo diferentes escenarios para las intersecciones semaforizadas que se encuentran entre la Av. Sullana y la Av. Gullman, empleando la metodología HCM 2010 y el programa Synchro 8.0. Dentro de las alternativas presentadas la sincronización de dispositivos de control en ambos sentidos de la avenida es la que brinda mejores resultados tanto para el tráfico vehicular actual como para el anillo vial que restringe la circulación de mototaxis en el tramo de estudio.

Finalmente, teniendo en cuenta el crecimiento vehicular en el futuro se ha evaluado el comportamiento de las condiciones de servicio para cada alternativa propuesta y la factibilidad de implementar un sistema alternativo de transporte como es la ciclovía.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Tabla de contenido

Introducción **21**
Capítulo 1. Marco teórico **23**
1.1 Teoría del flujo vehicular *23*
1.1.1. Variables explicadas matemáticamente *23*
1.1.2 Variables relacionadas con la Velocidad *24*
1.1.3 Variables relacionadas con la Densidad *26*
1.1.4 Relación entre el flujo, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento *28*
1.2 Clasificación vehicular *29*
1.3 Clasificación del Sistema Vial Urbano *30*
1.3.1 Criterios de Clasificación *30*
1.3.2 Clasificación de Vías Urbanas *30*
1.4 Características del tránsito *33*
1.5 Gestión de Seguridad Vial *34*
1.5.1 Límites y controles de velocidad *35*
1.5.2 Control de Intersecciones *36*
1.6 Semaforización *36*
1.6.1. Clasificación de los semáforos *36*
1.6.2 Conceptos básicos de semaforización *37*
1.6.3 Cálculo de los tiempos del semáforo *37*
1.7 Conceptos de capacidad y niveles de servicio *44*
1.7.1 Capacidad *44*
1.7.2 Nivel de Servicio *45*
1.8 Metodología Highway Capacity Manual 2010 para análisis de capacidad y niveles de servicio *45*
1.8.1 Paso 1: Determinar el grupo de movimientos y grupo de carriles *46*
1.8.2 Paso 2: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimiento *47*
1.8.3 Paso 3: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles *48*
1.8.4 Paso 4: Determinar los ajustes de la tasa de flujo de saturación *48*

1.8.5 Paso 5: Determinar la proporción que llega durante el verde 51

1.8.6 Paso 6: Determinar los intervalos de fase semafórica 51

1.8.7 Paso 7: Determinar la capacidad y grado de saturación 53

1.8.8 Paso 8: Determinar las demoras 54

1.8.9 Determinar los niveles de servicio 57

Capítulo 2. Situación actual de la avenida Miguel Grau 61

2.1. Información de la zona de estudio 61

2.1.1. Ubicación y área de la red vial 61

2.1.2. Datos generales del tramo vial 63

2.1.3. Tipología vehicular de la zona de estudio 64

2.2 Recolección de datos 71

2.2.1. Geometría del Tramo de estudio 71

2.2.2 Semaforización 73

2.2.3. Toma de datos 78

2.3. Procesamiento de datos 89

2.3.1. Cálculo de variables fundamentales del flujo vehicular 89

2.3.2 Análisis de capacidad y niveles de servicio 97

2.3.3. Análisis de red actual con Synchro 8.0 102

Capítulo 3. Propuestas de optimización de la red semafórica con Synchro 8.0 135

3.1. Intersección con Av. Sullana 135

3.1.1. Determinación del tiempo de despeje 135

3.1.2. Primera propuesta: Redistribución de los intervalos de verde en el ciclo actual. 136

3.1.3. Segunda propuesta: Giro exclusivo con giro a la izquierda en acceso crítico 137

3.1.4. Tercera propuesta: Implementación de 3 carriles en el acceso sur. 140

3.2. Intersección con Av. Richard Cushing. 140

3.2.1. Determinación del tiempo de despeje 143

3.2.2. Primera propuesta: Implementación de nuevo ciclo semafórico. 144

3.2.3. Segunda propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis. 145

3.3. Intersección con Av. San Martin. 147

3.3.1. Determinación del tiempo de despeje 147

3.3.2. Primera propuesta: Incorporación de nuevo carril en acceso norte 148

3.3.3. Segunda propuesta: Giro exclusivo a la izquierda en acceso este. 151

3.3.4. Tercera propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis. 154

3.4. Intersección con Jr. Tonsman. 156

3.4.1. Determinación del tiempo de despeje 156

3.4.2. Primera propuesta: Implementación de nuevo ciclo semafórico. 157

3.4.3. Segunda propuesta: Giros exclusivos hacia la izquierda en accesos de Av. Miguel Grau 159

3.4.4. Tercera propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis. 163

3.5. Intersección con Av. Gullman 164

3.5.1. Determinación del tiempo de despeje 164

3.5.2. Primera propuesta: Implementación de nuevas fases y cambio geométrico. 165

3.5.3. Segunda propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis. 172

3.6 Sincronización de la red semafórica 174

3.6.1. Primer escenario: Sincronización semafórica empleando el tráfico actual. . 175

3.6.2. Segundo escenario:Sincronización semafórica empleando la ordenanza del anillo vial para mototaxis. 188

Capítulo 4. Análisis de propuestas y resultados 203

4.1. Análisis de resultados 203

4.1.1. Evaluación de la metodología HCM 2010 y Synchro 8.0 203

4.1.2. Propuestas de mejora con volúmenes actuales. 207

4.1.3. Análisis de propuestas de mejora con sincronización semafórica 216

4.1.4. Análisis de escenarios futuros con incremento vehicular 223

Capítulo 5. Ciclovía en Av. Miguel Grau 233

5.1. Propuesta técnica con ciclovía. 233

5.1.1 Evaluación de ciclovía con Synchro 8.0. 243

Conclusiones *257*

Recomendaciones *259*

Referencias bibliográficas 261

Apéndices 265

Apéndice A. Aforo vehicular *267*

Apéndice B. Cálculos HCM 2010 ..... *283*

Apéndice C. Cálculos de factores hora pico *303*

Apéndice D. Reportes Synchro *307*

Reporte de la situación actual *307*

Reporte para Alternativa 1 ..... *317*

Reporte para Alternativa 2 ..... *327*

Reporte sincronización con volumen actual *343*

Reporte sincronización con anillo vial *363*

Anexos **383**

Anexo A *385*

Lista de Tablas

Tabla 1 Clasificación vehicular 29
Tabla 2 Relación entre las categorías de vías urbanas y los parámetros de diseño. 31
Tabla 3 Capacidad en condiciones ideales 44
Tabla 4 Capacidad de carreteras en dos carriles 44
Tabla 5 Grupo de carriles más comunes 47
Tabla 6 Factores de ajuste la tasa del flujo de saturación 49
Tabla 7 Criterio para la determinación del nivel de servicio 58
Tabla 8 Dimensiones geométricas de la zona de estudio 73
Tabla 9 Estado actual de la red de semáforos de la ciudad de Piura 73
Tabla 10 Ciclo semafórico Av. Miguel Grau -Av. Sullana 74
Tabla 11 Ciclo semafórico Av. Miguel Grau - Av. Richard Cushing 75
Tabla 12 Ciclo semafórico Av. Miguel Grau - Av. San Martin 76
Tabla 13 Ciclo semafórico Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman 77
Tabla 14 Ciclo semafórico Av. Miguel Grau- Av. Gullman 78
Tabla 15 Horario de toma de datos 80
Tabla 16 Unidades vehiculares equivalentes 83
Tabla 17 Aforo vehicular en la intersección con Av. Gullman 83
Tabla 18 Aforo peatonal en el tramo de estudio 84
Tabla 19 Resumen de datos para el tramo de ida 90
Tabla 20 Resumen de datos para el tramo de vuelta 91
Tabla 21 Valores del modelo de Greenshields 93
Tabla 22 Niveles de servicio para tramo de ida 97
Tabla 23 Niveles de servicio para tramo de vuelta 97
Tabla 24 Ajuste de volumen 98
Tabla 25 Ajuste de flujo de saturación 98
Tabla 26 Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda 99
Tabla 27 Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha 100
Tabla 28 Análisis de capacidad 101
Tabla 29 Demora y nivel de servicio 102
Tabla 30 Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Sullana 107
Tabla 31 Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Richard Cushing 113
Tabla 32 Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. San Martin 117
Tabla 33 Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Jr. Tonsman 122
Tabla 34 Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Gullman 127
Tabla 35 Tiempos de despeje en intersección 1 135
Tabla 36 Mejora en tiempos de verde 136
Tabla 37 Resultados obtenidos con la propuesta 1 137
Tabla 38 Tiempo de nuevas fases 139

Tabla 39 Resultados obtenidos con la propuesta 2 140
Tabla 40 Tiempo de nuevas fases 141
Tabla 41 Resultados obtenidos con la propuesta 3 142
Tabla 42 Tiempos de despeje en intersección 2 144
Tabla 43 Tiempos de fases semafóricas 144
Tabla 44 Resultados obtenidos con la propuesta 1 145
Tabla 45 Tiempos semafóricos segunda propuesta 146
Tabla 46 Resultados obtenidos con la propuesta 2 147
Tabla 47 Tiempos de despeje en intersección 3 148
Tabla 48 Tiempos de fases semafóricas 149
Tabla 49 Resultados obtenidos con la propuesta 1 150
Tabla 50 Tiempo de nuevas fases 153
Tabla 51 Resultados obtenidos con la propuesta 2 154
Tabla 52 Tiempos de fases semafóricas 155
Tabla 53 Resultados obtenidos con la propuesta 3 156
Tabla 54 Tiempos de despeje en intersección 4 157
Tabla 55 Mejora en tiempos de verde 158
Tabla 56 Resultados obtenidos con la propuesta 1 159
Tabla 57 Tiempo de nuevas fases 161
Tabla 58 Resultados obtenidos con la propuesta 2 162
Tabla 59 Tiempos de fases optimizadas 163
Tabla 60 Resultados obtenidos con la propuesta 3 164
Tabla 61 Tiempos de despeje en intersección 5 165
Tabla 62 Tiempos semafóricos primera propuesta 170
Tabla 63 Resultados obtenidos con la propuesta 1 172
Tabla 64 Tiempos semafóricos - Segunda propuesta 173
Tabla 65 Resultados obtenidos con la propuesta 2 174
Tabla 66 Factores de coordinabilidad - Av. Miguel Grau 175
Tabla 67 Resultados obtenidos en cada intersección 177
Tabla 68 Datos para vía arterial- Sincronización balanceada 178
Tabla 69 Parámetros de eficiencia con sincronización balanceada 180
Tabla 70 Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman 181
Tabla 71 Resultados obtenidos en cada intersección 184
Tabla 72 Datos para vía arterial - Av. Sullana a Av. Gullman 184
Tabla 73 Parámetros de eficiencia con sincronización en dirección de mayor congestionamiento 186
Tabla 74 Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman 187

Tabla 75 Resultados demora y relación v/c 190
Tabla 76 Datos para vía arterial - Av. Miguel Grau 191
Tabla 77 Parámetros de eficiencia con sincronización balanceada..... 193
Tabla 78 Resumen de variables con sincronización balanceada- Anillo vial 194
Tabla 79 Resultados obtenidos en cada intersección..... 197
Tabla 80 Datos para vía arterial Av. Miguel Grau 197
Tabla 81 Parámetros de eficiencia con sincronización en dirección de mayor congestionamiento 199
Tabla 82 Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman 200
Tabla 83 Niveles de servicio en el tramo de estudio 206
Tabla 84 Resumen de propuestas para intersección con Av. Sullana 208
Tabla 85 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatona l- Primera mejor propuesta 208
Tabla 86 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta 209
Tabla 87 Resumen de propuestas para intersección con Av. Richard Cushing 209
Tabla 88 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Primera mejor propuesta 210
Tabla 89 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta 210
Tabla 90 Resumen de propuestas para intersección con Av. San Martin 211
Tabla 91 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal – Primera mejor propuesta 212
Tabla 92 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta 212
Tabla 93 Resumen de propuestas para intersección con Jr. Tonsman..... 213
Tabla 94 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Primera mejor propuesta 214
Tabla 95 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatona l- Segunda mejor propuesta 214
Tabla 96 Resumen de propuestas para intersección con Av. Gullman 215
Tabla 97 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal- primera mejor propuesta 216
Tabla 98 Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal- segunda mejor propuesta 216
Tabla 99 Resumen de parámetros con sincronización de semáforos - Tráfico actual 217
Tabla 100 Variación porcentual en las demoras con tráfico actual..... 219
Tabla 101 Parámetros obtenidos con la sincronización de semáforos - Anillo vial..... 220
Tabla 102 Variación en las demoras con anillo vial 221
Tabla 103 Resumen en los niveles de servicio para la Av. Miguel Grau 223
Tabla 104 Factor de crecimiento de tránsito..... 224
Tabla 105 Niveles de servicio y demoras de soluciones a futuro 225
Tabla 106 Volumen esperado de mototaxis a futuro 227
Tabla 107 Niveles de servicio y demoras a futuro para la sincronización de semáforos 228
Tabla 108 Velocidades esperadas para 5 y 10 años 229
Tabla 109 Porcentaje de variación en las velocidades a futuro 231
Tabla 110 Dimensiones carril de ciclo vía 235

Tabla 111 Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman. 246
Tabla 112 Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con volumen de tráfico actual 247
Tabla 113 Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman. 250
Tabla 114 Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con anillo vial 251
Tabla 115 Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman. 254
Tabla 116 Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con desvío de vehículos particulares 256

Lista de Figuras

Figura 1 Intervalo promedio 24
Figura 2 Relación de velocidad y tiempo de recorridos 25
Figura 3 Densidad o concentración 27
Figura 4 Espaciamiento promedio 28
Figura 5 Relación de tiempo y espacio entre vehículo 28
Figura 6 Velocidad de diseño versus velocidad de operación 35
Figura 7 Intersección de cuatro accesos operada con un semáforo de 2 fases 38
Figura 8 Fases y diagrama de fases en una intersección con semáforos. 38
Figura 9 Intervalo de cambio de fase 39
Figura 10 Modelo básico de flujo de saturación 41
Figura 11 Tiempo semafórico para peatones y vehículos. 43
Figura 12 Metodología del automóvil para intersecciones semaforizadas 46
Figura 13 Diagrama gráfico para el cálculo de la demora 53
Figura 14 Planta general y área de estudio en la Av. Miguel Grau 61
Figura 15 Intersecciones del área de Estudio 62
Figura 16 Zona de actividades desarrolladas en Av. Miguel Grau 63
Figura 17 Puntos socioeconómicos de atracción 63
Figura 18 Zonificación del área de estudio 64
Figura 19 Clasificación vehicular de la zona de estudio 65
Figura 20 Semáforo peatonal sin funcionamiento - Intersección con Jr. Tonsman 66
Figura 21 Semáforo vehicular sin funcionamiento - Intersección con Jr. Tonsman 66
Figura 22 Semáforo vehicular averiado - Intersección con Av. Richard Cushing 67
Figura 23 Paraderos en calzadas, intersección con Av. Sullana 68
Figura 24 Paraderos en calzadas, intersección con Jr. Pedro de León 68
Figura 25 Obstrucción en la visión del conductor, intersección con Av. Richard Cushing 69
Figura 26 Obstrucción de pasos peatonales, intersección con Av. San Martín. 69
Figura 27 Obstrucción de pasos peatonales, intersección con Jr. Tonsman 70
Figura 28 Estado deficiente de la señalización horizontal, intersección con Av. San Martin.. 70
Figura 29 Estado deficiente de la señalización horizontal, intersección con Jr. Tonsman. 71
Figura 30 Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Av. Loreto hasta Av. Richard Cushing 71
Figura 31 Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Av. Richard Cushing hasta Jr. Pedro de León 72
Figura 32 Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Pedro de León hasta Jr. Tonsman 72
Figura 33 Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Tonsman hasta Av. Gullman 72
Figura 34 Diagrama de fases Av. Miguel Grau - Av. Sullana 74
Figura 35 Diagrama de fases Av. Miguel Grau - Av. Richard Cushing 75
Figura 36 Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Av. San Martin. 76
Figura 37 Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman. 77

Figura 38 Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Av. Gullman 78
Figura 39 Situación de mayor tráfico Av. Miguel Grau 79
Figura 40 Punto inicial del observador móvil..... 80
Figura 41 Punto final del observador móvil. 81
Figura 42 Trayecto y direcciones de Recorrido..... 81
Figura 43 Personal en puntos de grabación Av. Gullman & Av. Richard Cushing 82
Figura 44 Leyenda por tipología vehicular para el aforo 82
Figura 45 Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Sullana 85
Figura 46 Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Richard Cushing 86
Figura 47 Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. San Martín 87
Figura 48 Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman..... 88
Figura 49 Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Gullman..... 89
Figura 50 Relación lineal entre velocidad y densidad de flujo (Ida) 92
Figura 51 Relación lineal entre velocidad y densidad de flujo (Vuelta)..... 93
Figura 52 Relación lineal velocidad y densidad para tramo de ida 94
Figura 53 Relación parabólica densidad y flujo para tramo de ida..... 94
Figura 54 Relación parabólica velocidad y flujo para tramo de ida..... 95
Figura 55 Relación lineal velocidad y densidad para tramo vuelta 95
Figura 56 Relación parabólica densidad y flujo para tramo de vuelta 96
Figura 57 Relación parabólica velocidad y flujo para tramo de vuelta..... 96
Figura 58 Imagen insertada y escalada capturada desde Google Earth..... 103
Figura 59 Trazado de intersección de vías en la Av. Miguel Grau 104
Figura 60 Diagrama de tráfico vehicular Av. Sullana 105
Figura 61 Caos vehicular generado por mal estacionamiento Av. Sullana..... 106
Figura 62 Problema de cuello de botella y giro a la derecha..... 106
Figura 63 Configuración de demanda Av. Sullana y Av. Miguel Grau..... 108
Figura 64 Configuración de oferta Av. Sullana y Av. Miguel Grau 109
Figura 65 Configuración de capacidad Av. Sullana y Av. Miguel Grau 110
Figura 66 Situación actual de la intersección Av. Sullana y Av. Miguel Grau, simulación en SimTraffic 8. 0..... 110
Figura 67 Diagrama de tráfico vehicular Av. Richard Cushing 111
Figura 68 Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau-Jr. Mendiburo..... 112
Figura 69 Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau 112
Figura 70 Configuración de demanda Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau 114
Figura 71 Configuración de oferta Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau..... 115
Figura 72 Configuración de capacidad Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau 115
Figura 73 Situación actual de la intersección Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau. Simulación en SimTraffic 8.0..... 116
Figura74 *Diagrama de tráfico vehicular Av. San Martin*..... 117

Figura 75 Configuración de demanda Av. San Martin y Av. Miguel Grau 118
Figura 76 Configuración de oferta Av. San Martin y Av. Miguel Grau 119
Figura 77 Configuración de capacidad Av. San Martin y Av. Miguel Grau 120
Figura 78 Situación actual de la intersección Av. San Martin y Av. Miguel 120
Figura 79 Diagrama de tráfico vehicular Jr. Tonsman 121
Figura 80 Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau-Jr. Tonsman 121
Figura 81 Configuración de demanda Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau 123
Figura 82 Configuración de oferta Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau 124
Figura 83 Configuración de capacidad Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau 125
Figura 84 Situación actual de la intersección Jr. Tonsman y Av. Miguel 125
Figura 85 Diagrama de tráfico vehicular Av. Gullman 126
Figura 86 Configuración de demanda Av. Gullman y Av. Miguel Grau 128
Figura 87 Configuración de oferta Av. Gullman y Av. Miguel Grau 129
Figura 88 Configuración de capacidad Av. Gullman y Av. Miguel 130
Figura 89 Situación actual de la intersección Av. Gullman y Av. Miguel Grau. Simulación en SimTraffic 8.0 130
Figura 90 Niveles de servicio HCM 2010 - Modelo actual 131
Figura 91 Diagrama tiempo espacio - Modelo actual 133
Figura 92 Distancias de despeje en intersección con Av. Sullana 135
Figura 93 Diagrama de fases con redistribución de intervalos de verde 136
Figura 94 Diagrama del movimiento de fase 1 137
Figura 95 Diagrama del movimiento de fase 2 138
Figura 96 Diagrama del movimiento de fase 3 138
Figura 97 Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda. 139
Figura 98 Diagrama de fases con implementación de nuevo carril en acceso sur 141
Figura 99 Modelamiento de tercera propuesta en Synchro 8.0 142
Figura 100 Distancias de despeje en intersección con Av. Richard Cushing 143
Figura 101 Diagrama de fases con nuevo ciclo semafórico 144
Figura 102 Diagrama de fases con anillo vial 146
Figura 103 Distancias de despeje en intersección con Av. San Martin 148
Figura 104 Modelamiento de propuesta 1, intersección con Av. San Martin 149
Figura 105 Diagrama de fases con incorporación de nuevo carril en acceso norte 150
Figura 106 Diagrama del movimiento de fase 1 151
Figura 107 Diagrama del movimiento de fase 2 152
Figura 108 Diagrama del movimiento de fase 3 152
Figura 109 Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda 153
Figura 110 Diagrama de fases con anillo vial 155
Figura 111 Distancias de despeje en intersección con Jr. Tonsman 157
Figura 112 Diagrama de fases con nuevo ciclo semafórico 158

Figura 113 Diagrama del movimiento de fase 1 160
Figura 114 Diagrama del movimiento de fase 2 160
Figura 115 Diagrama del movimiento de fase 3 161
Figura 116 Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda 161
Figura 117 Diagrama de fases con anillo vial 163
Figura 118 Distancias de despeje en intersección con Av. Gullman 165
Figura 119 Diagrama del movimiento de fase 1 166
Figura 120 Diagrama del movimiento de fase 2 166
Figura 121 Diagrama del movimiento de fase 3 167
Figura 122 Diagrama del movimiento de fase 4 167
Figura 123 Cambios geométricos - Acceso norte 168
Figura 124 Cambios geométricos - Acceso sur 169
Figura 125 Cambios geométricos - Acceso este 169
Figura 126 Cambios geométricos - Acceso oeste 170
Figura 127 Diagrama de fases con propuesta optimización de fases y cambio geométrico. 170
Figura 128 Modelamiento en Synchro 8.0-Av. Gullman 171
Figura 129 Diagrama de fases con propuesta anillo vial 173
Figura 130 Diagrama: Tiempo espacio - Sincronización balanceada 176
Figura 131 Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones 177
Figura 132 Líneas de flujo sincronización balanceada 179
Figura 133 Diagrama tiempo espacio - Sincronización ciclo común 182
Figura 134 Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones 183
Figura 135 Líneas de flujo sincronización con dirección Av. Sullana hacia Av. Gullman 186
Figura 136 Diagrama tiempo espacio - Sincronización balanceada 189
Figura 137 Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones 190
Figura 138 Líneas de flujo sincronización balanceada - Anillo vial 192
Figura 139 Diagrama tiempo espacio - Sincronización dirección con mayor congestión 195
Figura 140 Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones 196
Figura 141 Líneas de flujo sincronización en dirección con mayor congestión- Anillo vial ... 199
Figura 142 Diagrama de flujo de saturación Av. Miguel Grau - Av. Gullman 204
Figura 143 Diagrama de relación v/c de las intersecciones con Av. Miguel Grau 205
Figura 144 Diagrama de demoras en las intersecciones con Av. Miguel Grau 206
Figura 145 Diagrama de demoras con propuestas de sincronización semafórica 218
Figura 146 Diagrama de demoras - Sincronización semafórica – Anillo vial 222
Figura 147 Incremento de mototaxis a futuro en acceso este y oeste - 5 Años 226
Figura 148 Incremento de mototaxis a futuro en acceso este y oeste- 10 Años 226
Figura 149 Sección vial de ciclovía, tramo Av. Loreto hasta Av. Richard Cushing 233
Figura 150 Sección vial de ciclovía, tramo Av. Richard Cushing hasta Jr. Pedro de León 234
Figura 151 Sección vial de ciclovía, tramo Jr. Pedro de León hasta Jr. Tonsman 234

Figura 152 Sección vial de ciclovía, tramo Jr. Tonsman hasta Av. Gullman..... 234
Figura 153 Vista de planta intersección con Av. Sullana 235
Figura 154 Vista de planta intersección con Av. Richard C..... 236
Figura 155 Vista de planta intersección con Av. San Martin 236
Figura 156 Vista de planta intersección con Jr. Tonsman..... 237
Figura 157 Vista de planta intersección con Av. Gullman 237
Figura 158 Primera fase vehicular..... 238
Figura 159 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 238
Figura 160 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 239
Figura 161 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 239
Figura 162 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 240
Figura 163 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 240
Figura 164 Propuesta de ciclovía intersección con Av. Sullana 241
Figura 165 Propuesta de ciclovía intersección con Av. Gullman 241
Figura 166 Bordillos separadores..... 242
Figura 167 Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau 243
Figura 168 Diagrama tiempo espacio - Sincronización volumen actual con ciclovía 244
Figura 169 Ciclo semafórico del primer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 245
Figura 170 Ciclo semafórico del primer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 245
Figura 171 Niveles de servicio por acceso - Volumen actual ciclovía..... 246
Figura 172 Diagrama tiempo espacio - Sincronización con anillo vial y ciclovía 248
Figura 173 Ciclo semafórico del segundo escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 249
Figura 174 Ciclo semafórico del segundo escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 249
Figura 175 Niveles de servicio por acceso - Volumen actual - Ciclovía 250
Figura 176 Diagrama tiempo espacio - Sincronización con restricción particulares..... 252
Figura 177 Propuesta con desvío vehicular 253
Figura 178 Ciclo semafórico del tercer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 253
Figura 179 Ciclo semafórico del tercer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman 254
Figura 180 Niveles de servicio por acceso - Volumen actual - Ciclovía 255

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Introducción

La avenida Miguel Grau es una de las principales vías arteriales que tiene la ciudad de Piura, se destaca por ser una vía con alto valor comercial debido a los puntos de atracción que se encuentran en su recorrido, con el pasar del tiempo este crecimiento se ha reflejado en el aumento de vehículos que transitan en ella creando problemas de congestionamiento.

Por consiguiente, este trabajo esta direccionado al análisis del estado actual de la señalización vial y la red de semaforización de la Av. Miguel Grau en la ciudad de Piura en las intersecciones con la Av. Sullana, Av. Richard Cushing, Av. San Martin, Jr. Tonsman, y Av. Gullman. Esto con el fin de realizar una evaluación de cada intersección y a partir de ello plantear soluciones prácticas y económicas que mejoren el nivel de servicio de la vía, proporcionando fluidez, orden y seguridad en la circulación vehicular, utilizando metodologías que proporcionen efectividad y mejoren la transitabilidad de los vehículos.

Este trabajo ha sido elaborado con aforo de datos tomados en la red vial de estudio, así como también busca un diseño eficiente usando las herramientas tecnológicas como el software Synchro 8.0, las propuestas que se presentan buscan una solución integra que mejore la serviciabilidad de la vía tanto para el estado actual de tránsito como también con proyecciones hacia un año horizonte, fijado en una proyección de 5 y 10. Además busca mejorar la seguridad vial protegiendo así a los usuarios que la usan día a día.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 1. Marco teórico

La finalidad de este capítulo es profundizar conceptos necesarios los cuales son importantes para el desarrollo de la presente tesis. El trabajo utiliza la metodología Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2010) llamada en adelante "HCM 2010" en conjunto con el software SYNCHRO 8.0, el cual será necesario para el modelamiento y mejora del tránsito del tramo que se piensa estudiar.

1.1 Teoría del flujo vehicular

Se define como tránsito vehicular al fenómeno generado por el flujo de vehículos que recorren una determinada vía, calle o carretera. Conocer el comportamiento del flujo vehicular permite obtener un correcto diseño geométrico. A continuación, se describe algunas características fundamentales del flujo vehicular establecidas por Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007) en su obra Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones:

1.1.1. Variables explicadas matemáticamente

1.1.1.1 Tasa de flujo y Volumen. La tasa de flujo "q" es la frecuencia a la cual pasan una cantidad de vehículos por una sección transversal de un carril o calzada, es decir, es el número de vehículos (N) que pasan durante un intervalo especifico de tiempo (T), inferior a una hora, la cual se expresa en vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s).

La tasa de flujo "q" se calcula entonces con la Ecuación 1.1.

$$\boldsymbol{q = \frac{N}{T}} \tag{1.1}$$

Donde:

N = Número de Vehículos.

t= Intervalo de tiempo específico.

q= tasa de flujo

1.1.1.2 Intervalo Simple (h_i). Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, Esto se expresa en segundos y es medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

1.1.1.3 Intervalo Promedio ($\bar{h}$). Es el promedio de todos los intervalos simples, "hi", los cuales existen entre los diferentes vehículos que circulan por un sistema vial. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se calcula, de acuerdo con la Figura 1, mediante la siguiente ecuación 1.2:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1} \tag{1.2}$$

Donde:

$\bar{h}$ = *Intervalo promedio (s/veh).*

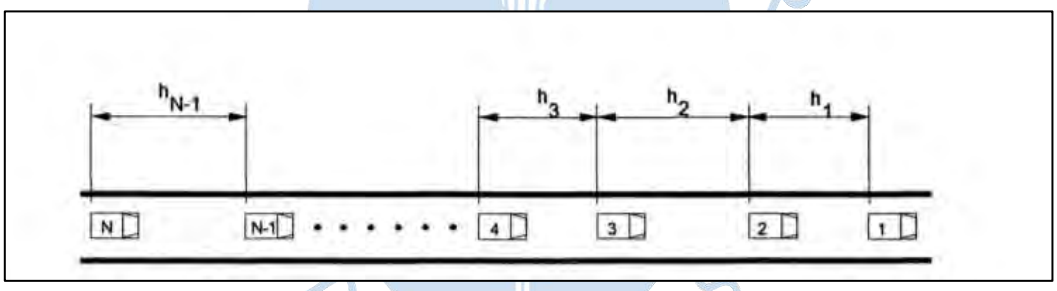
N= Numero de Vehículos (veh).

N-1 = Numero de Intervalos (veh).

h_i = *Intervalo simple entre vehículos i y el vehículo i+1.*

Figura 1

Intervalo promedio



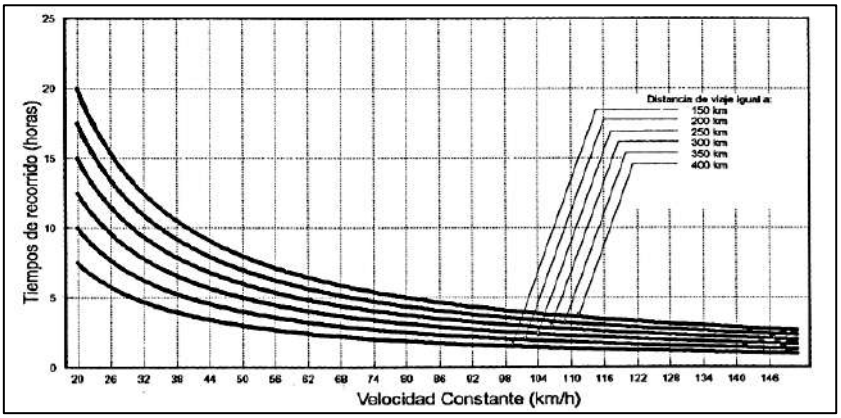
Nota. Tomado de Cal y Mayor y Cárdenas (2007, p. 278).

1.1.2 Variables relacionadas con la Velocidad

1.1.2.1. Velocidad instantánea. Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de carretera o de una calle.

Figura 2

Relación de velocidad y tiempo de recorridos



Nota. Tomado de Cal y Mayor y Cárdenas (2007, p.237).

1.1.2.2 Velocidad media espacial. Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. Para un espacio o distancia dados, la velocidad media espacial se calcula dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla. Esto es:

$$\overline{v_e} = \frac{d}{\bar{t}} \tag{1.3}$$

Donde:

$\overline{v_e}$= Velocidad media espacial

d= Distancia dada o recorrida

$\bar{t}$ = Tiempo promedio de recorrido = $\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$

Esto es:

$$\overline{v_e} = \frac{d}{\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}}$$

Por lo tanto:

$$\overline{v_e} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{v_i}\right)} \tag{1.4}$$

1.1.2.3 Velocidad de recorrido. Llamada también velocidad *global* o de *viaje,* el cual resulta al dividir la distancia recorrida, desde principio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido se abarca las demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas, ya sea una con otra, o bien, en una misma ruta cuando se han realizado cambios para medir los efectos.

a. Velocidad de marcha

Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier cosa.

b. Distancia de recorrido

Conocido como espacio de recorrido, en el cual cuando un vehículo realiza su trayectoria, recorre un determinado espacio, siendo la distancia recorrida la totalidad del espacio expresado en unidades de longitud, fundamentalmente el metro.

c. Tiempo de recorrido

Es el lapso que transcurre mientras un vehículo recorre cierta distancia incluyendo el tiempo invertido en paradas, sin embargo, cuando estas son ajenas a la vía, no se toman en cuenta.

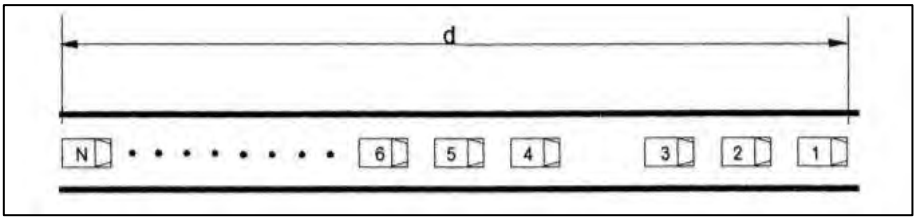
1.1.3 Variables relacionadas con la Densidad

1.1.3.1 Densidad o Concentración (k). Es el número, N, de vehículos que ocupan una longitud específica, d, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), haciendo referencia a un carril o a todos los carriles de una calzada. La densidad se calcula con la siguiente ecuación y se representa en la Figura 3:

$$\boldsymbol{k} = \frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{d}} \tag{1.5}$$

Figura 3

Densidad o concentración



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007, p.283)

1.1.3.2 Espaciamiento Simple (s_i). Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras

1.1.3.3 Espaciamiento Promedio ($\bar{s}$). Es el promedio de todos los espaciamientos simples, s_i, existentes entre los diversos vehículos que circulas por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículos(m/veh.) y se calcula, de acuerdo con la Figura 4, mediante la siguiente expresión.

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} s_i}{N-1} \qquad (1.6)$$

Donde:

$\bar{s}$ = Espaciamiento promedio (m/veh).

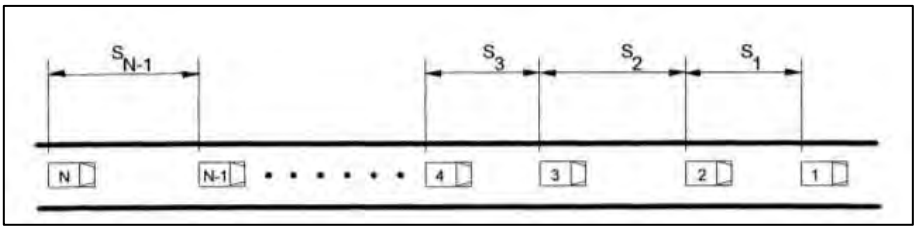
N= Numero de Vehículos (veh).

N-1 = Numero de espaciamiento (veh).

s_i = Espaciamiento simple entre vehículos i y el vehículo i+1.

Figura 4

Espaciamiento promedio



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007, p.284)

Dado que las unidades del espaciamiento promedio $\bar{s}$ (m/veh) son unidades inversas de la densidad k (veh/m), por lo que también puede plantearse la siguiente ecuación:

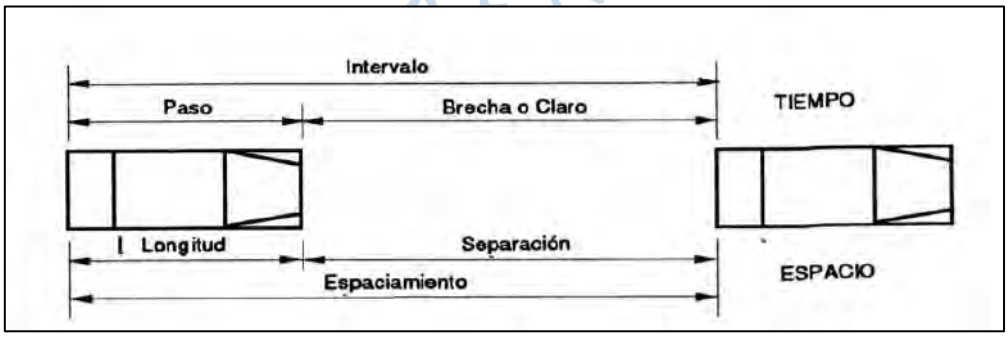
$$\bar{s} = \frac{1}{k} \tag{1.7}$$

1.1.4 Relación entre el flujo, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento

A continuación, en la Figura 5, se muestra un par de vehículos consecutivos a los cuales se les han asociado tanto en el tiempo como en el espacio. De esta manera, el paso es el tiempo necesario para que vehículo recorra su propia longitud, y la brecha es el intervalo de tiempo libre disponible entre los dos vehículos equivalente a la separación, entre ellos medida desde la defensa trasera del primer vehículo hasta la defensa delantera del segundo.

Figura 5

Relación de tiempo y espacio entre vehículo



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007, p.290)

Considerando la figura 5, se pude deducir lo siguiente:

Espacio = (velocidad)(tiempo)

$$\bar{s} = \overline{v_e}\,\bar{h} \tag{1.8}$$

Asimismo, se tiene que:

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k}$$

Reemplazando los dos valores en la Ecuación 1.9, tenemos la ecuación fundamental del flujo vehicular expresada como:

$$q = v\,k \tag{1.9}$$

1.2 Clasificación vehicular

Según la DIRECTIVA N° 002-2006-MTC/15 de 2006 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones la clasificación vehicular se da como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación vehicular

CATEGORIA		DESCRIPCION
L	L1	Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm3 y velocidad máxima de 50 km/h.
	L2	Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm3 y velocidad máxima de 50 km/h.
	L3	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm3 ó velocidad mayor a 50 km/h.
	L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm3 ó una velocidad mayor de 50 km/h.
	L5	Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm3 ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.
M	M1	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
	M2	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
	M3	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.
N	N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
	N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
	N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.
O	O1	Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos
	O2	Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
	O3	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
	O4	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Nota. Adaptado de DIRECTIVA n° 002-2006-MTC/15 de 2016 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Asimismo, también se clasifica en combinaciones especiales, el cual se subclasifica en categoría S siendo ellas SA (casas rodantes), SB (vehículos blindados), SC (ambulancias) y SD (vehículos funerarios).

1.3 Clasificación del Sistema Vial Urbano

1.3.1 Criterios de Clasificación

Los criterios de clasificación son definidos por las funciones y necesidades que debe atender cada vía de manera segura, rápida y confortable, las vías urbanas se pueden clasificar bajo los siguientes criterios, tal y como se detalla en Chávez (2005):

a. Primer Criterio: Capacidad y Nivel de Servicio

Tanto la longitud y el tiempo empleado para desplazarse de un punto a otro son de mucha importancia, ya que, conforme las ciudades crecen, el tiempo para trasladarse aumenta. Es por esta razón que es necesario que las calles se proyecten de forma adecuada y así obtener velocidades altas para llegar al destino que se quiere, y esto se logra realizando un estudio de la capacidad vial.

b. Segundo Criterio: Seguridad

Este criterio está muy relacionado a un alto índice de accidentes el cual produce debido al incremento del flujo vehicular y la velocidad en la que los vehículos circulan.

c. Tercer Criterio: Funcionalidad

Este punto es muy importante, ya que se debe diseñar bajo este criterio. De esta manera considerando una proyección de vías locales, se debería evitar en lo posible un tráfico intenso y rápido que perturbe considerablemente la vida urbana.

1.3.2 Clasificación de Vías Urbanas

En el Chávez (2005) se consideran cuatro categorías para la clasificación de vías urbanas, siendo ellas: vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Asimismo, debido a la funcionalidad y al papel que desempeñan en cada categoría, poseen los siguientes parámetros de diseño:

- ✓ Velocidad de diseño
- ✓ Características del flujo
- ✓ Control de acceso accesos y relación con otras vías
- ✓ Número de carriles
- ✓ Servicio a la propiedad adyacente.
- ✓ Servicio de transporte público.
- ✓ Estacionamiento, control vehicular, carga y descarga de pasajeros y mercadería.

Tabla 2

Relación entre las categorías de vías urbanas y los parámetros de diseño.

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VIAS EXPRESAS	VIAS ARTERIALES	VIAS COLECTORAS	VIAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 60 y 80 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente	Entre 30 y 50 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente	Entre 20 y 30 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.

Control de Accesos y Relación con otras vías	Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o "Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Nota. Adaptado de Chávez (2005, capítulo 2, p.2)

1.4 Características del tránsito

Una intersección vial es definida como un área que es compartida por dos o más caminos y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta de tránsito. (Highways & Street, 2001)

a. Índice medio diario anual (IMDA)

Indica el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección determinada de la vía, permitiendo al proyectista determinar características del diseño de la carretera, así como también las tendencias en el uso de las vías y características geométricas.

b. Volumen horario de diseño (VHD)

El volumen de horario máximo es aquel que determina aquellas características para el diseño vial y condiciones de servicio aceptable de un proyecto con la finalidad de evitar el congestionamiento estando entre un intervalo porcentual, el cual va desde el 12% hasta el 18% del Índice Medio Diario Anual (IMDA), sin embargo, se puede emplear la relación empírica la cual relaciona el IMDA con el VHD:

$$VHDaño_i = 0.12 \sim 0.18 IMDaño_i \tag{1.10}$$

Esta relación corresponde a un estudio de caminos de tránsito mixto, el cual trabaja con coeficientes del orden 0.12, con variaciones estacionales. Asimismo, el coeficiente de orden 0.18 se relaciona con carreteras con variaciones estacionales marcadas de tipo turístico.

c. Crecimiento del tránsito

El diseño de un proyecto vial debe tomar en cuenta el volumen de tráfico en la vida útil que se tenga en el futuro considerando algunas características que permita elaborar un programa de construcción para las diferentes etapas, incluyendo una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población, y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Resolución Directorial 03-2018-MTC de 2018)

La siguiente expresión basada en lo contenido en la Resolución Directorial nº 03-2018-MTC/14 de 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece la metodología de estudio en la proyección de tránsito futuro:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n \tag{1.11}$$

En donde:

P_f = tránsito final

P_0 = tránsito inicial (año base)

T_c = tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

n = año a estimarse

1.5 Gestión de Seguridad Vial

Esta sección busca preservar la capacidad de tránsito, así como también encontrar una mejora en la seguridad confianza y fiabilidad de todo tipo de transporte urbano. De esta manera la seguridad vial como la gestión del mismo se relacionan entre sí tanto en límites de velocidad, control de las velocidades de operación, regulación de intersecciones, cruces peatonales, sistemas unidireccionales y control de estacionamiento. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2017)

De acuerdo con el Manual de Seguridad Vial (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2017) existen cinco áreas temáticas deben ser consideradas durante el proceso de diseño de una intersección:

- Factores humanos
- Usuarios de la vía, incluyendo volúmenes y características de todos los usuarios de la intersección.
- Elementos físicos, tales como la topografía, características geométricas en las proximidades de la intersección, el ángulo de intersección entre las vías y otros factores ambientales.
- Factores económicos, incluyendo el costo de la construcción
- Área funcional de la intersección, incluyendo áreas de aproximación y salida se extienden antes y después de la intersección en estudio.

1.5.1 Límites y controles de velocidad

El control de la velocidad encierra una variedad de medidas con la finalidad de equilibrar tanto la seguridad y la eficiencia de las velocidades de los vehículos en una red de carreteras. Por otro lado, se conoce que la disminución de la velocidad tiene como consecuencia una reducción del número y severidad de los accidentes. Para ello, la velocidad de operación debe estar diseñada en función a la composición y volumen del flujo vehicular, el uso del suelo y la tasa de accidentes.

Figura 6

Velocidad de diseño versus velocidad de operación

Nota. Tomado de la Resolución Directoral nº 05-2007-MTC/14 de 2007 de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (p. 82)

1.5.2 Control de Intersecciones

El control de la prioridad que pueda tener un conductor en intersecciones puede alcanzarse con el uso de señales de pare, ceda el pase o mediante el uso de semáforos. Cada señal de prioridad debe indicarse en todas las intersecciones, esto reduce la ocurrencia de accidentes.

La señal de "PARE" debe usarse en ocasiones justificadas, se usará cuando no exista la suficiente visibilidad en la intersección.

La señal de ceda el paso se instalará en aquellas intersecciones que no tengan problemas de visibilidad, esta medida se deberá colocar también al lado izquierdo cuando se trate de vías unidireccionales de dos o más carriles.

1.6 Semaforización

El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial publicado por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2006) define a los semáforos como aquellos dispositivos que están programados para facilitar el control del tránsito vehicular y peatonal, el cual a través de indicaciones visuales (verde, rojo y amarillo), permiten el uso ordenado y seguro del espacio que se dispone.

1.6.1 Clasificación de los semáforos

Según Araujo. y Burneo (2020) la clasificación para el control del tránsito de vehículos está dada de la siguiente manera:

- Semáforos de tiempos fijos o predeterminados (dependientes del tiempo).
- Semáforos accionados o activados por el tránsito (dependientes del tránsito), siendo estos totalmente dependientes del tránsito o semindependientes del tránsito.
- Semáforos adaptados al tránsito, son aquellos cuyos mecanismos se ajustan de manera continua y automática en todos los ingresos a una intersección, "de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro" (Araujo, J. y Burneo, C., 2020, p. 78)
- Semáforos especiales, su instalación tiene por finalidad normar y controlar las siguientes situaciones singulares o especiales:

- Semáforos de destellos o intermitentes.
- Semáforos para regular el uso de carriles.
- Semáforos para indicar la aproximación de trenes.

1.6.2 Conceptos básicos de semaforización

Ciclo: llamado también longitud de ciclo, es el tiempo necesario para que ocurra una secuencia completa de todas las indicaciones de la señal del semáforo.

Intervalo: consiste en las diversas divisiones el ciclo en el cual no varían de la señal de semáforo.

Fase: es la selección y ordenamiento de movimiento simultáneos, el cual pertenece a un ciclo y es asignada a una combinación de uno o más movimientos que reciben a su vez el paso durante uno o más intervalos.

Secuencia de fases: orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.

Intervalo de verde: duración del ciclo donde se autoriza el pase vehicular.

Intervalo de rojo: intervalo de tiempo del ciclo en el que se prohíbe el pase vehicular.

Intervalo de despeje: es el tiempo de ámbar que sigue al intervalo verde en un semáforo.

Intervalo todo rojo: es el tiempo de pare para el tránsito de todas las intersecciones con la finalidad de brindar el tiempo necesario para que los vehículos atrapados en la intersección avancen antes de que inicie el tiempo de verde.

Intervalo de cambio de fase: es el intervalo que puede consistir en un cambio ámbar, o en un intervalo adicional de despeje todo rojo.

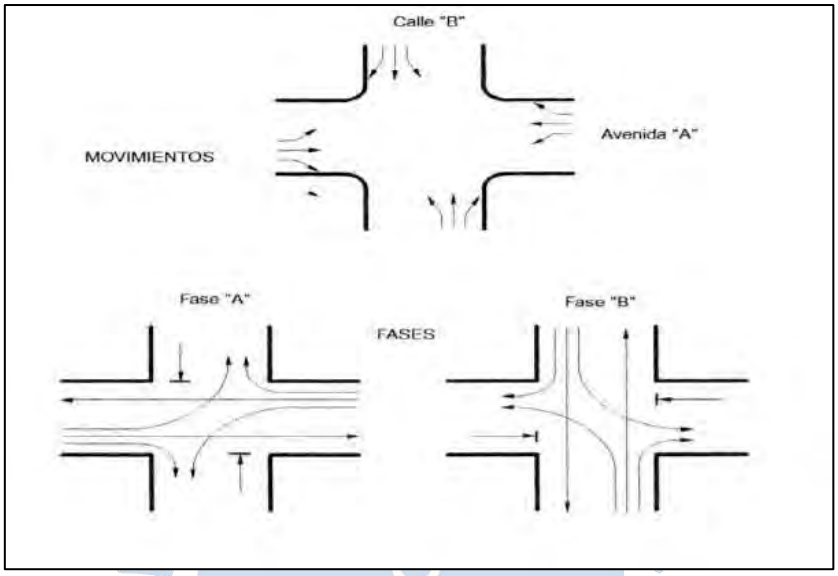
1.6.3 Cálculo de los tiempos del semáforo.

El objetivo principal que se debe tomar en cuenta para el cálculo de tiempo de los semáforos es el mayor número de movimientos simultáneos de vehículos en las intersecciones, el cual al reducir al mínimo el número de fases, se debe considerar la seguridad y la eficiencia. Otro punto importante es conocer en que consiste una fase, el cual comienza con el ámbar que proviene para detener los movimientos de los que pierden el derecho de

paso y termina con el final del ver de los que lo tenían. En consecuencia, una fase consta de un intervalo ámbar, uno con todo rojo y uno verde. (Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J.; 2007)

Figura 7

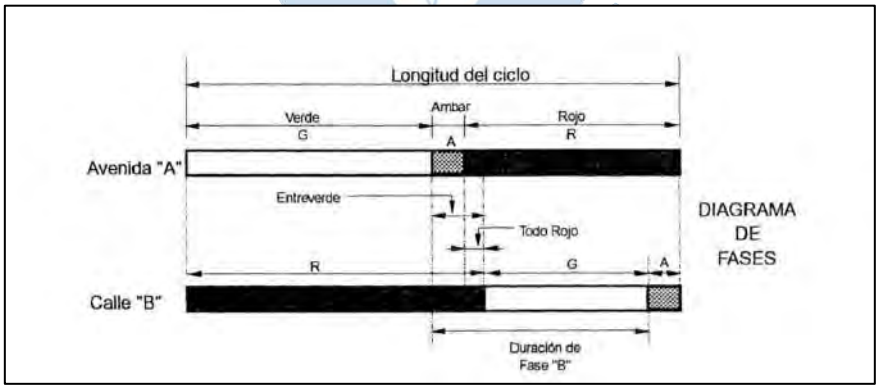
Intersección de cuatro accesos operada con un semáforo de 2 fases



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007, edición 8va, p.447)

Figura 8

Fases y diagrama de fases en una intersección con semáforos.



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (1994, edición 7ma, p.398)

1.6.3.1 Consideraciones para el cálculo de tiempo de semáforos.

a) ***Intervalo de cambio de fase.*** Consiste en alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección. Para calcular el intervalo se puede utilizar la siguiente expresión, el cual a través de la Figura 9 se puede explicar ilustrativamente:

$$Intervalo\ de\ cambio = Ambar + Todo\ Rojo$$

$$y = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W+L}{v}\right) \tag{1.12}$$

Siendo:

y= intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)

t= tiempo de percepción-reacción del conductor usualmente 1.00 s)

v= velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

f= factor de condición del pavimento

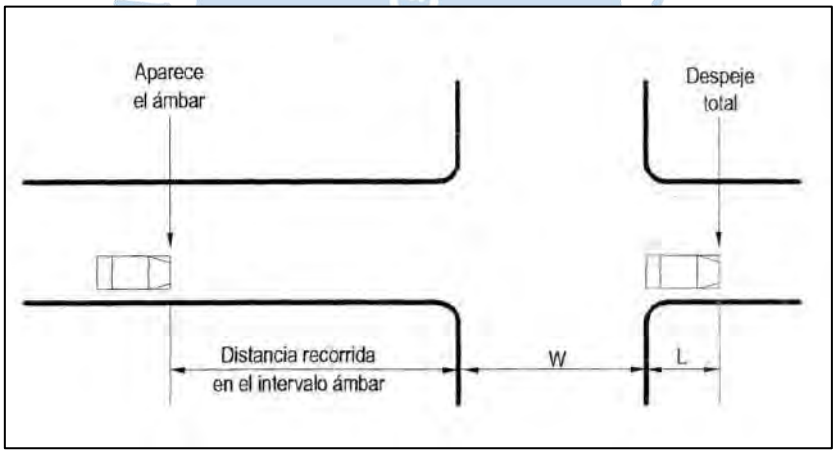
g= gravedad de desaceleración (m/s)

W= ancho de la intersección (m)

L= longitud del vehículo (valor típico 6.10 m)

Figura 9

Intervalo de cambio de fase



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (1994, edición 7ma, p.399)

b) ***Longitud de ciclo.*** F.V Webster con base de observaciones de campo, pudo comprobar que la demora mínima de los vehículos en una intersección con semáforos se puede obtener para una longitud de ciclo optimo (entre el 75% y el 150%) por medio de la Ecuación 1.13 el cual las demoras nunca serán mayores del 10% al 20% de la demora mínima.

$$C_o = \left(\frac{15L+5}{1-\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}\right) \tag{1.13}$$

Siendo:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

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

φ = número de fases

c) Vehículos equivalentes

Debido a que las tasas máximas de flujo son diferentes porque de una intersección salen todo tipos de vehículos (livianos y pesados), en diferentes direcciones (derecha, izquierda, de frente); es necesario la introducción de *factores de equivalencia*.

Asimismo, el factor de ajuste por efecto de vehículos pesados se calcula de la siguiente manera:

$$f_{VP} = \frac{100}{100+P_C(E_C-1)+P_B(E_B-1)+P_R(E_R-1)} \quad (1.14)$$

Donde:

f_{VP} = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

P_C = porcentaje de camiones

P_B = porcentaje de autobuses

P_R = porcentaje de vehículos recreativos

E_C = automóviles equivalentes a un camión

E_B = automóviles equivalentes a un autobús [1.4-1.6]

E_R= automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

Por otro lado, en la Ecuación 1.15, los volúmenes horarios mixtos, VHMD, se convierten a flujos de automóviles directos, que no dan vuelta, equivalente por hora (q_{ADE}).

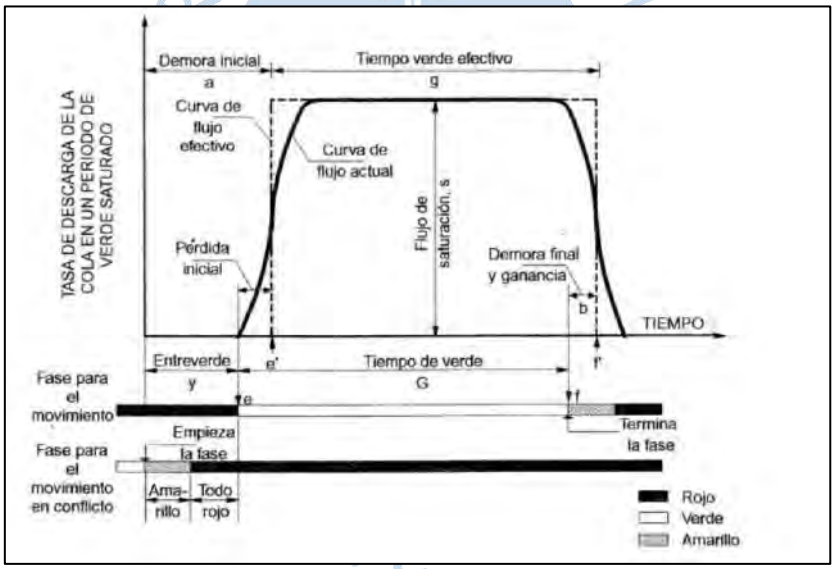
$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD}\left(\frac{1}{f_{VP}}\right)(E_V) \quad (1.15)$$

d) ***Flujo de saturación y tiempo perdido.*** El flujo de saturación hace referencia al proceso en que los vehículos cruzan la línea de ALTO desde el instante en que el semáforo cambia a verde. El flujo de saturación permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o termina el color verde en el semáforo. Así, en los primeros segundos, la tasa de vehículos es menor ya que los vehículos aceleran para alcanzar la velocidad de marcha normal. Posteriormente, a la terminación del color verde en el semáforo, la tasa de vehículos que cruzan la línea es menor debido a que algunos vehículos tienden a disminuir la velocidad y otros se detienen.

La Figura 10, muestra las relaciones fundamentales que caracterizan el proceso antes mencionado de flujo de saturación. (Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J.; 2007)

Figura 10

Modelo básico de flujo de saturación



Nota. Tomado de Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J, (2007, edición 8va, p.452)

La línea punteada que se observa en la Figura 10, señala el flujo efectivo, el cual indica que el área bajo la curva, *sg*, representa el máximo número de vehículos que cruzan la línea de un ciclo promedio. Asimismo, se puede observar que el tiempo entre los comienzos de los periodos de *verde G* y verde efectivo g (*ee´*), se le considera como una *pérdida inicial.* También el tiempo entre finales de los periodos de verde y verde efectivo (*ff´)*, se le considera como una ganancia final.

Tomando en cuenta la explicación anterior, el verdadero efectivo para la fase *i* sería:

$$g_i = G_i + ff' - ee \tag{1.16}$$

Considerando el intervalo de cambio de fase "y_i" de una fase *i* es igual al intervalo ámbar A_i :

$y_i = A_i$, tenemos la siguiente expresión:

$$l_i = G_i + A_i - g_i \tag{1.17}$$

El *tiempo total L perdido por ciclo* es:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i\right) + TR \tag{1.18}$$

En donde TR es el tiempo total del *todo rojo* durante el ciclo.

e) ***Asignación de tiempos verdes.*** El tiempo *verde efectivo total* g_T, disponible por ciclos para todos los accesos de la intersección, está dado por:

$$g_T = C - L = \left[\left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i\right) + TR\right] \tag{1.19}$$

En donde:

g_T= tiempo verde total por ciclo disponible para todos los accesos

C= longitud actual del ciclo (redondeando C_o a los 5 segundos más cercanos)

Asimismo, es necesario distribuirse el tiempo efectivo g_T en diferentes fases en proporción a sus valores Y_i:

$$q_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}(g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \cdots Y_\varphi}(g_T) \tag{1.20}$$

El tiempo *verde real* G_i para cada fase *i* se obtiene de la siguiente manera:

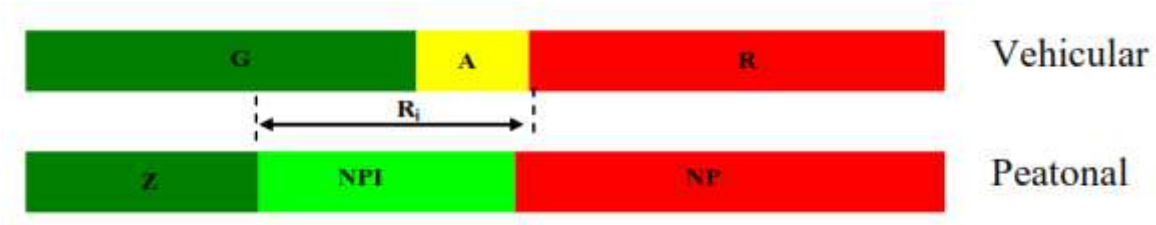
$$G_i = g_i + l_i - A_i \tag{1.21}$$

f) ***Tiempo de cruce para peatones.*** Indica el periodo de tiempo que necesitan los peatones para cruzar de manera segura una calle

La Figura 11, muestra la interacción entre los tiempos semafóricos para los vehículos y los intervalos de tiempo para los semáforos peatonales.

Figura 11

Tiempo semafórico para peatones y vehículos.



Nota. Apuntes clases Caminos y Transportes

Los tiempos necesarios para el diseño del semáforo peatonal esta dado por:

Z_i: Tiempo mínimo de cruce, mínimo de 7 segundos.

NPI: Tiempo de verde intermitente, indicación de pase intermitente. (No pasar)

NP: Tiempo de restricción del paso peatonal, indicación de pare.

La relación del ancho de la calle (W) y la velocidad del peatón (V_p) esta dada por:

$$R_i = \frac{W}{V_p} \tag{1.22}$$

Por lo tanto, el tiempo total del peatón para cruzar la calle se define de la siguiente manera:

$$(G + A)_{Veh} = (Z + R_i)_{peatonal} \tag{1.23}$$

Despejando el tiempo mínimo para el cruce peatonal obtenemos:

$$G = Z + R_i - A \tag{1.24}$$

Conceptos de capacidad y niveles de servicio

1.7.1 Capacidad

Se entiende por capacidad la cantidad máxima de vehículos que pasan por un determinado punto de una vía en varias direcciones en un determinado tiempo, el cual con frecuencia corresponde a 15 minutos. Esto se restringe con las condiciones de diseño y de tránsito, siendo necesario conocer las características físicas y geométricas, así como también el flujo vehicular del tramo a estudiar. (Highway Capacity Manual, 2010)

La Tabla 3 indica unidireccionalidad del tránsito, evitando compartir los carriles para efectos de adelantamiento. Asimismo, en carreteras de dos carriles, la capacidad se caracteriza con una repartición del tránsito por sentidos, tal y como se observa en la Tabla 4, siendo el ideal 50/50.

Tabla 3

Capacidad en condiciones ideales

Sentido de Tránsito	Clase de vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Carretera	2 carriles por sentido	2,200 VL/h/carril
		3 o más carriles por sentido	2,300 VL/h/carril
	Multicarril		2,200 VL/h/carril
Bidireccional	Dos carriles		2,800 VL/h/ambos sentidos

Nota. Tomado de la Resolución Directoral 03-2018-MTC/14 de 2018 de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles que contiene el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (p. 121)

Tabla 4

Capacidad de carreteras en dos carriles

Reparto por sentidos	Capacidad total (VL/h)	Relación Capacidad/Capacidad ideal
50/50	2,800	1.00
60/40	2,650	0.94
70/30	2,500	0.89
80/20	2,300	0.86
90/10	2,100	0.75
100/0	2,000	0.71

Nota. Tomado de la Resolución Directoral 03-2018-MTC/14 de 2018 de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles que contiene el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (p. 121)

El Highway Capacity Manual 2010 (Transportation Research Board) indica tres condiciones de capacidad: condiciones viales o de plataforma (dependiendo de las características geométricas de la calle o carretera, siendo importante el tipo de infraestructura), condiciones de circulación (hacen referencia a la circulación que utiliza la instalación) y condiciones de control (se refiere a los tipos de diseño especifico de los sistemas de control y normativa existente).

1.7.2 Nivel de Servicio

Es una medida cualitativa, el cual indica la variación en la condición del flujo vehicular y de la percepción obtenida por los conductores y/o pasajeros. La descripción de nivel de servicio hace referencia a las condiciones con las variables de velocidad y tiempo recorrido, así como también la libertad, maniobra, comodidad, conveniencia y adecuación del flujo vehicular, así como también de la seguridad vial.

Asimismo, es considerado como nivel de servicio para intersecciones semaforizadas en términos de control de la demora, siendo el control de la demora promedio estimado por cada grupo de carril y para la intersección en conjunto.

El Highway Capacity Manual 2010 (Transportation Research Board) señala seis niveles de servicio, los cuales los identifica por letras desde la A (flujo vehicular totalmente libre, con las mejores condiciones posibles de tránsito), hasta la F (flujo vehicular forzado y con las peores condiciones de tránsito).

1.8 Metodología Highway Capacity Manual 2010 para análisis de capacidad y niveles de servicio

El capítulo 18 del Highway Capacity Manual 2010 (en adelante: HCM 2010), se basa en las intersecciones semaforizadas, el cual estudia la capacidad y la calidad de servicio en el que los conductores(usuarios) transitan en una vía con múltiples intersecciones señalizadas.

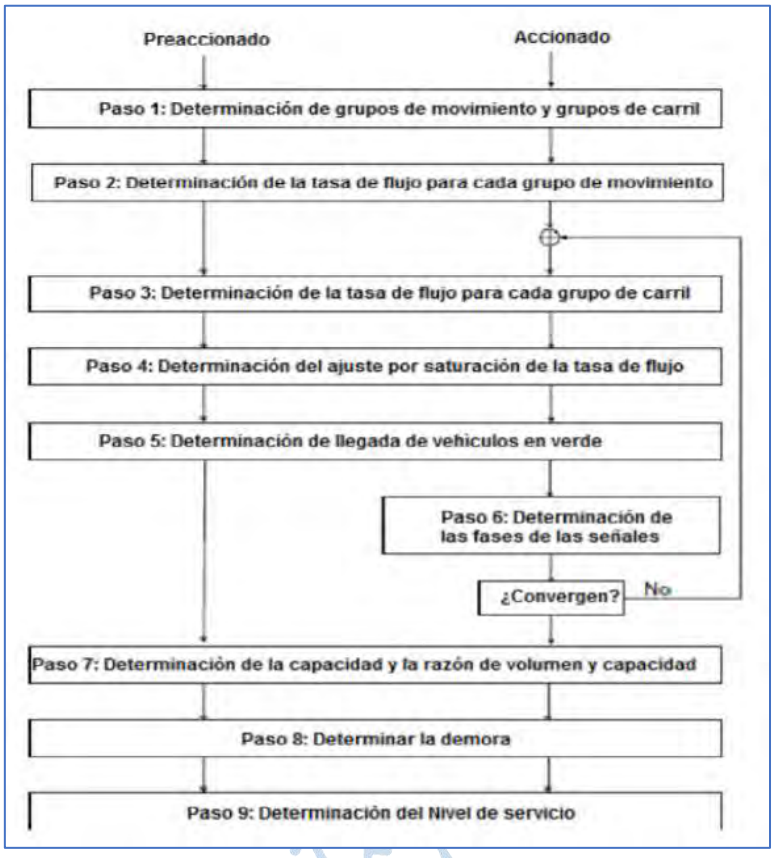
Asimismo, la metodología HCM 2010 (Transportation Research Board) aplica a casos en el cual exista intersecciones de 3 o 4 vías, ya sean calles o carreteras. Es por ello que la metodología que se describe a continuación tiene la finalidad de evaluar el rendimiento de la mayor parte de los flujos de tráfico que transitan a través de la una determinada intersección. De acuerdo con el HCM 2010, se indican tres metodologías para la evaluación de una intersección determinada, el cual se dirige a modos de viaje tanto de automóviles, peatones

y bicicletas. Para el desarrollo de este estudio se evaluará el primer modo de viaje, automóviles.

A continuación, nos enfocaremos en el rendimiento de la intersección señalizada desde el punto de vista del usuario-conductor, tomando en cuenta los siguientes pasos señalados por el HCM 2010 (Transportation Research Board) ilustrados en la Figura 12:

Figura 12

Metodología del automóvil para intersecciones semaforizadas



Nota. Tomado del Transportation Research Board (2010)

1.8.1 Paso 1: Determinar el grupo de movimientos y grupo de carriles

Este paso describe y evalúa el funcionamiento de las intersecciones, siendo el movimiento de grupos y grupos de carril dos conceptos importantes muy parecidos que difieren únicamente cuando un carril compartido está presente en un acceso con dos o más carriles.

El primer concepto de grupo de movimiento es necesario para especificar los datos de entrada, en el que se describe asimismo los cálculos que se requieren para el desarrollo de la metodología.

El segundo concepto de grupos de carril es necesario cuando un carril que se encuentra compartido está presente en un acceso que cuenta con dos o más carriles, siendo importante conocer la cantidad de vehículos mixtos en el carril compartido, o en caso contrario este funciona como un carril exclusivo de giro.

En la Tabla 5 se precisa algunos grupos de movimiento y grupos de carriles.

Tabla 5

Grupo de carriles más comunes

NÚMERO DE CARRILES	MOVIMIENTO POR CARRILES	MOVIMIENTO EN GRUPOS (MG)	GRUPO DE CARRILES (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:

Nota. Transportation Research Board (2010, capítulo. 18, p.34)

1.8.2 Paso 2: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimiento

En este paso, si el giro proviene por uno o más carriles exclusivos y hay carriles compartidos, entonces, la tasa de flujo de movimiento se asigna a un grupo de movimiento. Asimismo, para los flujos de accesos que no se han asignado a un grupo de movimiento, se le asignara a un grupo de movimiento.

En una intersección, el flujo de giro a la derecha en rojo se resta de la tasa de flujo de derecha, muy a pesar de si el giro a la derecha se realiza de un carril compartido o de un carril exclusivo. De la misma manera, en una intersección que ya existe, el número de giros a la derecha en rojo se resolverá de acuerdo con la observación que se realice en campo. Por otro

lado, de acuerdo con Transportation Research Board (2010), la tasa de flujo en los grupos de movimiento se podrá obtener de los aforos vehiculares en un periodo de un cuarto de hora.

1.8.3 Paso 3: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles

Para determinar la tasa de flujo del grupo de carriles, en caso de no existir carriles compartidos en el acceso de la interacción o de solo tener un carril en dicho acceso, hay una correspondencia uno a uno entre grupo de carriles y grupos de movimiento. Para esta situación, el flujo del grupo de carril es equivalente a la tasa de flujo de movimiento.

1.8.4 Paso 4: Determinar los ajustes de la tasa de flujo de saturación

El flujo de saturación básico es proporcionado como una variable de entrada en este cálculo, el cual será de 1,900 veh/h/carril para urbes con poblaciones mayores a las 250,000 personas y en caso contrario el valor será de 1,750 veh/h/carril.

La Ecuación 1.25 tomada del Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2010, cap. 18, -p. 35) determina el flujo de saturación por carril y por grupo de carriles:

$$\boldsymbol{s = s_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}} \qquad (1.25)$$

Donde:

$\boldsymbol{s}$ = tasa de flujo de saturación por grupo de carriles (veh/h-verde)

$\boldsymbol{s_0}$ = tasa de flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril)

$\boldsymbol{f_w}$ = factor de ajuste por ancho de carriles.

$\boldsymbol{f_{HV}}$ = factor de ajuste por vehículos pesados en el grupo.

$\boldsymbol{f_g}$ = factor de ajuste por pendiente del acceso.

$\boldsymbol{f_p}$ = factor de ajuste por estacionamientos cercanos a la intersección.

$\boldsymbol{f_{bb}}$ = factor de ajuste por bloqueo de buses que se detienen en la intersección.

$\boldsymbol{f_a}$ = factor de ajuste por tipo de área

$\boldsymbol{f_{LU}}$ = factor de ajuste por utilización de carriles.

$\boldsymbol{f_{LT}}$ = factor de ajuste por giros a la izquierda.

$\boldsymbol{f_{RT}}$ = factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb} = factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones

f_{Rpb} = factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas.

A continuación, se indica a través de la Tabla 6 las fórmulas, variables definidas y parámetros de los factores que se deben ajustar para el cálculo de la tasa de flujo de saturación:

Tabla 6

Factores de ajuste la tasa del flujo de saturación

Factor	Fórmula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	W < 3.0 , fw = 0.96 10 ≤W<12.9 , fw = 1.00 W > 12.9 , fw = 1.04	W = ancho de carril (m)	W ≥ 2.4 Si 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 ≤ % G ≤ +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	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ $f_p \geq 1.000$ 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	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$
	f_a= 0.900 en CBD	CBD = Central Business	

Factor	Fórmula	Definición de Variables	Observaciones
Tipo de área	f_a= 1.000 en otras áreas	District - Centro de negocios	
Utilización de Carril	f_{LU}= 1.00, para grupos con carril exclusivo f_{LU}= 1.00, para grupos con carril compartido		
Giros Izquierda	(1) f_{LT} = 0.95 (2) f_{LT} = 0.92 (3) f_{LT} = 0.85 (4) f_{LT} = 0.75	(1) Para carril único o compartido (2) Para carril doble (3) Intersección T, un carril (4) Intersección T, doble carril	Consultar Capítulo 31 del HCM2010
Giros Derecha	(1) f_{RT} = 0.85 (2) f_{RT} = 0.75	(1) Para giro protegido en carril compartido o único (2) Para giros permitidos o carril doble	Consultar Capítulo 31 del HCM2010
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	(1) $f_{Lpb} = A_{pbT}$ (2) f_{Lpb} = 1.00	(1) Si existiese conflicto peatón/ciclista con vehículos A_{pbT} = 1 - Occr, si carriles receptores = carriles de giro. A_{pbT} = 1 - 0.6Occr, si carriles receptores > carriles de giro. (2) Si no existiese conflicto peatón/ciclista con vehículos	Occr toma en cuenta la zona de conflicto durantela fase verde Consultar Capítulo 31 del HCM2010

Nota. Tomado del Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2010)

1.8.5 Paso 5: Determinar la proporción que llega durante el verde

Una intersección semaforizada estará limitada por el retraso de control, así como el tamaño de la cola debido a la cantidad de vehículos que arriben durante la señal del semáforo en verde y rojo. Asimismo, la demora y el tamaño de la cola serán menores cuando una mayor cantidad de vehículos arriben durante la indicación verde. (Transportation Research Board, 2010)

La Ecuación 1.26 determina el valor de cantidad de vehículos que llegan en verde.

$$P = Rp * \left(\frac{g}{c}\right) \tag{1.26}$$

Donde:

P = Cantidad de vehículos que arriban durante el verde

Rp = Relación en pelotón

c = Ciclo semafórico (S)

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles

1.8.6 Paso 6: Determinar los intervalos de fase semafórica

La duración de intervalos de una fase semafórica tiene mucho que ver con el control que se empleará en la intersección a estudiar. En caso de que el tipo de control sea de tiempo establecido, entonces la duración de esta fase podrá ser modificada y este paso podrá ser omitido. Sin embargo, la duración de una fase de una señalización es con semáforo activado, tal y como lo detallan Transportation Research Board (2010), entonces este estará compuesto por cinco períodos de tiempo que se detallan a continuación:

El primer período consiste en el tiempo que se pierde mientras la cola reacciona a la indicación de la señal de cambio a verde.

El segundo periodo es el intervalo del tiempo requerido para desaparecer las colas de vehículos.

El tercer período indica el tiempo para la indicación del verde el cual se por los vehículos que arriban al azar. Es periodo finaliza en el momento en que hay un espacio vacío en el tráfico o el verde se extiende hasta el límite máximo.

El cuarto período se da en el intervalo de cambio de color amarillo.

El último período finaliza en el despeje de color de rojo.

La siguiente ecuación indica la activación de fase:

$$Dp = l_1 + g_s + g_e + Y + R_c \tag{1.27}$$

En el cual,

Dp = Duración de la fase (seg.)

l_1= Tiempo perdido por la puesta en marcha = 2.0 (s)

g_s =Tiempo de servicio de la cola (s).

g_e= Extensión del verde (s).

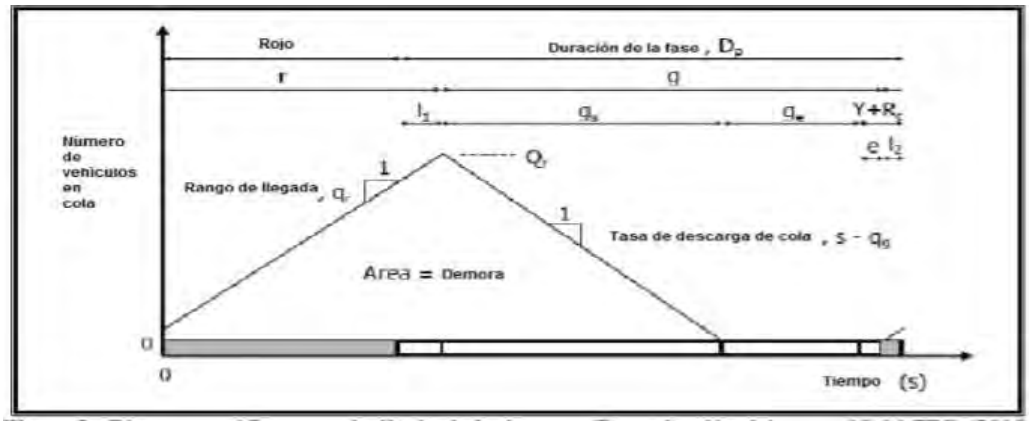
Y = Intervalo del cambio a amarillo (s).

R_c =Intervalo del despeje en rojo (s)

La Figura 13 indica una relación entre la duración que tiene una determinada fase y la dimensión de la cola para el ciclo promedio del semáforo. En el intervalo rojo, los vehículos llegan a un ritmo de “qr” y forman una cola. La cola llega a su máximo tamaño “l1” segundos después de que se finalice el intervalo de rojo. A partir de allí, la cola comienza a desaparecer a una tasa igual a la tasa de flujo de saturación menos la tasa de llegada durante la fase de verde “qg”. La cola se despeja “gs” segundos después del inicio de la descarga. Así los arribos de vehículos al azar son hallados y causan al intervalo verde a extenderse. Finalmente, se produce un espacio en el tráfico (el límite máximo de verde se alcanza) y finaliza el intervalo verde. El final del intervalo de verde coincide con el final del tiempo de extensión “ge”. (Transportation Research Board, 2010)

Figura 13

Diagrama gráfico para el cálculo de la demora



Nota. Tomado de Transportation Research Board (2010, Anexo 18-14)

Para determinar el tiempo efectivo, se debe considerar la Ecuación 1.28:

$$g = Dp - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e \tag{1.28}$$

Donde,

l_2 = tiempo perdido de despeje = Y + Rc – e(s)

e = Extensión del verde efectivo = 2.0 (s)

1.8.7 Paso 7: Determinar la capacidad y grado de saturación

En este paso se determina la capacidad de un grupo de carriles, el cual trabaja en función a un movimiento en el cual no está permitido el giro a la izquierda. En la Ecuación 1.29 se halla la relación que existe entre la intersección semaforizada con respecto a la capacidad de una determinada vía (Transportation Research Board, 2010):

$$c = NS\left(\frac{g}{c}\right) \tag{1.29}$$

En el que:

c = Capacidad (veh/hora/acceso)

N = Número de carriles para el grupo de movimientos o grupo de carril

S = Tasa de flujo de saturación ajustado (veh/h/ln)

g = Tiempo verde efectivo de la fase

c = Longitud de ciclo semafórico

Para el cálculo de la capacidad de un carril compartido en un grupo de carriles, y para un grupo de carriles con movimiento de giro a la izquierda permitido se utiliza la Ecuación 1.30:

$$X = \left(\frac{v}{c}\right) \tag{1.30}$$

Donde:

X = Relación volumen - capacidad

v = Flujo de demanda (veh/h/acceso)

c = Capacidad (veh/hora/acceso)

Con respecto a la relación del volumen – capacidad en una intersección critica se da a través de la Ecuación 1.31 y 1.32:

$$X_C = \left(\frac{C}{C-L}\right) \sum_{i \in ci} y_{c,i} \tag{1.31}$$

$$L = \sum_{i \in ci} l_{t,i} \tag{1.32}$$

Donde:

X_C = razón critica volumen-capacidad de intersección

C = duración del ciclo (s)

$y_{c,i}$ = razón de flujo crítico de fase $i = \frac{v_i}{N_{s_i}}$

$l_{t,i}$ = Tiempo perdido de fase "i" == $l_{1,i} + l_{2,i}(s)$

ci = conjunto de fases críticas en la ruta crítica.

L = tiempo perdido del ciclo (s).

1.8.8 Paso 8: Determinar las demoras

En este paso se evalúa la demora de control promedio que se experimenta por los vehículos que arriban durante el tiempo de análisis, el cual incluye el tiempo de demora que

se debe a los vehículos que aún se encuentran en la cola después que finaliza el periodo de estudio.

Para determinar la demora de control para un grupo de un carril se considera la Ecuación 1.33:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \tag{1.33}$$

Donde:

d = Demora total del sistema (s/veh).

d_1 = Demora uniforme (s/veh).

d_2 = Demora incremental (s/veh).

d_3 = Demora por cola inicial (s/veh).

Demora Uniforme ($\mathbf{d_1}$): esta demora se basa considerando en las intersecciones aspectos como llegadas uniformes, flujo estable y que en dicha intersección no exista cola inicial. La Ecuación 1.34 considera la fórmula de demora de Webster en el cual los valores de x mayores de 1.0 no serán usados para el cálculo de d_1.

$$d_1 = \frac{0.5\left(1-\frac{g}{c}\right)^2}{1-\left[\min(1,x)*\frac{g}{c}\right]} \tag{1.34}$$

En el cual:

d_1 = demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh)

c = duración del ciclo (s); duración usada por semáforos con controladores fijos

g = tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s).

x = relación v/c o grado de saturación del grupo analizado.

Demora Incremental (d_2): la Ecuación 1.35 indica el incremento de demora que se debe a la llegada no uniforme y fallas de ciclo (demoras aleatorias), así como también por aquellas causadas por periodos con sobresaturación (demora por sobresaturación), en donde la ecuación indica que no hay demanda insatisfecha que genere colas iniciales en el principio de periodo que se está analizando (T).

$$d_2 = 900T\left[(X-1)+\sqrt{(X-1)^2+\frac{8xkxIxX}{cxT}}\right] \quad (1.35)$$

Siendo:

d_2 = demora incremental, considera los efectos de las colas aleatorias y sobresaturadas y se ajusta por la duración del periodo que se está analizando, así como también el tipo de controlador semafórico (s/veh).

T = duración del periodo de análisis en horas (h).

k = factor de la demora incremental que depende de la configuración del controlador (será utilizado para la incorporación en la ecuación de la demora incremental (d_2). En caso de que los semáforos que cuentan con tiempo fijo el valor de "k" será igual a 0.50[20]).

I = factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección corriente arriba.

c = capacidad del grupo de carriles (veh/h)

X = relación v/c o grado de saturación del grupo de carriles

Factor de ajuste por ingreso corriente arriba ($\boldsymbol{I}$): Este factor es utilizado para estimar el valor aleatorio de la cantidad de vehículos que llegan a la zona de estudio por efecto de los semáforos corriente arriba. Los valores del factor de ajuste por presencia de intersecciones aguas arriba varían entre 0.09 y 1.00; para las intersecciones aisladas (se considera como aislada aquella intersección que tiene una distancia de 966 metros o más de separación de las otras intersecciones) se utiliza el valor de 1.00. (Transportation Research Board, 2010):

$$I = 1.0 - 0.91X^{2.68} \geq 0.09 \quad (1.36)$$

Donde:

I = Factor de ajuste por presencia de intersecciones aguas arriba

X = Relación volumen-capacidad

Demora inicial de la cola ($\boldsymbol{d_3}$): Para hallar la demora inicial, tenemos la Ecuación 1.37:

$$d_3 = \frac{3600}{vT}\left[t_A\frac{Q_b+Q_e-Q_{eo}}{2}+\frac{Q_e^2-Q_{eo}^2}{2c}-\frac{Q_b^2}{2C_a}\right] \quad (1.37)$$

$$Q_e = Q_b + t_A(v - C_a)$$

Donde:

Caso 1: $v \geq C_a$, entonces

$$Q_{eo} = T(v - C_a)$$

$$t_A = T$$

Caso 2: $v < C_a$, entonces

$$Q_{eo} = 0.0\ veh$$

$$t_A = \frac{Q_b}{C_a - v} \leq T \tag{1.38}$$

Siendo

d_3 = Demora por cola inicial (s/veh)

c = Capacidad (veh/hora/acceso)

v = Flujo de demanda(veh/h/acceso)

T = Duración del periodo de análisis (horas)

t_A = Duración ajustada de demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h)

Q_b= Cola inicial al comienzo del periodo de análisis(veh)

Q_e = Cola al final del periodo de análisis (veh)

Q_{eo} = Cola al final del periodo de análisis cuando $v \geq C_a$ y Q_b= 0.0 (veh), las demás variables han sido definidas previamente.

1.8.9 Determinar los niveles de servicio

En este paso, se utiliza el concepto de nivel de servicio, el cual es empleada como una medida cualitativa que hace referencia a la calidad del flujo vehicular y la percepción tanto de los conductores y pasajeros que transitan en las intersecciones. Estas condiciones se orientan en referencia a la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, conveniencia y la seguridad vial.

La metodología HCM 2010 establece seis niveles de servicio: A, B, C, D, E y F, siendo el nivel A el que indica al tránsito más fluido, el de mejores condiciones; siendo por otro lado el

nivel F un tránsito muy forzado. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía. (Transportation Research Board, 2010).

La Tabla 7 detalla los niveles de servicio de acuerdo con las condiciones antes mencionadas.

Tabla 7

Criterio para la determinación del nivel de servicio

NIVEL DE SERVICIO		Demora de Control por vehiculo
$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$	(s/veh)
A	F	≤ 10
B	F	$> 10 - 20$
C	F	$> 20 - 35$
D	F	$> 35 - 55$
E	F	$> 55 - 80$
F	F	> 80

Nota. Tomado de Transportation Research Board, (2010)

Programa SYNCHRO 8.00

Synchro es un programa para analizar y pronosticar la calidad del flujo vehicular a través de una red de vías con o sin semáforos en sus intersecciones. Este software es compatible con el método HCM 2010 y HCM 2000, tanto para las intersecciones con y sin señalización, y para rotondas. Asimismo, Synchro es compatible con el Método de Utilización de la Capacidad de la Intersección (ICU Method).

A continuación, se detallan otros beneficios que aporta Synchro 8.00 para la realización de la presente tesis:

- Permite una producción optima de tiempo, así como también de la optimización de la duración del ciclo, tiempos parciales. Asimismo, permite mejorar la secuencia de fases con la finalidad de reducir las paradas de los controladores y el retraso.
- Es un software totalmente interactivo, pudiendo realizar cambios en los valores de entrada, en el cual los resultados se actualizan de manera automática.
- Permite el análisis y programación de la capacidad en intersecciones con semáforo y sin semáforos, obteniendo de esta manera los parámetros de coordinación que beneficie al flujo de tránsito.

- Este programa cuenta con SimTraffic CI, el cual permite interactuar con una interfaz de Controlador (IC) del dispositivo, pudiendo conectarse a un controlador para la simulación en el funcionamiento del controlador del tráfico.
- Optimiza la duración del ciclo, división y compensación de los diferentes tiempos de fases de la intersección que se pretende evaluar.

La presente tesis empleará el programa Synchro 8.0 con la finalidad de simular el sistema actual de tráfico que se encuentra en la Av. Grau entre los tramos de la Av. Gullman y la Av. Sullana, y a partir de ello proporcionar propuestas de mejoras cumpliendo los objetivos que se señalan en el presente estudio.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 2. Situación actual de la avenida Miguel Grau

2.1. Información de la zona de estudio

2.1.1. Ubicación y área de la red vial

El área de estudio corresponde a la Av. Miguel Grau, una vía principal que une diferentes puntos del Distrito de Piura y del Distrito de Veintiséis de Octubre.

Geográficamente la zona de estudio presenta las siguientes coordenadas:

<u>Inicio:</u>

Norte: 9425714.00

Este: 540967.00

Elevación: 29 msnm

<u>Termino:</u>

Norte: 9425964.96

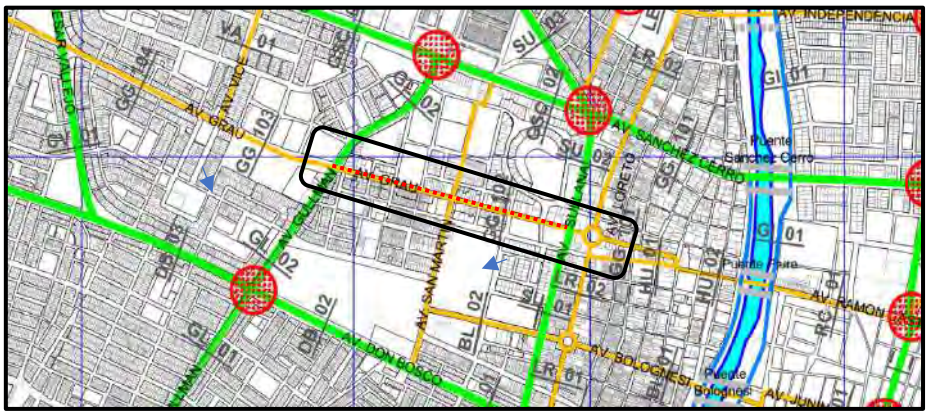
Este: 539969.07

Elevación: 33 msnm

Las coordenadas del punto de inicio y final del tramo de estudio se muestran mediante el sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) de la zona 17 sur las cuales han sido obtenidas con Google Earth el cual usa el sistema universal WGS84.

Figura 14

Planta general y área de estudio en la Av. Miguel Grau



Nota. Portal web. Municipalidad Provincial de Piura

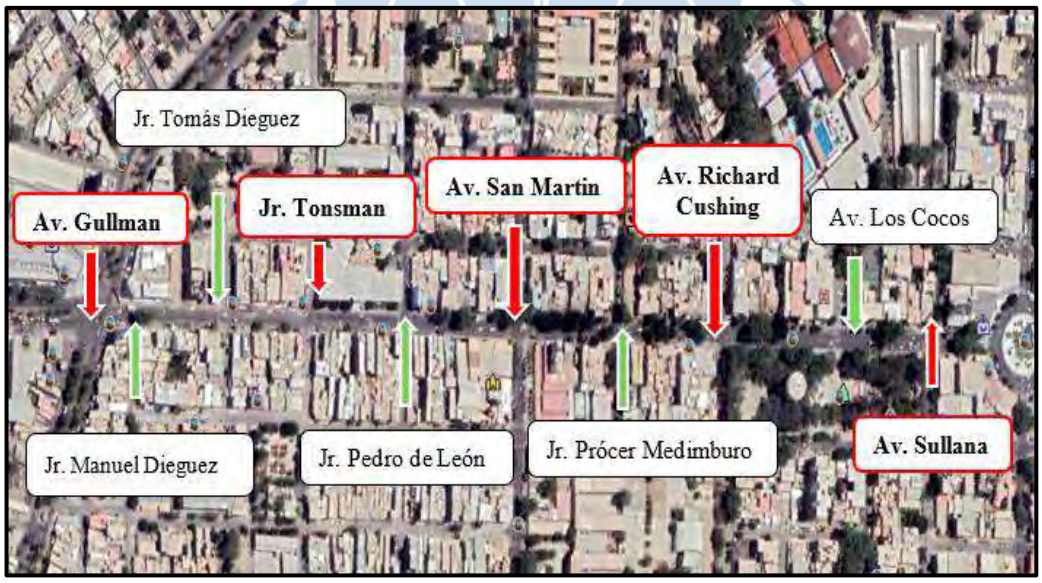
El tramo vial comprende las siguientes intersecciones:

- Av. Sullana – Av. Miguel Grau
- Av. Los Cocos– Av. Miguel Grau
- Av. Richard Cushing – Av. Miguel Grau
- Jr. Prócer Mendiburo – Av. Miguel Grau
- Av. San Martin – Av. Miguel Grau
- Jr. Pedro de León – Av. Miguel Grau
- Jr. Tonsman – Av. Miguel Grau
- Jr. Tomás Diéguez – Av. Miguel Grau
- Jr. Manuel Diéguez – Av. Miguel Grau
- Av. Gullman – Av. Miguel Grau

De las cuales 5 intersecciones serán semaforizadas y 5 serán intersecciones sin semaforización. En la Figura 15 podemos ver las intersecciones semaforizadas resaltadas con rojo las cuales serán objeto de estudio y con verde las que no presentan semaforización.

Figura 15

Intersecciones del área de Estudio



Nota. Elaboración propia

2.1.2. Datos generales del tramo vial

La avenida Miguel Grau es una de las vías principales que recorre gran parte de la Ciudad de Piura podemos encontrar varios puntos de atracción en el trayecto de la zona de estudio tal como se muestra en la Figura 16

Figura 16

Zona de actividades desarrolladas en Av. Miguel Grau

Nota. Elaboración propia

En la Figura 17 se detalla cada punto de atracción.

Figura 17

Puntos socioeconómicos de atracción

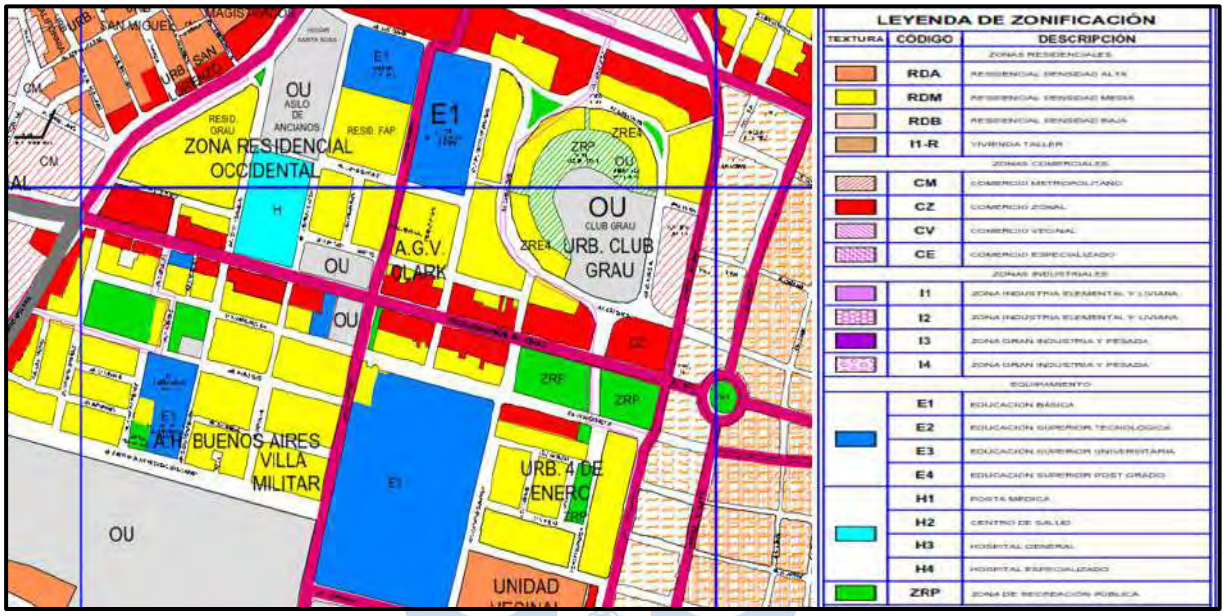
Centro de Atracción		Intersección
	Centro comercial	
	Plaza de la luna	Av. Gullman
	Abastecimiento de combustible	
	Grifo Primax	Jr. Tomás Dieguez
	Centros de salud (más importantes)	
	Hospital Jorge Reátegui	Jr. Tonsman
	Clinica San Miguel	Av. Los Cocos
	Centros religiosos	
	Iglesia Santisimo Sacramento	Av. San Martin
	Centro de reacreación	
	Parque Miguel Cortés	Av. Sullana

Nota. Elaboración propia

El tramo vial se encuentra clasificado en diferentes zonas como se observa en la Figura 18, esta propuesta es señalada en el Plan de Desarrollo Urbano, Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 (Municipalidad provincial de Piura, 2014), la finalidad de esta zonificación es la de conocer el uso del suelo y la influencia de actividades que predominan sobre dicha zona geográfica.

Figura 18

Zonificación del área de estudio



Nota. Plan de Desarrollo Urbano, Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 (2014)

La sección que analizaremos inicia en la Av. Sullana y finaliza en la Av. Gullman, en esta área se encuentra una gran influencia del comercio zonal, hay un gran uso del suelo como zona residencial densidad media, también podemos encontrar zonas de recreación pública y una importante zona usada como hospital.

2.1.3. Tipología vehicular de la zona de estudio

El tránsito que circula por el tramo analizado está comprendido por los siguientes tipos de vehículos observables en la Figura 19.

Figura 19

Clasificación vehicular de la zona de estudio

UNIDAD VEHICULAR	
Mototaxis	
	Este grupo vehicular tiene un alto índice de participación a pesar de que actualmente se cuenta con un anillo vial que limita su desplazamiento. En este grupo también se encuentran las moto furgonetas.
Buses de transporte público	
	La empresa encargada de brindar este servicio esta conformada por una flota de buses que como parte de su recorrido esta la Av. Miguel Grau
Taxis y Motocicletas	
	Estas unidades son las que tienen un mayor porcentaje de participación en el tránstio vehicular de la zona
Transporte particular	
	El transporte particular esta conformado por autos, camionetas y en menor porcentaje bicicletas.
Transporte de carga	
	Es un sector minoritario conformado por camiones de poca capacidad

Nota. Elaboración propia

2.1.4. Problemática en intersecciones

- **Semaforización:**
  - ✓ **Semáforos sin funcionamiento:**

No se visualizan los colores de los intervalos en los semáforos ocasionando incertidumbre en los peatones y conductores, tal como se evidencia en la Figura 20 y 21.

Figura 20

Semáforo peatonal sin funcionamiento - Intersección con Jr. Tonsman

Nota. Elaboración propia

Figura 21

Semáforo vehicular sin funcionamiento - Intersección con Jr. Tonsman

Nota. Elaboración Propia

Este tipo de complicaciones en la red de semáforos presenta un nivel de gravedad alto, ya que expone a los peatones y conductores a graves accidentes.

- ✓ **Semáforos con funcionamiento parcial:**

Los dígitos del conteo regresivo no se ven con claridad cuando se indica el intervalo de verde (como se observa en la Figura 22), además no se logra visualizar el periodo de tiempo rojo. Es importante resaltar que la red de estudio cuenta con este tipo de semáforos que no están reglamentados en el Manual de Dispositivos de control de Tránsito contenido en la

Resolución Directoral Nº16-2016-MTC/14 de 2016 de la Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles, por lo que carece de sustento técnico el uso de este tipo de semáforos.

Figura 22

Semáforo vehicular averiado - Intersección con Av. Richard Cushing

Nota. Elaboración Propia

Este tipo de problemas presenta un nivel de gravedad alto, ya que, al no visualizarse el cambio de color en los semáforos, genera confusión en el conductor además esta situación contribuye a que las condiciones de servicio en las intersecciones no sean las adecuadas empeorando el tráfico vehicular.

- ✓ **Semáforos sin conteo regresivo:**

Problema con poca frecuencia en las intersecciones, esta dificultad se caracteriza porque se logran visualizar los colores para cada intervalo semafórico, pero no se muestra el tiempo, de hacerlo solo se observa una línea en lugar de los dígitos del conteo regresivo. Este problema es generado en cierta parte porque no existe en el reglamento especificaciones técnicas que indiquen características de uso y tampoco en qué circunstancias deberían de usarse estos semáforos. El uso del conteo regresivo no es conveniente ya que influye alterando el comportamiento y el tiempo de percepción-reacción del conductor.

Seguridad vial:

- ✓ **Paraderos en calzada**

La mala ubicación de paraderos de mototaxis ocasiona incomodidad en los usuarios debido a la falta de control por parte de la municipalidad, la deficiente reglamentación de paraderos de este servicio y a que los conductores colocan sus unidades en el paso peatonal, como se evidencia en la Figura 23 y 24.

Figura *23*

Paraderos en calzadas, intersección con Av. Sullana

Nota. Elaboración Propia

Figura 24

Paraderos en calzadas, intersección con Jr. Pedro de León

Nota. Elaboración propia

Este tipo de problemas presenta un nivel de gravedad alto, ya que, se eleva el riesgo de sufrir accidentes.

- ✓ **Visibilidad inadecuada en intersecciones para los peatones**

La colocación de anuncios y la falta de mantenimiento de la vegetación, especialmente en las esquinas, como se evidencia en la Figura 25; impiden al conductor ver cuando un usuario cruza intempestivamente obligándolo a realizar maniobras peligrosas.

Figura 25

Obstrucción en la visión del conductor, intersección con Av. Richard Cushing

Nota. Elaboración propia

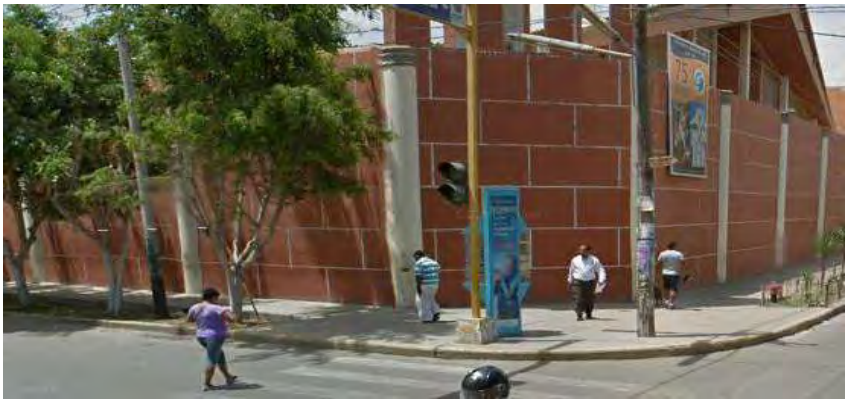
Este tipo de problemas presenta un nivel de gravedad alto, ya que se eleva el riesgo de sufrir accidentes debido a que se está bloqueando la visión del conductor.

- ✓ **Obstaculización de pasos peatonales**

La colocación de cabinas telefónicas y señalización en los inicios de los pasos peatonales, como se observa en la Figura 26 y 27, originan problemas al pasar de una acera a otra, vulnerando el libre tránsito peatonal.

Figura 26

Obstrucción de pasos peatonales, intersección con Av. San Martín.



Nota. Elaboración propia

Figura 27

Obstrucción de pasos peatonales, intersección con Jr. Tonsman

Nota. Elaboración propia

Este tipo de problemas presenta un nivel de gravedad alto producto de la dificultad que tienen los peatones para cruzar de manera libre y segura la acera, esta situación expone a los usuarios más vulnerables a ser víctimas de accidentes.

- ✓ **Deficiente estado de conservación de señalización**

Estos problemas son generados por la falta de mantenimiento en la señalización horizontal (ver Figura 28 y Figura 29) ocasionando confusiones y accidentes en usuarios despistados, esta condición ineficiente se puede observar en todo el recorrido de la Av. Miguel Grau.

Figura 28

Estado deficiente de la señalización horizontal, intersección con Av. San Martin.

Nota. Elaboración propia

Figura 29

Estado deficiente de la señalización horizontal, intersección con Jr. Tonsman.

Nota. Elaboración propia

Este tipo de problemas presenta un nivel de gravedad alto ya que al no visualizarse el correcto pintado de las líneas peatonales o líneas de pare para los vehículos, los peatones se ven forzados a cruzar por zonas que no corresponden.

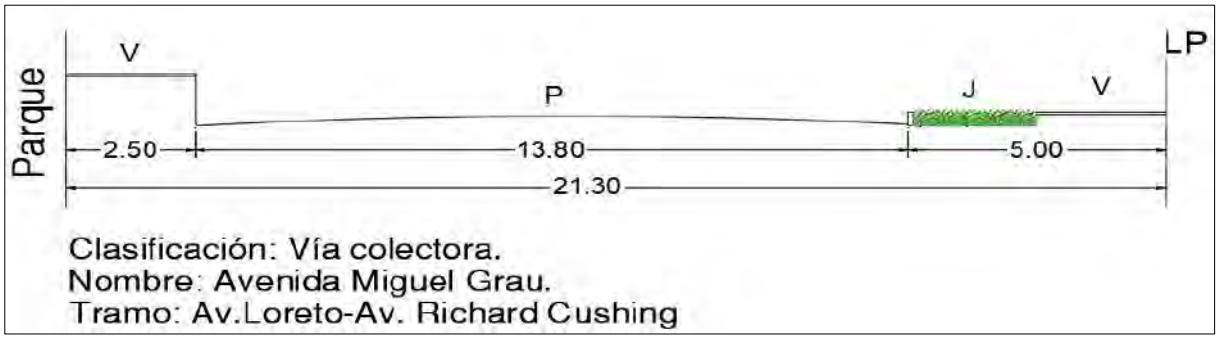
2.2 Recolección de datos

2.2.1. Geometría del Tramo de estudio

La Av. Miguel Grau presenta diferentes características geométricas en todo su recorrido. A continuación, se muestran las diferentes secciones viales en diferentes tramos de la zona de estudio.

Figura 30

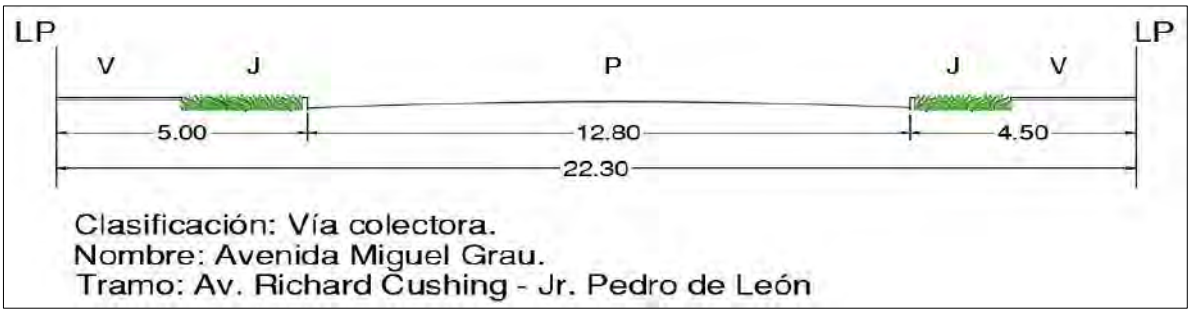
Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Av. Loreto hasta Av. Richard Cushing



Nota. Elaboración propia.

Figura 31

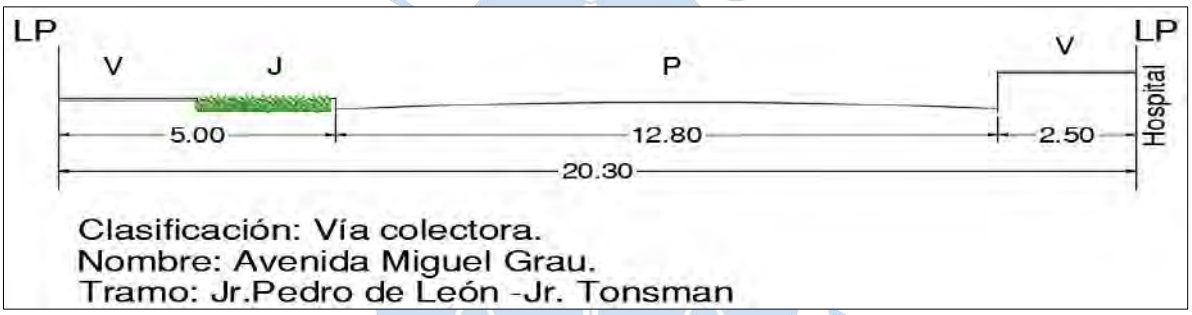
Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Av. Richard Cushing hasta Jr. Pedro de León



Nota. Elaboración propia.

Figura 32

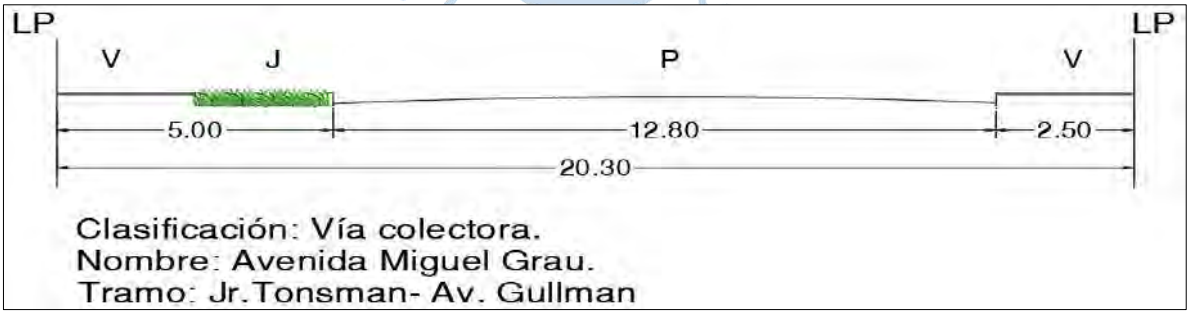
Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Pedro de León hasta Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia.

Figura 33

Sección vial de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Tonsman hasta Av. Gullman



Nota. Elaboración propia.

Se tomaron las medidas en campo para cada intersección y se obtuvieron los siguientes anchos de calzada que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

Dimensiones geométricas de la zona de estudio

Intersección	Acceso 1 (Norte)			Acceso 2 (Sur)			Acceso 3 (Este)			Acceso 4 (Oeste)		
	Carril izquierdo	carril central	carril derecho	Carril izquierdo	carril central	carril derecho	Carril izquierdo	carril central	carril derecho	Carril izquierdo	carril central	carril derecho
Av. Sullana- Av. Miguel Grau	3.00	-	3.00	4.50	-	4.50	3.20	-	3.20	3.70	-	3.70
Av. R cushing- Av. Miguel Grau	3.00	-	3.00	3.00	-	3.00	3.20	-	3.20	3.20	-	3.20
Av. San Martin- Av. Miguel	3.20	-	3.20	3.00	-	3.00	3.20	-	3.20	3.20	-	3.20
Jr. Tonsman- Av. Miguel Grau	3.50	-	3.50	3.50	-	3.50	3.20	-	3.20	3.20	-	3.20
Av. Gullman- Av. Miguel Grau	3.50	3.2	3.20	3.70	2.60	2.60	3.20	-	3.20	3.20	-	3.20

Nota. Elaboración propia

2.2.2 Semaforización

Actualmente, la red semafórica de la ciudad no cuenta con un sistema adecuado de señalización, esta deficiencia está relacionada directamente con una incorrecta gestión del tráfico, de los servicios públicos de transporte y de la red vial en general.

Los semáforos trabajan en la red vial de estudio funcionan con un sistema LED de conteo regresivo, este sistema es usado tanto para semáforos vehiculares como para peatonales.

A continuación, en la Tabla 9 se presentan las diferentes características de los semáforos que encontramos en las intersecciones de estudio:

Tabla 9

Estado actual de la red de semáforos de la ciudad de Piura

UBICACIÓN DE SEMAFORO	TIPO DE ESTRUCTURA			CANT	TIPO	TIPO
INTERSECCIÓN	BANDERA	PEDESTAL	PASTORAL	CARAS	CARAS	CONTROLADOR
Av. Miguel Grau-Av.Sullana	3	2		3	12*12*12	LP16-GPS
Av. Miguel Grau-Av.Richard Cushing	4	4		4	12*12*12	LP16-GPS
Av. Miguel Grau-Av.San Martin		2		4	12*8*8	LP16-GPS
Av. Miguel Grau-Jr. Tonsman		3		4	12*8*8	LP16-GPS
Av. Miguel Grau-Av.Gullman	4	1		4	12*12*12	LP16-GPS

Nota. Adaptado de la Municipalidad Provincial de Piura (2014, p. 77)

2.2.2.1 Ciclos y fases semafóricas. Las fases y los tiempos que dura cada ciclo semafórico han sido tomados en campo tanto para los semáforos peatonales como para los semáforos vehiculares.

A continuación, se presentan los datos recogidos en cada intersección:

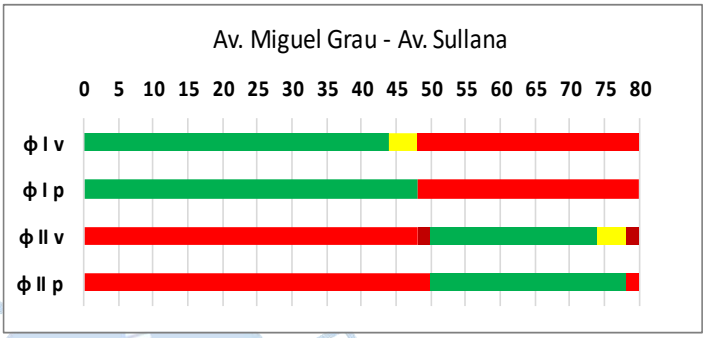
1) **Av. Miguel Grau –Av. Sullana:** Ver Tabla 10

Tabla 10

Ciclo semafórico Av. Miguel Grau -Av. Sullana

Av. Miguel Grau- Av. Sullana		
Tiempos semafóricos (seg)		
Vehicular	**FASE I**	**FASE II**
Verde	44	24
Ámbar	4	4
Todo Rojo	2	2
Tiempo por Fase	50	30
Ciclo Total (seg)	80	
Peatonal	**FASE I**	**FASE II**
Verde	48	28
Rojo	32	52
Ciclo Total (seg)	80	

Ciclo semafórico

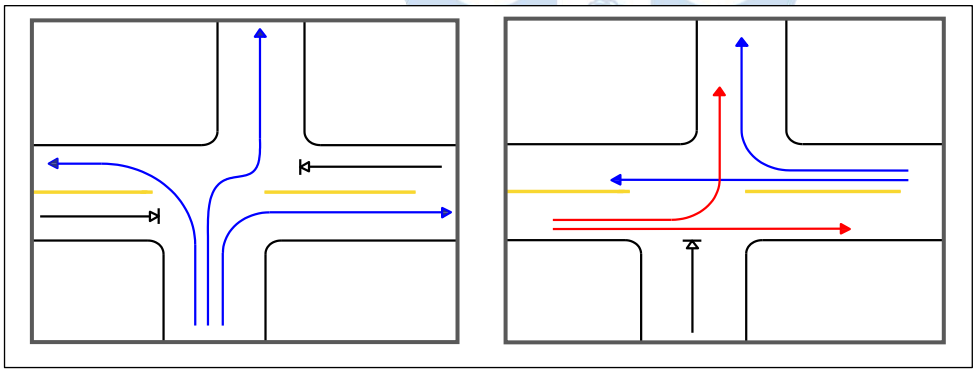


Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 34, se presentan los movimientos realizados en esta intersección:

Figura 34

Diagrama de fases Av. Miguel Grau - Av. Sullana



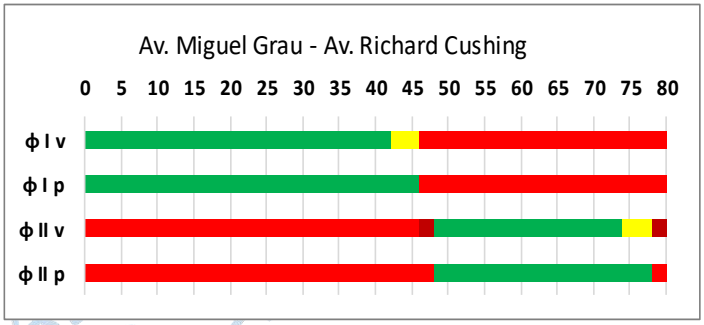
Nota. Elaboración Propia.

2) Av. Miguel Grau –Av. Richard Cushing: Ver Tabla 11

Tabla 11

Ciclo semafórico Av. Miguel Grau - Av. Richard Cushing

Av. Miguel Grau- Av. Richard Cushing		
Tiempos semafóricos (seg)		Ciclo semafórico
Vehicular	**FASE I**	**FASE II**
Verde	42	26
Ámbar	4	4
Todo Rojo	2	2
Tiempo por Fase	48	32
Ciclo Total (seg)	80	
Peatonal	**FASE I**	**FASE II**
Verde	46	30
Rojo	34	50
Ciclo Total (seg)	80	

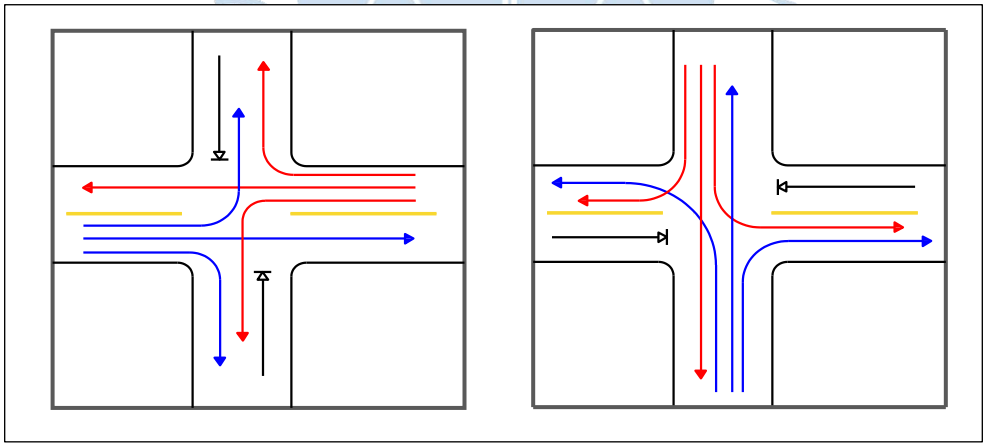


Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 35, se presentan los movimientos realizados en esta intersección:

Figura 35

Diagrama de fases Av. Miguel Grau - Av. Richard Cushing



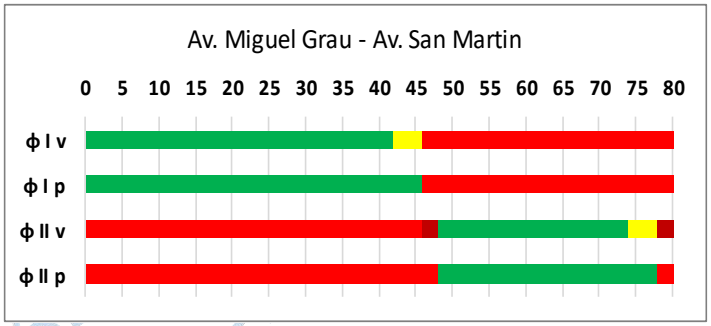
Nota. Elaboración propia

3) **Av. Miguel Grau – Av. San Martin:** Ver Tabla 12

Tabla 12

Ciclo semafórico Av. Miguel Grau - Av. San Martin

Av. Miguel Grau- Av. San Martin		
Tiempos semafóricos (seg)		Ciclo semafórico
Vehicular	**FASE I**	**FASE II**
Verde	42	26
Ámbar	4	4
Todo Rojo	2	2
Tiempo por Fase	48	32
Ciclo Total (seg)	80	
Peatonal	**FASE I**	**FASE II**
Verde	46	30
Rojo	34	50
Ciclo Total (seg)	80	

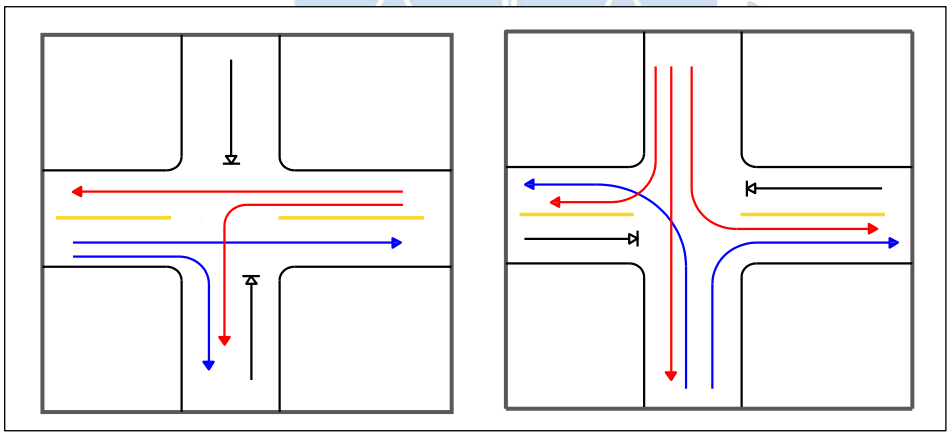


Nota. Elaboración Propia

A continuación, en la Figura 36, se presentan los movimientos realizados en esta intersección:

Figura 36

Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Av. San Martin.



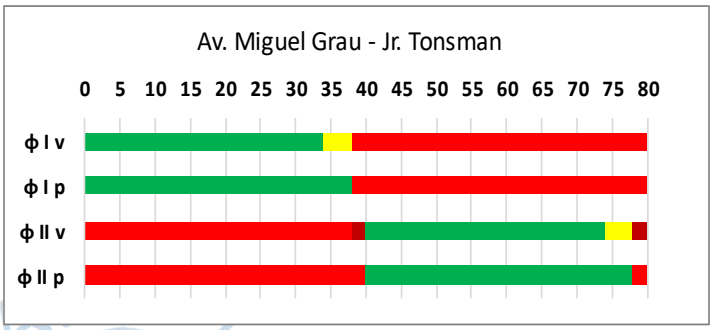
Nota. Elaboración propia

4) Av. Miguel Grau - Jr. Tonsman: Ver Tabla 13.

Tabla 13

Ciclo semafórico Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman

Av. Miguel Grau- Jr.Tonsman		
Tiempos semafóricos (seg)		Ciclo semafórico
Vehicular	**FASE I**	**FASE II**
Verde	34	34
Ámbar	4	4
Todo Rojo	2	2
Tiempo por Fase	40	40
Ciclo Total (seg)	80	
Peatonal	**FASE I**	**FASE II**
Verde	38	38
Rojo	42	42
Ciclo Total (seg)	80	

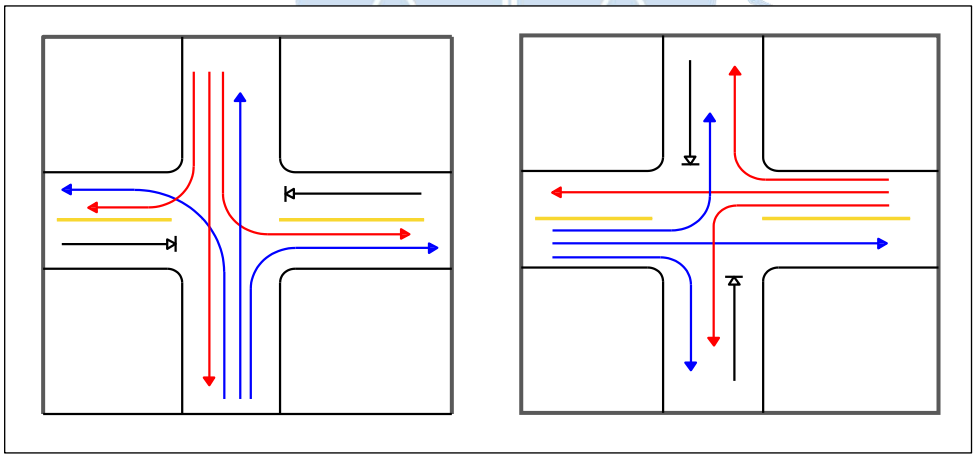


Nota. Elaboración Propia.

A continuación, en la Figura 37 se presentan los movimientos realizados en esta intersección:

Figura 37

Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman.



Nota. Elaboración propia

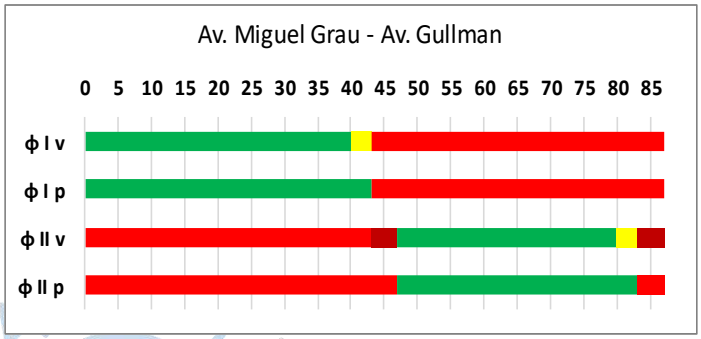
5) **Av. Miguel Grau - Av. Gullman:** Ver Tabla 14.

Tabla 14

Ciclo semafórico Av. Miguel Grau- Av. Gullman

Av. Miguel Grau- Av. Gullman		
Tiempos semafóricos (seg)		
Vehicular	**FASE I**	**FASE II**
Verde	40	33
Ámbar	3	3
Todo Rojo	4	4
Tiempo Fase	47	40
Ciclo Total (seg)	87	
Peatonal	**FASE I**	**FASE II**
Verde	43	36
Rojo	44	51
Ciclo Total (seg)	87	

Ciclo semafórico

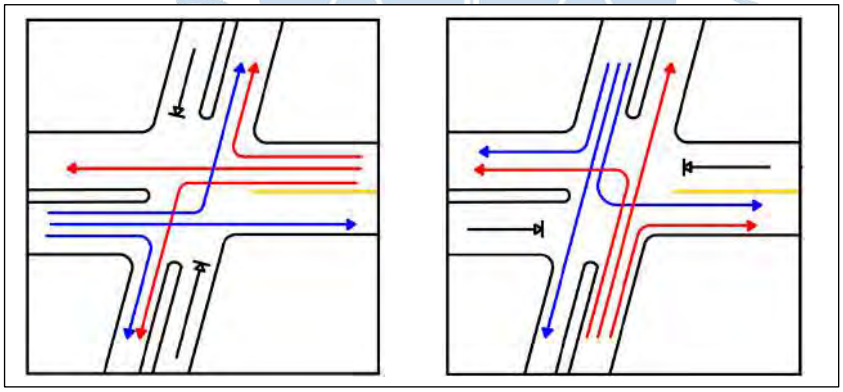


Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 38, se presentan los movimientos realizados en esta intersección:

Figura 38

Diagrama de fases Av. Miguel Grau- Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

2.2.3. Toma de datos

Actualmente contamos con herramientas tecnológicas que recopilan datos diarios sobre el tráfico vehicular, esta información permite conocer las vías con mayor congestionamiento y el horario en que se presenta un mayor flujo vehicular en determinada zona.

Elegir el horario de estudio es muy importante porque nos da una perspectiva más exacta del congestionamiento vehicular, con esto logramos que la confiabilidad del proceso de cálculo y toma de decisiones sea mejor.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó la herramienta de Google Maps, como se observa en la Figura 39, la cual tiene una función con la que podemos conocer el tráfico típico de las diferentes vías. Esta nueva herramienta nos brinda información basándose en un registro histórico de todos los días de la semana haciendo un promedio en intervalos de horas y por día.

Los resultados del tráfico vehicular se muestran mediante una escala que indica con rojo a las vías con mayor congestionamiento y con verde a las que presentar un tráfico fluido.

Se muestra en la Figura 39, como ejemplo, el historial de tráfico para el lunes a las 12:30 pm, el cual fue seleccionado como el horario de mayor congestionamiento vehicular.

Figura 39

Situación de mayor tráfico Av. Miguel Grau

Nota. Elaboración propia.

Luego de haber analizado el horario óptimo para realizar la toma de datos se escogieron los siguientes días (ver Tabla 15) para el método del observador móvil y para el aforo vehicular.

Tabla 15

Horario de toma de datos

Observador Móvil			
Días	**Mañana**	**Tarde**	**Noche**
Lunes (05/04/21)	10:30 a. m.	12:40 p. m.	6:40 p. m.
sábado (10/04/21)			
Aforo vehicular			
Días	**Mañana**	**Tarde**	**Noche**
Lunes (17/05/21)	10:15 - 11:15 am	12:30 - 1:30 pm	6:30 - 7:30 pm
Miércoles (19/05/21)			
Sábado (22/05/21)			

Nota. Elaboración propia

2.2.3.1 Observador móvil. La toma de datos para el método del observador móvil se realizó mediante la lectura vehicular y de los tiempos usando un formato de trabajo, se contabilizaron los datos para un total de 8 vueltas de ida y vuelta.

Los puntos de inicio y fin del recorrido fueron los siguientes:

INICIO: Av. Miguel Grau- Av. Sullana (ver Figura 40).

FINAL: Av. Miguel Grau- Av. Gullman (ver Figura 41).

Figura 40

Punto inicial del observador móvil

Nota. Elaboración propia

Figura 41

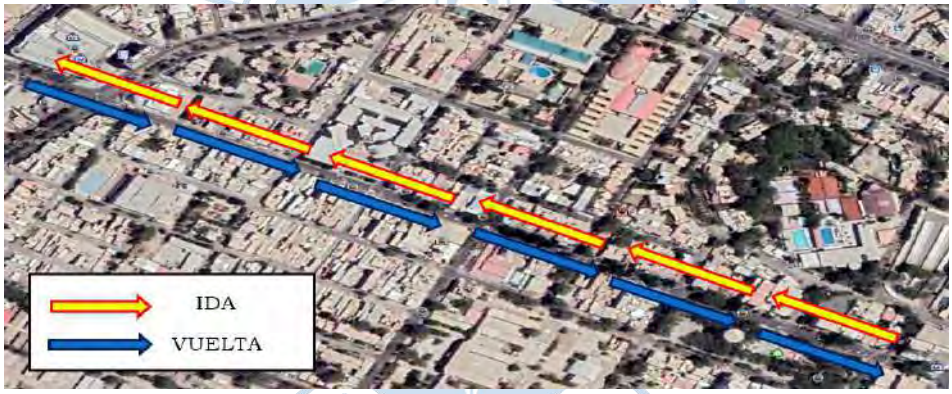
Punto final del observador móvil.

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 42 se señalan los recorridos y direcciones tomadas.

Figura 42

Trayecto y direcciones de Recorrido



Nota. Elaboración propia

El formato y los datos obtenidos en la realización del método se muestran en el Apéndice A.

2.2.3.2 Aforo vehicular. El aforo vehicular de las intersecciones de estudio se llevó a cabo mediante videograbaciones, como se evidencia en la Figura 43, por lo que se contó con personal en cada intersección. Las grabaciones se realizaron de manera simultánea en el tramo de estudio; se escogió este tipo de toma de datos, ya que permite llevar un conteo de manera más precisa en la lectura del flujo vehicular.

Figura 43

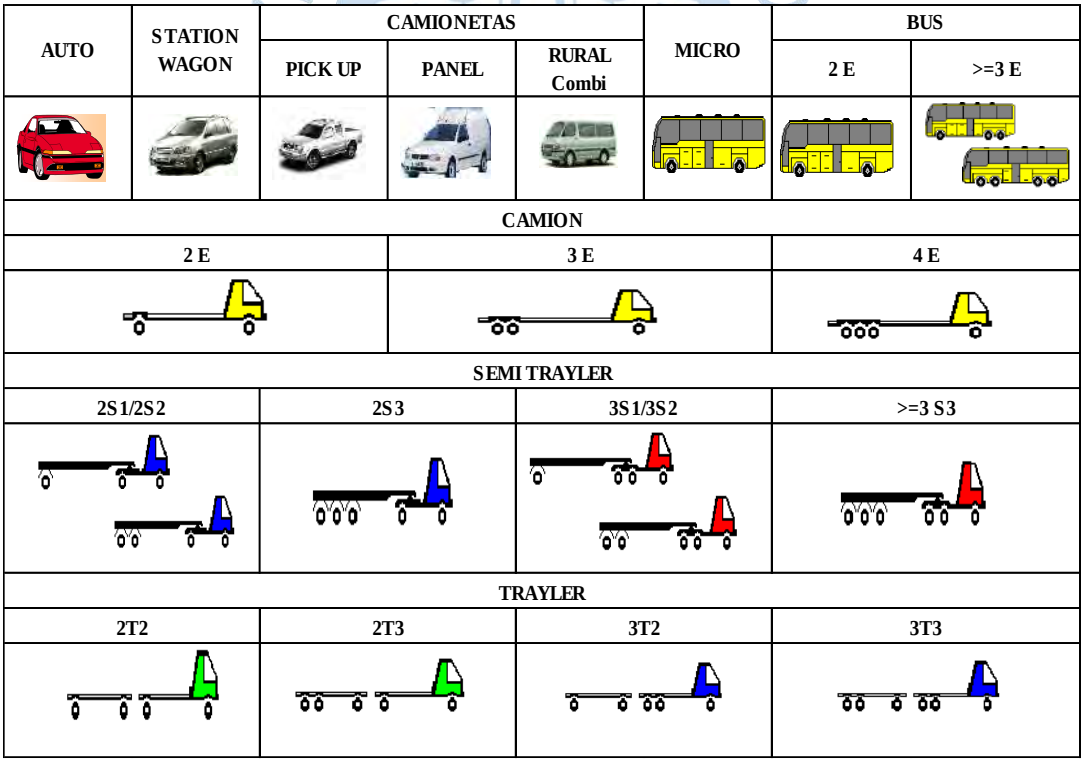
Personal en puntos de grabación Av. Gullman & Av. Richard Cushing

Nota. Elaboración propia

El conteo vehicular se realizó teniendo en cuenta la clasificación brindada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cual se muestra en la Figura 44:

Figura 44

Leyenda por tipología vehicular para el aforo



Nota. Ministerio de Transporte y Comunicaciones

Se han utilizado los siguientes factores de conversión observables en la Tabla16:

Tabla 16

Unidades vehiculares equivalentes

Vehículo	Moto Lineal	Moto taxi	Auto	Station Wagon	Pick Up/Suv	Panel	Combi	Micro	Bus	Camión
UVE	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 17, se presenta el formato junto al aforo medido en campo de la intersección con mayor congestionamiento vehicular.

Tabla 17

Aforo vehicular en la intersección con Av. Gullman

AV. MIGUEL GRAU
AV. GULLMAN

DÍA Y FECHA: lunes 17/05/21
HORA PUNTA: 12:30-1:30 PM

factores p/ VE			0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
VÍA	O-D		CLASIFICACIÓN VEHICULAR															TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
			MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TRAYLER		
							PICK UP/SUV	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	TODOS	TODOS		
Av. Grau	3-4	00-15	99	52	97	7	27	0	4	6	0	0	3	0	0	0	0	295	200
		15-30	111	54	115	1	18	1	2	5	0	0	2	0	0	0	0	309	192
		30-45	112	59	73	5	31	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	289	170
		45-60	133	64	118	4	33	2	3	5	0	0	3	0	0	0	0	365	229
	2-4	00-15	36	52	32	3	23	1	5	3	0	0	4	0	0	0	0	159	121
		15-30	46	45	39	2	26	0	2	1	1	0	3	1	0	0	0	166	119
		30-45	38	79	37	1	31	3	3	2	1	0	2	0	0	0	0	197	130
		45-60	40	60	35	2	22	1	1	3	1	0	3	0	0	0	0	168	117
	1-4	00-15	4	11	5	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	26	23
		15-30	11	16	15	1	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	50	33
		30-45	8	21	14	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46	27
		45-60	9	13	13	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	40	27
	4-3	00-15	102	65	129	10	32	0	3	5	0	0	5	0	0	0	0	351	242
		15-30	95	61	104	2	34	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	303	185
		30-45	101	58	97	3	5	0	9	3	0	0	4	0	0	0	0	280	180
		45-60	103	74	101	4	24	0	4	4	0	0	1	0	0	0	0	315	188
	2-3	00-15	16	12	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	16
		15-30	11	9	13	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	39	31
		30-45	18	12	15	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	28
		45-60	13	12	14	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	44	29
	1-3	00-15	13	7	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	18
		15-30	14	14	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	37
		30-45	18	13	14	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	51	32
		45-60	14	12	17	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	47	28
			1165	875	1145	53	340	9	47	49	6	2	33	1	0	0	0	3725	2402
			31.28%	23.49%	30.74%	1.42%	9.13%	0.24%	1.26%	1.32%	0.16%	0.05%	0.89%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

Av. Gullman	2-1	00-15	36	43	55	2	12	1	1	12	0	0	1	0	0	0	0	163	137
		15-30	38	48	37	2	15	0	1	10	0	0	1	0	0	0	0	152	119
		30-45	43	55	67	3	20	2	0	12	1	0	1	0	0	0	0	204	166
		45-60	28	51	48	1	19	1	1	11	1	0	1	0	0	0	0	162	140
	3-1	00-15	4	4	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10
		15-30	1	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7
		30-45	7	1	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	12
		45-60	2	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6
	4-1	00-15	26	24	8	0	11	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	72	44
		15-30	21	29	3	0	16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	71	40
		30-45	32	20	8	1	14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	77	43
		45-60	37	19	7	0	23	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	89	53
	1-2	00-15	15	46	11	1	3	0	1	9	0	0	1	0	0	0	0	87	75
		15-30	15	43	16	0	3	0	1	10	0	0	1	0	0	0	0	89	81
		30-45	26	56	22	0	5	2	1	9	1	0	0	0	0	0	0	122	93
		45-60	18	41	14	1	2	1	1	8	1	0	1	0	0	0	0	88	78
	3-2	00-15	7	10	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	23	19
		15-30	8	13	11	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	36	32
		30-45	15	11	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	19
		45-60	8	10	8	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	29	23
	4-2	00-15	6	16	8	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	34	22
		15-30	3	11	6	1	4	2	1	0	0	0	4	0	0	0	0	32	39
		30-45	14	24	14	1	8	0	2	0	2	0	4	0	0	0	0	69	66
		45-60	8	12	6	1	3	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	35	33
			418	592	388	16	169	12	14	81	14	0	22	1	0	0	0	1727	1357
			24.20%	34.28%	22.47%	0.93%	9.79%	0.69%	0.81%	4.69%	0.81%	0.00%	1.27%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

Nota. Elaboración propia

2.2.3.3 Aforo peatonal. Como parte del control de los aforos en las intersecciones se contabilizaron los peatones que cruzan los accesos, se muestra a continuación en la Tabla 18 el conteo peatonal para el horario de máxima demanda vehicular.

Tabla 18

Aforo peatonal en el tramo de estudio

FECHA Lunes 17/05/21

HORA PUNTA 12:30- 1:30 pm

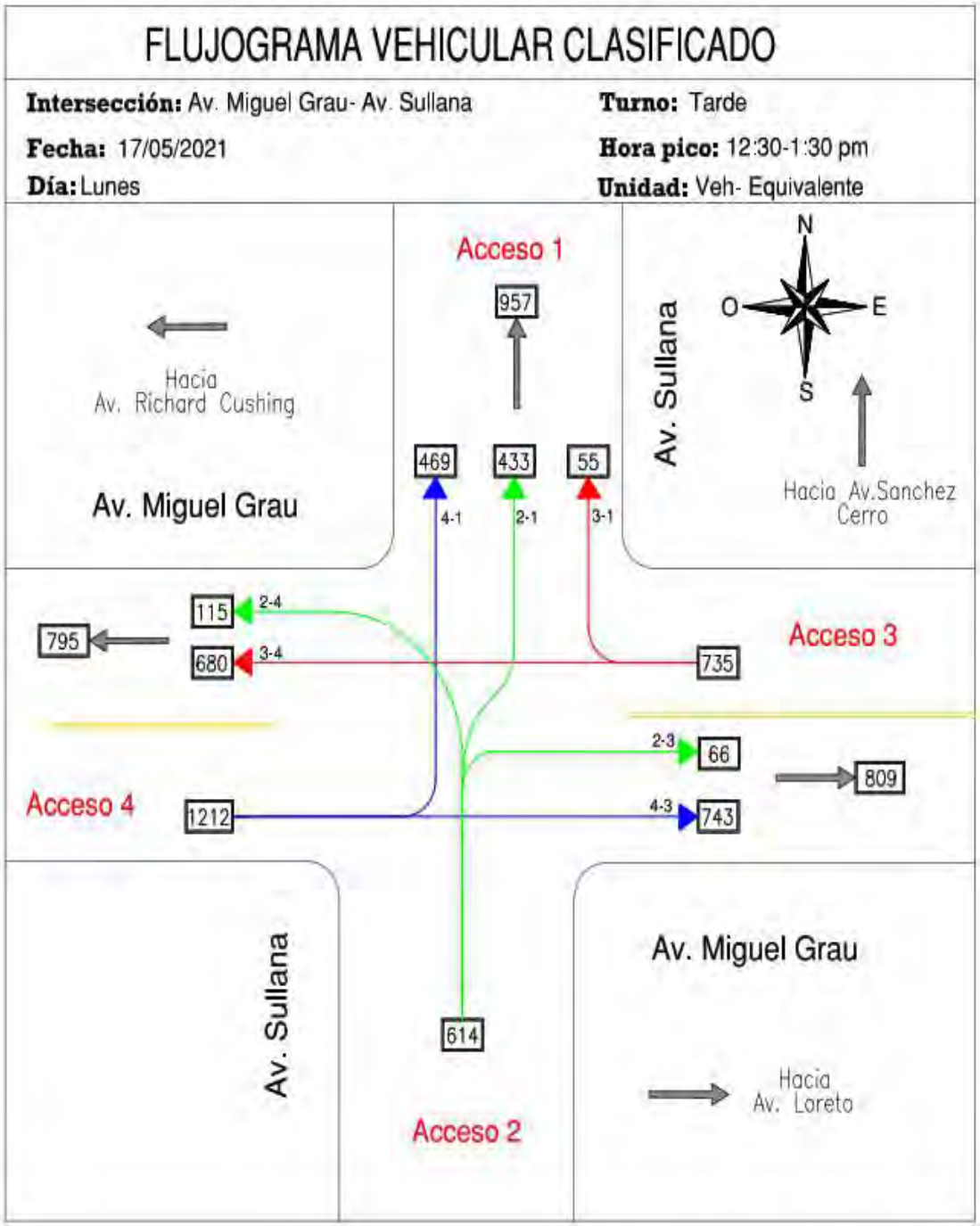
Intersección	Acceso 1 (Norte)	Acceso 2 (Sur)	Acceso3 (Este)	Acceso4 (Oeste)
Av. Miguel Grau-Av.Sullana	147	203	160	90
Av. Miguel Grau-Av.R. Cushing	93	146	109	87
Av. Miguel Grau-Av.San Martin	128	137	93	76
Av. Miguel Grau-Jr. Tonsman	163	130	62	58
Av. Miguel Grau-Av.Gullman	320	284	212	235

Nota. Elaboración propia

2.2.3.4. Flujogramas. Observables en la Figura 45, 46,47,48 y 49.

Figura 45

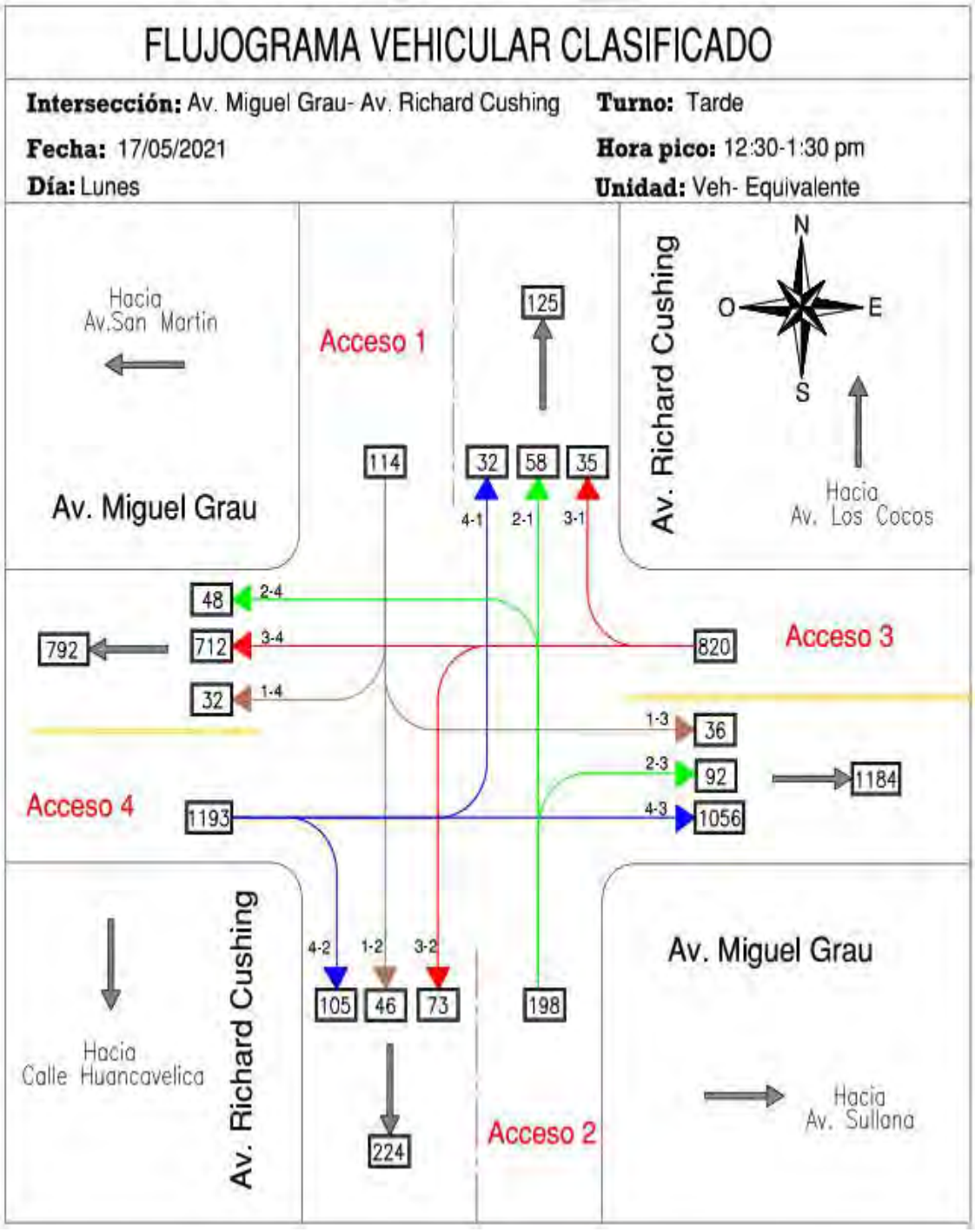
Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Sullana



Nota. Elaboración propia

Figura 46

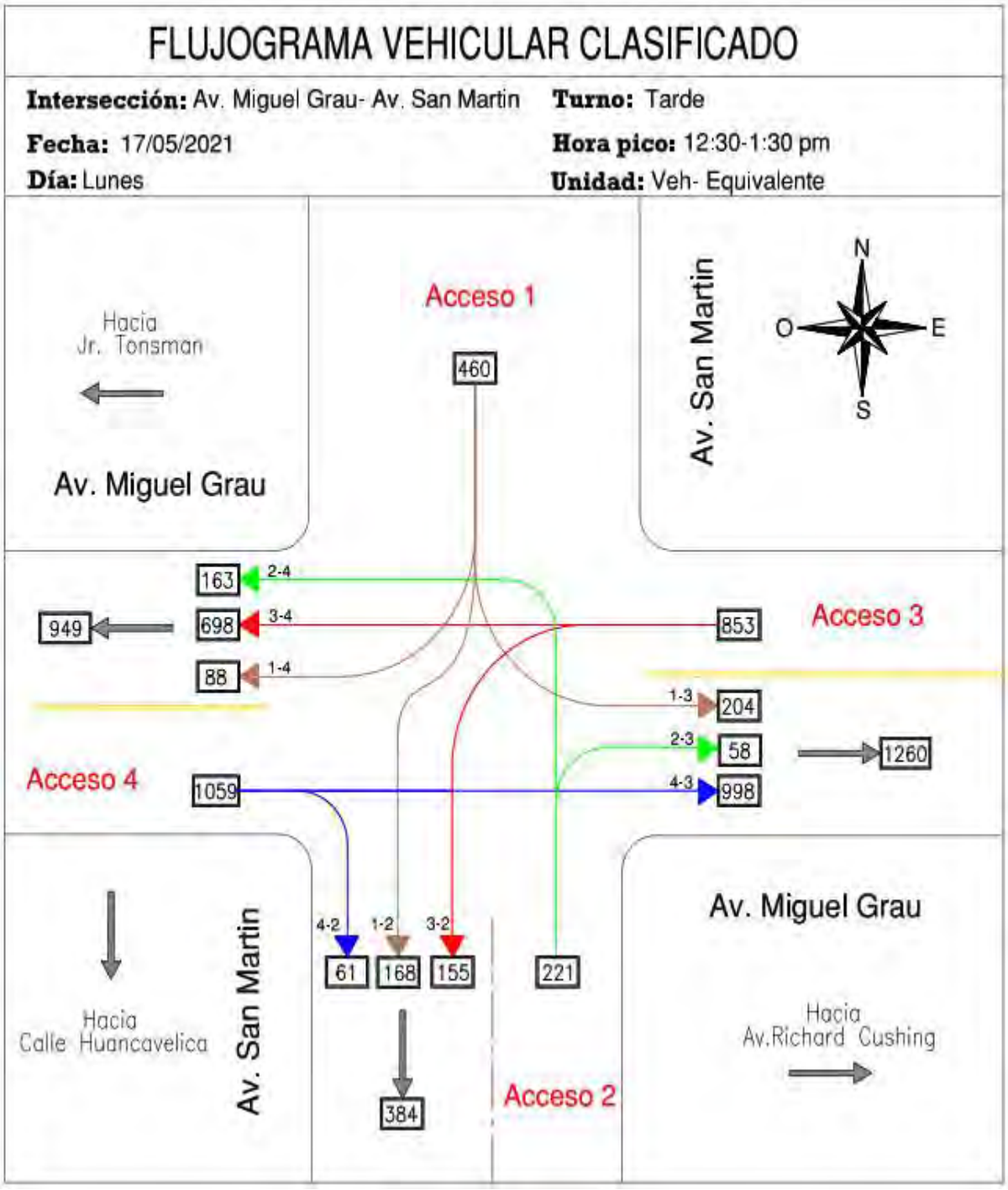
Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Richard Cushing



Nota. Elaboración propia

Figura 47

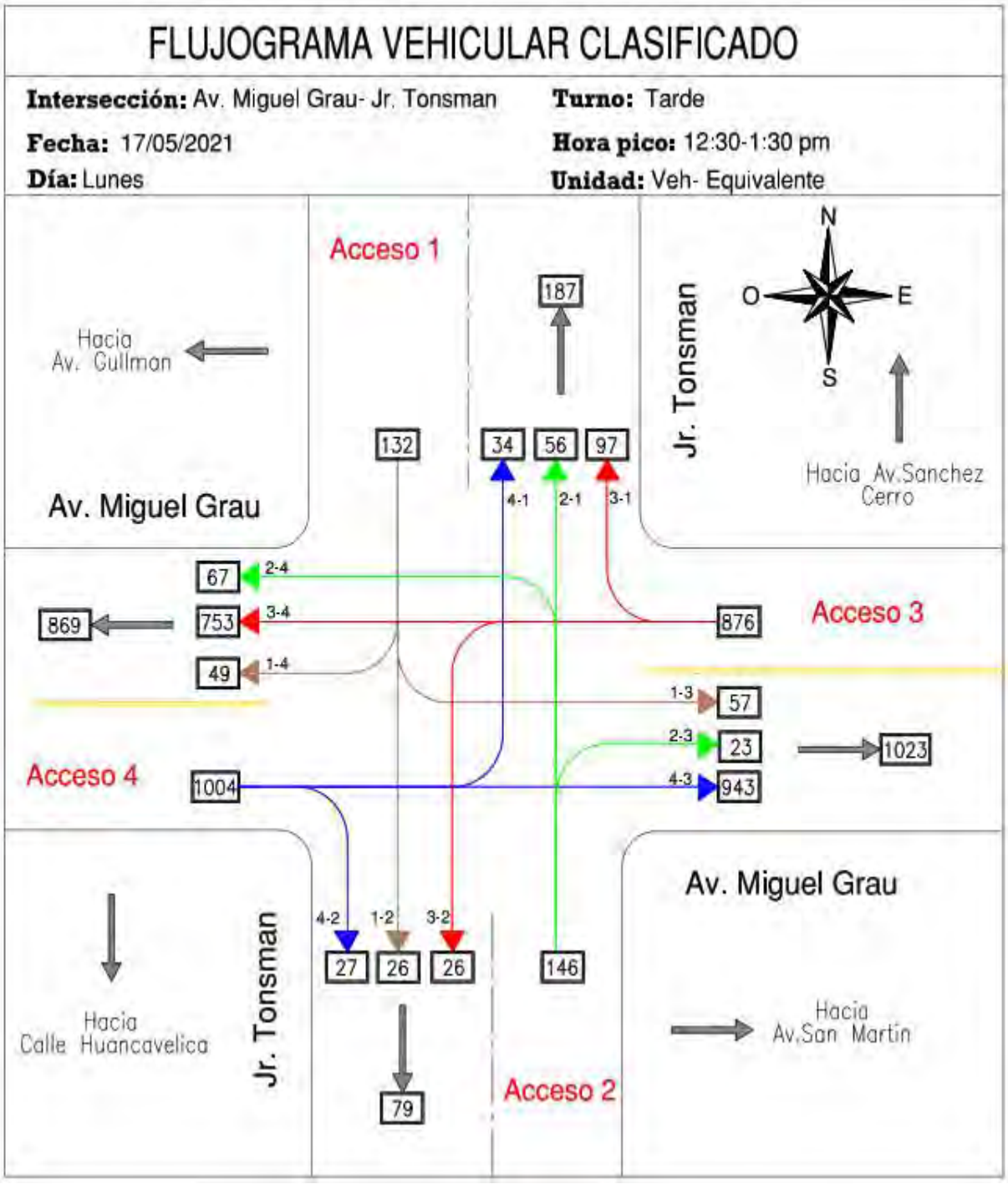
Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. San Martín



Nota. Elaboración propia

Figura 48

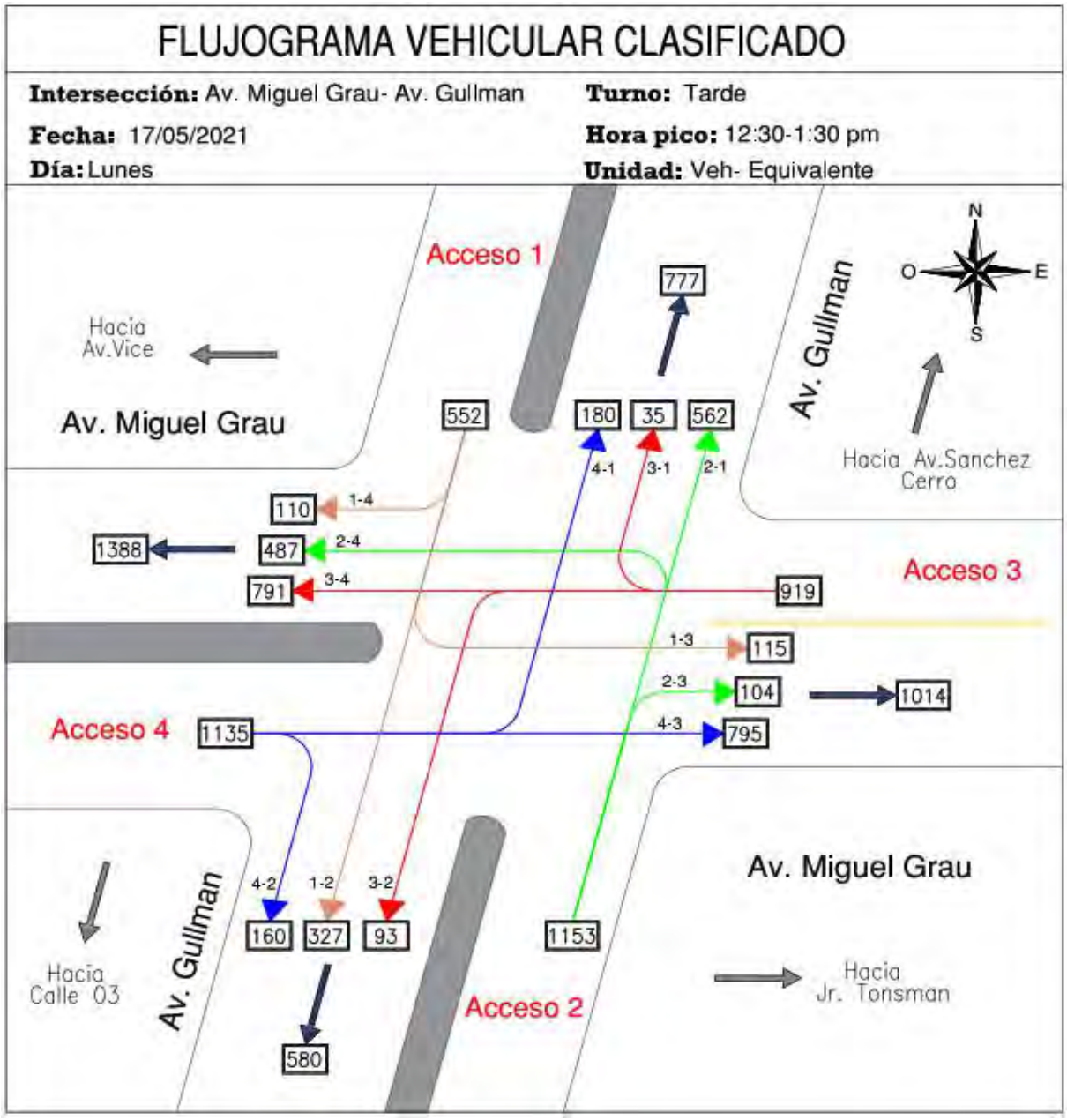
Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia

Figura 49

Flujograma vehicular de la intersección Av. Miguel Grau- Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

2.3. Procesamiento de datos

2.3.1. Cálculo de variables fundamentales del flujo vehicular

Luego de haber realizado la recopilación de los datos en campo y haber procedido a realizar los cálculos se presentan a continuación el resumen de las variables obtenidas.

Para más detalle del conteo vehicular revisar el anexo de la presente tesis.

- Datos de IDA- sentido: Av. Sullana - Av. Gullman (ver Tabla 19).

Tabla 19

Resumen de datos para el tramo de ida

	5/04/2021					
		q (flujo)	V (velocidad)	K (densidad)	S(espaciamiento)	S prom
	N°	Veh/hr	Km/hr	veh/km	m	m
MAÑANA	1	839	18.9	44	22.504	17.718
	2	1396	20.7	68	14.798	
	3	1049	19.3	54	18.360	
	4	1292	21.0	61	16.266	
	5	1716	22.0	78	12.823	
	6	1191	20.6	58	17.330	
	7	1029	19.9	52	19.373	
	8	1096	22.2	49	20.294	
TARDE	9	1030	19.9	52	19.332	20.409
	10	1275	20.8	61	16.308	
	11	1024	20.6	50	20.092	
	12	915	21.2	43	23.190	
	13	1110	19.8	56	17.864	
	14	1000	18.2	55	18.208	
	15	858	21.3	40	24.785	
	16	877	20.6	43	23.491	
NOCHE	17	800	20.4	39	25.456	18.564
	18	911	18.0	51	19.765	
	19	1149	19.2	60	16.698	
	20	1129	18.1	63	15.996	
	21	1136	19.2	59	16.876	
	22	1233	19.6	63	15.899	
	23	1107	18.1	61	16.361	
	24	898	19.3	47	21.462	
	10/04/2021					
		q (flujo)	V (velocidad)	K (densidad)	S(espaciamiento)	S prom
MAÑANA	1	1019	20.9	49	20.515	20.060
	2	1055	25.8	41	24.412	
	3	1149	19.3	60	16.760	
	4	1018	17.0	60	16.715	
	5	1177	19.4	61	16.475	
	6	1211	21.6	56	17.851	
	7	924	20.5	45	22.143	
	8	928	23.8	39	25.606	
TARDE	9	903	18.6	49	20.543	22.479
	10	984	20.9	47	21.212	
	11	1074	21.8	49	20.335	
	12	876	19.4	45	22.142	
	13	1183	18.3	65	15.469	
	14	855	21.4	40	25.066	
	15	853	19.6	44	22.975	
	16	663	21.3	31	32.094	
NOCHE	17	803	20.6	39	25.614	20.645
	18	1283	21.8	59	16.972	
	19	1081	21.6	50	19.943	
	20	941	16.7	56	17.804	
	21	939	18.8	50	20.018	
	22	905	18.3	50	20.179	
	23	862	18.7	46	21.695	
	24	834	19.1	44	22.937	

Nota. Elaboración propia

- Datos de VUELTA- sentido: Av. Gullman - Av. Sullana (ver Tabla 20)

Tabla 20

Resumen de datos para el tramo de vuelta

	5/04/2021					
		q (flujo)	V (velocidad)	K (densidad)	S(espaciamiento)	S prom
	N°	Veh/hr	Km/hr	veh/km	m	m
MAÑANA	1	933	19.7	47	21.142	17.057
	2	1076	19.5	55	18.085	
	3	1276	19.0	67	14.876	
	4	1584	19.7	81	12.414	
	5	1335	19.6	68	14.698	
	6	1162	22.9	51	19.673	
	7	1092	19.5	56	17.899	
	8	1206	21.3	57	17.667	
TARDE	9	1143	18.5	62	16.151	17.833
	10	1085	19.0	57	17.532	
	11	1240	18.8	66	15.162	
	12	1318	17.9	74	13.577	
	13	994	19.9	50	20.006	
	14	1099	20.8	53	18.882	
	15	965	20.0	48	20.747	
	16	831	17.1	49	20.602	
NOCHE	17	935	18.0	52	19.256	18.653
	18	985	18.8	52	19.072	
	19	1080	15.3	70	14.212	
	20	1202	20.9	58	17.354	
	21	1200	18.7	64	15.594	
	22	941	17.8	53	18.890	
	23	811	17.8	46	21.910	
	24	851	19.5	44	22.938	
	10/04/2021					
		q (flujo)	V (velocidad)	K (densidad)	S(espaciamiento)	S prom
MAÑANA	1	1031	18.9	55	18.316	17.799
	2	1185	18.2	65	15.389	
	3	1140	19.8	58	17.354	
	4	928	18.5	50	19.952	
	5	1183	20.4	58	17.262	
	6	1264	17.9	70	14.198	
	7	875	17.2	51	19.611	
	8	916	18.6	49	20.307	
TARDE	9	799	21.0	38	26.222	23.978
	10	731	19.3	38	26.372	
	11	1046	21.5	49	20.540	
	12	1141	19.2	59	16.866	
	13	906	24.1	38	26.616	
	14	846	21.1	40	24.952	
	15	825	18.8	44	22.746	
	16	690	19.0	36	27.507	
NOCHE	17	1016	20.9	49	20.600	22.520
	18	836	22.0	38	26.312	
	19	975	18.8	52	19.259	
	20	817	17.4	47	21.324	
	21	753	18.8	40	24.923	
	22	776	18.7	41	24.111	
	23	798	20.0	40	25.098	
	24	820	15.2	54	18.530	

Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se realiza la gráfica de velocidad- densidad, la cual debe ajustarse al modelo lineal por ello se debe cumplir que el coeficiente de correlación sea mayor a 0.5, de esta manera mejoramos la relación entre los valores obtenidos.

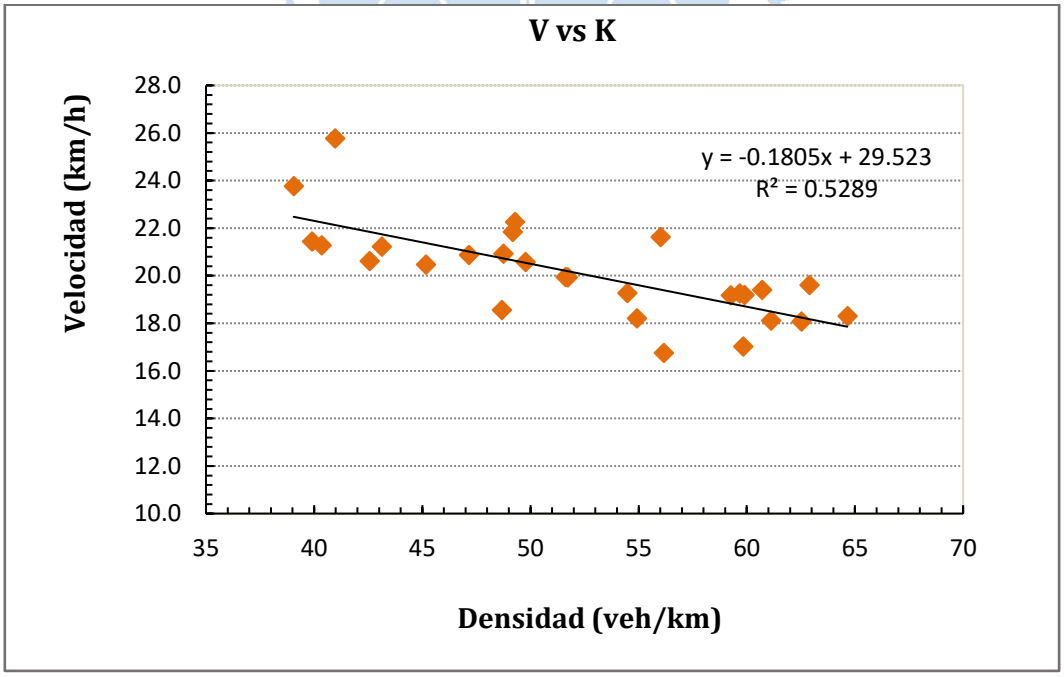
Al graficar los valores de las Tablas 19 y 20, no se cumple el ajuste al modelo lineal. Esta variación se debe a diferentes factores como dificultades para poder realizar el recorrido libremente por los vehículos estacionados a los costados de la vía que reducían el área efectiva de circulación o por tramos de la calzada que se necesitan mantenimiento haciendo que el recorrido no sea uniforme. Sin embargo, mejoramos y aumentamos este coeficiente de correlación despreciando algunos datos, los cuales se presenta de color celeste en cada tabla tanto de ida y de vuelta.

Procedemos a realizar un nuevo gráfico con mejor coeficiente de correlación y un mejor ajuste al modelo lineal entre las variables de densidad (K) y velocidad (V), los cuales se muestran a continuación:

- IDA: Av. Sullana- Av. Gullman (ver Figura 50).

Figura 50

Relación lineal entre velocidad y densidad de flujo (Ida)

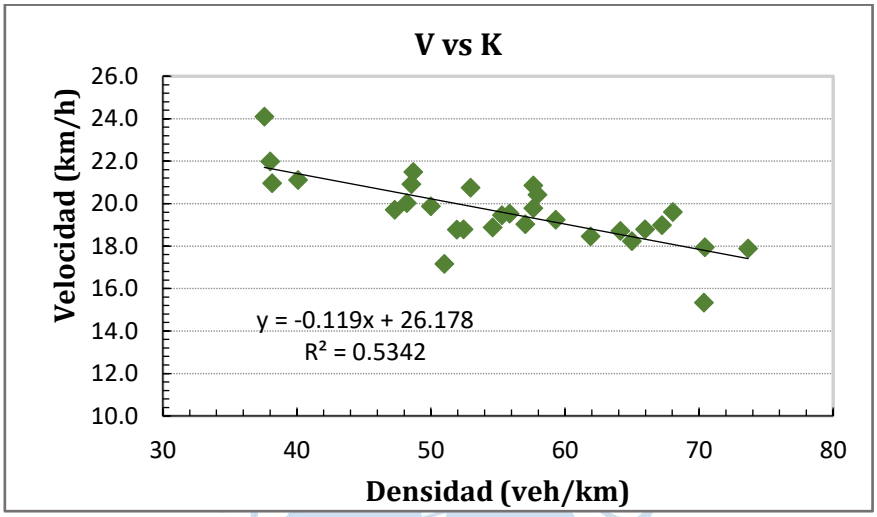


Nota. Elaboración propia

- VUELTA: Av. Gullman- Av. Sullana (ver Figura 51)

Figura 51

Relación lineal entre velocidad y densidad de flujo (Vuelta)



Nota. Elaboración propia

Obtenemos los valores del modelo lineal de Greenshields (Tabla 21) para el tramo de ida y vuelta.

Tabla 21

Valores del modelo de Greenshields

IDA			
Vf (Km/hr)	Vf / Kj	Kj (veh/km)	q máx (veh/hr)
29.52	0.181	164	1207
VUELTA			
Vf (Km/hr)	Vf / Kj	Kj (veh/km)	q máx (veh/hr)
26.18	0.119	220	1440

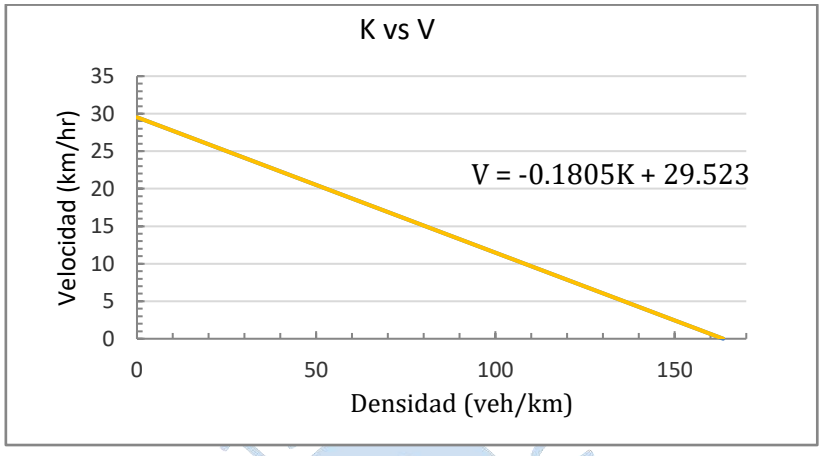
Nota. Elaboración propia

A continuación, se muestra el modelo completo utilizando la ecuación lineal entre velocidad y densidad.

- IDA: Av. Sullana- Av. Gullman (ver Figura 52, 53, 54, 55,56 y 57).

Figura 52

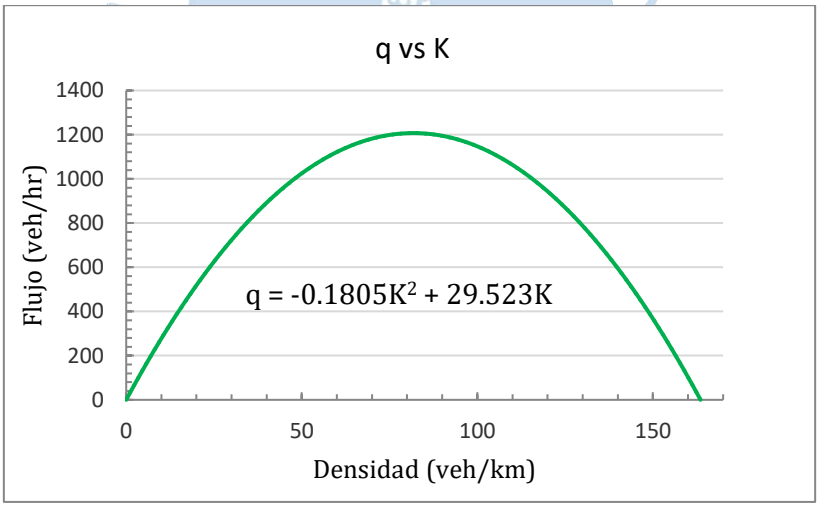
Relación lineal velocidad y densidad para tramo de ida



Nota. Elaboración propia

Figura 53

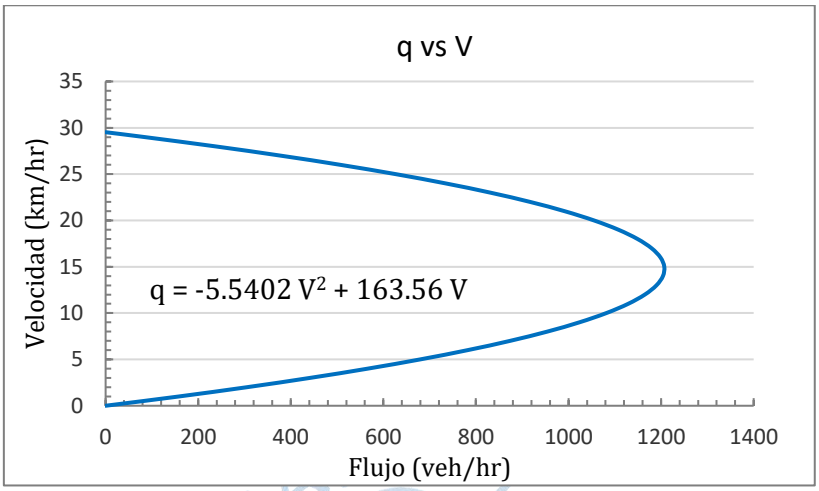
Relación parabólica densidad y flujo para tramo de ida



Nota. Elaboración propia.

Figura 54

Relación parabólica velocidad y flujo para tramo de ida

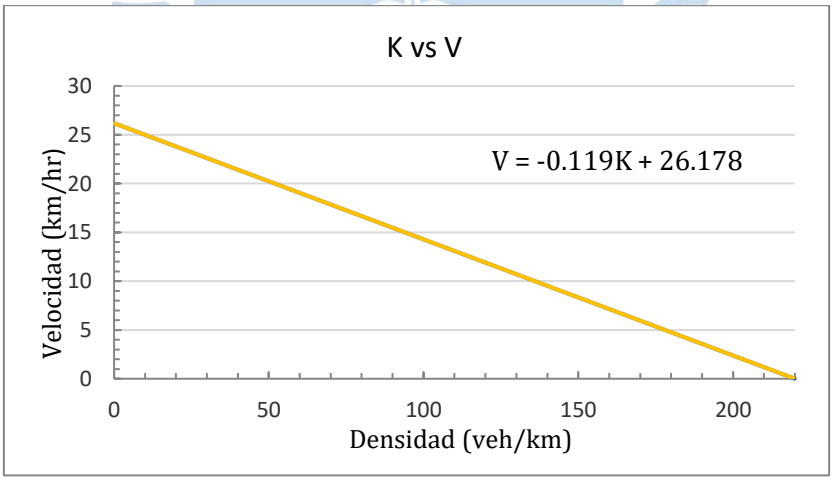


Nota. Elaboración propia

- VUELTA (Av. Gullman- Av. Sullana)

Figura 55

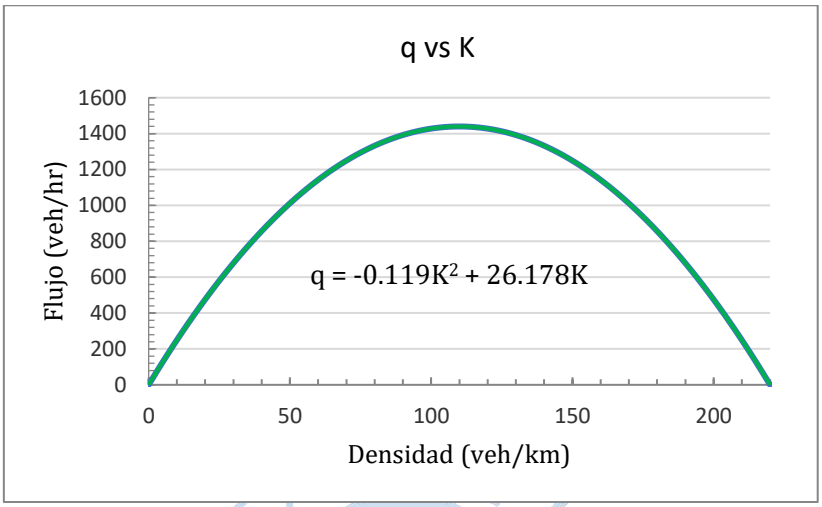
Relación lineal velocidad y densidad para tramo vuelta



Nota. Elaboración propia

Figura 56

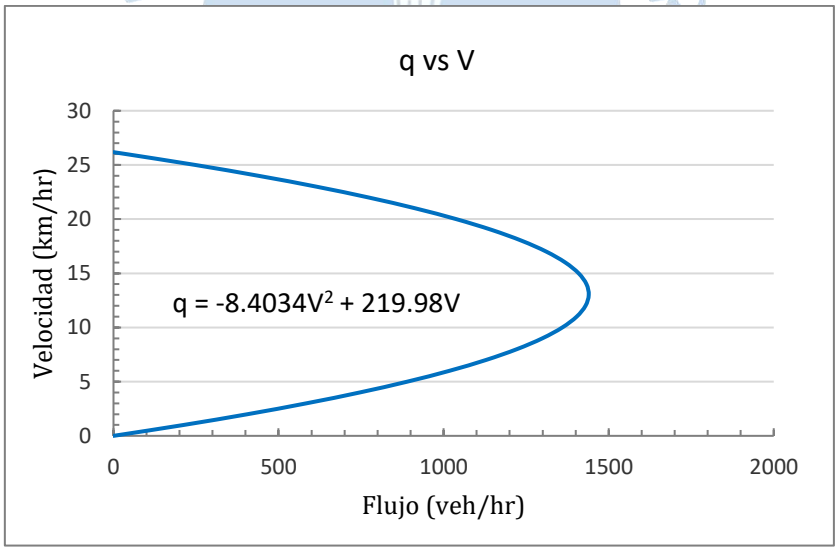
Relación parabólica densidad y flujo para tramo de vuelta



Nota. Elaboración propia

Figura 57

Relación parabólica velocidad y flujo para tramo de vuelta



Nota. Elaboración propia

Niveles de servicio. Observables en la Tabla 22 y 23.

Tabla 22

Niveles de servicio para tramo de ida

TRAMO DE IDA: Av. Sullana - Av. Gullman					
DIA	TURNO	K prom	K prom/Kj	NDS	Condición
Lunes (05/04/2021)	Mañana	52	0.32	D	Flujo aún estable
	Tarde	47	0.29	D	Flujo aún estable
	Noche	61	0.37	D	Flujo aún estable
Sábado (10/04/2021)	Mañana	51	0.31	D	Flujo aún estable
	Tarde	50	0.31	C	Flujo aún estable
	Noche	56	0.34	C	Flujo aún estable

Nota. Elaboración propia

Tabla 23

Niveles de servicio para tramo de vuelta

TRAMO DE VUELTA: Av. Gullman - Av. Sullana					
DIA	TURNO	K prom	K prom/Kj	NDS	Condición
Lunes (05/04/2021)	Mañana	59	0.27	C	Flujo casi estable
	Tarde	59	0.27	C	Flujo aún estable
	Noche	61	0.28	C	Flujo casi estable
Sábado (10/04/2021)	Mañana	59	0.27	C	Flujo casi estable
	Tarde	45	0.20	C	Flujo aún estable
	Noche	46	0.21	C	Flujo aún estable

Nota. Elaboración propia

2.3.2 Análisis de capacidad y niveles de servicio

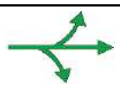
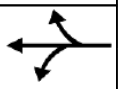
El análisis de las intersecciones usando la metodología HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) se desarrolló aplicando los conceptos y ecuaciones desarrolladas en el primer capítulo.

A continuación, se presenta como ejemplo de desarrollo de la intersección que presenta mayores valores de congestionamiento vehicular, hacemos referencia a la intersección de la Av. Grau con la Av. Gullman, los datos obtenidos se presentan en las siguientes tablas:

2.3.2.1 Ajuste de Volumen y Flujo de Saturación. Con los valores obtenidos en el aforo vehicular se calcularon los factores de hora pico (FHP) ajustando los volúmenes para cada acceso así mismo se obtuvieron los porcentajes de giros a la izquierda y derecha por acceso.

Tabla 24

Ajuste de volumen

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Ajuste de Volumen				
Volumen Izquierda V_{IZQ} (Veh/h)	115	562	180	93
Volumen Directo, V_{DIR} (Veh/h)	327	507	795	791
Volumen Derecha, V_{DER} (Veh/h)	110	104	160	35
Volumen, V (Veh/h)	552	1173	1135	919
Factor de Hora Pico, PHF	0.91	0.89	0.92	0.89
Tasa de Flujo Ajustado Izquierda, $V_{P=}V_{IZQ}/PHF$ (Veh/h)	126	631	196	104
Tasa de Flujo Ajustado Directo, $V_{P=}V_{DIR}/PHF$ (Veh/h)	359	570	864	889
Tasa de Flujo Ajustado Derecha, $V_{P=}V_{DER}/PHF$ (Veh/h)	121	117	174	39
Tasa de Flujo Ajustado en el grupo de carriles $V_{P=}V/PHF$	607	1318	1234	1033
Proporción de Giros				
Proporción de Giros a la Izquierda (P_{LT})	0.208	0.479	0.159	0.101
Proporción de Giros a la Derecha (P_{RT})	0.199	0.089	0.141	0.038

Nota. Elaboración propia

Tabla 25

Ajuste de flujo de saturación

Información General	**N-S**			**S-N**			**O-E**			**E-O**		
Lunes 17/05/2021												
12:30-1:30 pm												
Grupo de moviento												
TAZA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Flujo de saturación ideal, **So** (v/h/c)		1900			1900			1900			1900	
Factor de ajuste por ancho de carril, **fw**		0.96			1			0.96			0.96	
Factor de ajuste por vehiculos pesados, **fhv**		0.73			0.78			0.85			0.85	
Factor de ajuste por pendiente, **fg**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por estacionamiento, **fp**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, **fbb**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por tipo de area, **fa**		0.9			0.9			0.9			0.9	
Factor de ajuste por utilizacion de carril, **flu**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, **FLT**		0.92			0.92			0.92			0.92	
Factor de ajuste por giro a la derecha, **FRT**		0.75			0.75			0.75			0.75	
Factor de ajuste por pea para giros a la izq, **FLpb**		0.89			0.92			0.98			0.99	
Factor de ajuste por pea para giros a la der, **FRpb**		0.95			0.98			0.95			0.98	
FLUJO DE SATURACION AJUSTADO, S (veh/h)		732			820			891			943	

Nota. Elaboración propia

Cálculo de factores para giros hacia la izquierda y derecha

Tabla 26

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	87	87	87	87
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	40	40	43	43
Volumen peatonal, V_{ped}	212	235	320	284
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	461	511	647	575
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.231	0.256	0.324	0.287
Volumen vehicular opuesto, Vo	562	327	791	795
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	2	3
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	2	2
Tiempo de verde permitido del acceso, $g_p(s)$	37	37	40	40
Tiempo de verde acceso opuesto, $g_q(s)$	0	0	0	0
Tiempo de verde giro a la izquierda, $g_u(s)$	37	37	40	40
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg}\left(1 - \frac{0.5g_q}{g_{ped}}\right)$, si $g_q < g_{ped}$	0.231	0.256	0.324	0.287
$OCC_r = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q}(OCC_{pedu})^{\varepsilon^{-5V_o/3600}}$	0.552	0.455	0.738	0.711
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.448	0.545	0.262	0.573
Proporción de giros a la izquierda, (P_{LT})	0.208	0.479	0.159	0.101
$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.885	0.782	0.883	0.957

Nota. Elaboración propia

Tabla 27

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha

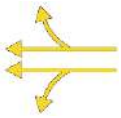
Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	87	87	87	87
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	40	40	43	43
Volumen peatonal, V_{ped}	235	212	284	320
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	511	461	575	647
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.256	0.231	0.287	0.324
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1	1
$OCC_r = \left({}^{g_{ped}}/_{g}\right) * OCC_{ped}$	0.256	0.231	0.353	0.398
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.744	0.769	0.647	0.602
Proporción de giros a la derecha, (P_{LT})	0.199	0.089	0.141	0.038
$f_{Rpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.949	0.980	0.950	0.985

Nota. Elaboración propia.

Capacidad grupo carril, demora de control y nivel de servicio

Tabla 28

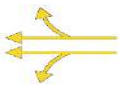
Análisis de capacidad

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Análisis de Capacidad				
Fase	2	2	1	1
Tipo de Fase	Prefijada	Prefijada	Prefijada	Prefijada
Número de carriles	3	3	2	2
Tasa de flujo ajustado, V (Veh/h)	607	1318	1234	1033
Tasa de flujo de saturación, S (Veh/h)	732	820	891	943
Longitud del Ciclo, C (s)	87	87	87	87
Tiempo perdido $t_L(s)$ $t_L = l_1 + Y - e$	7	7	7	7
Tiempo de verde efectivo $g(s)$, g= $G + Y - t_L$	37	37	40	40
Proporción de verde, g/C	0.425	0.425	0.460	0.460
Capacidad del grupo de carriles C= N*S(g/C) (Veh/h)	934	1046	819	867
Relación v/c, X	0.6496	1.2596	1.5060	1.1913
Relación de flujo, v/S	0.2763	0.5357	0.6924	0.5477
Grupo de carriles/fase crítico (a)		x	x	
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos (v/S) $Y_c = \sum(grupos\ de\ carriles\ críticos)$		1.2281		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	14			
Grado de saturación crítico, $X_C = \frac{Y_c * C}{C - L}$	1.464			

Nota. Elaboración propia

Tabla 29

Demora y nivel de servicio

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Demoras y Nivel de servicio				
Tasa de Flujo ajustado del acceso	607	1318	1234	1033
Relación de verde, g/C	0.425	0.425	0.460	0.460
Capacidad del grupo de carriles , C_i(veh/h)	934	1046	819	867
Relación de volumen a capacidad, $X_i = V_i/C_i$	0.650	1.260	1.506	1.191
Proporción de llegada durante verde, P_i	0.285	0.140	0.152	0.152
Calibración de demora incremental, K	0.5	0.5	0.5	0.5
Ciclo total de la intersección	87	87	87	87
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)	19.852	25.000	23.500	23.500
Tipo de llegada	2	1	1	1
fPA	1.15	1.15	0.93	0.93
Factor de ajuste por progresión, PF	1.157	1.496	1.570	1.570
Demora incremental, $d2$ (s/veh)	3.496	124.649	234.057	97.521
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)	0	0	0	0
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	26.467	162.044	270.957	134.421
Nivel de servicio del movimiento	C	F	F	F
Demora en toda la intersección, d_i (s/veh)	167.676			
Nivel de servicio global de la intersección	**F**			

Nota. Elaboración propia

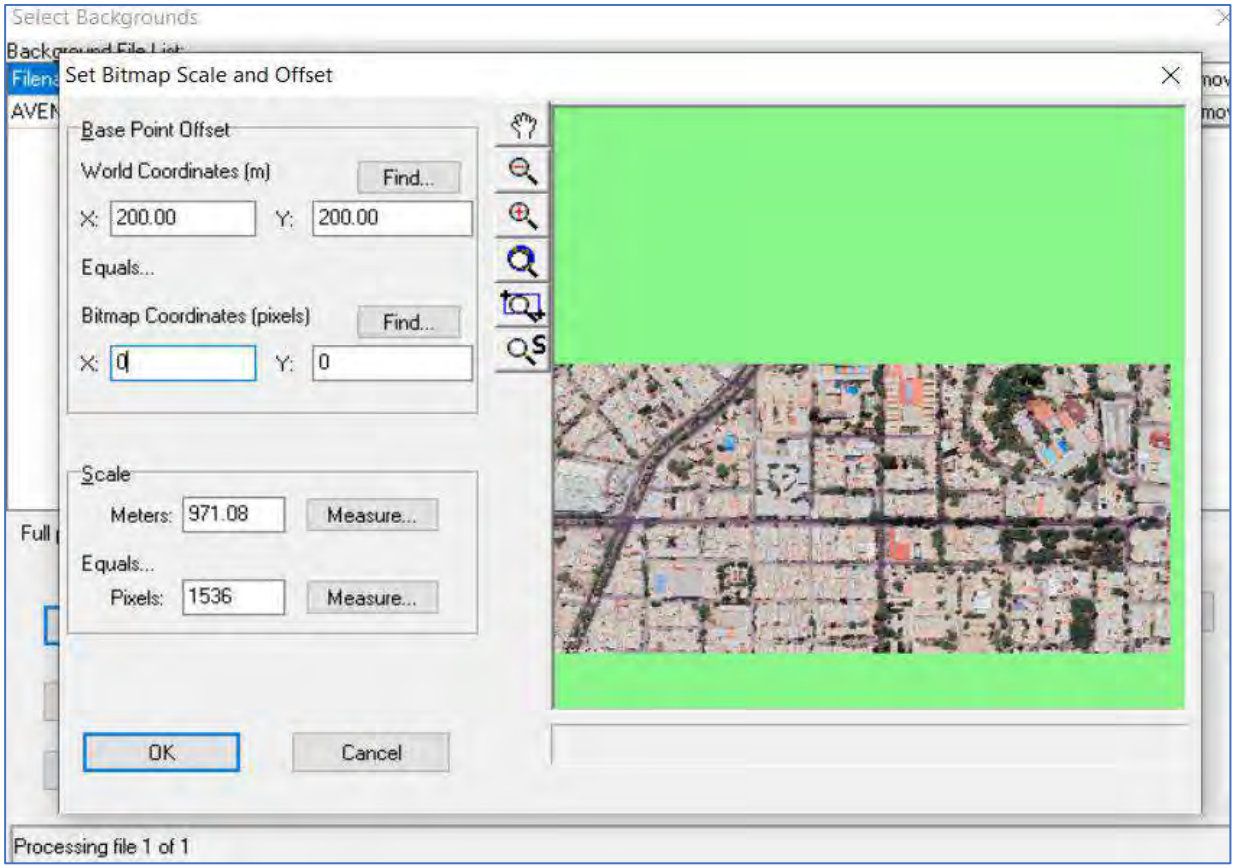
2.3.3. Análisis de red actual con Synchro 8.0

SYNCHRO 8.0, es un programa que permite modelar no solo el tráfico, sino también es una herramienta virtual que grafica una determinada red de intersecciones en manera conjunta con información de flujo de vehículos, siendo un dato importante para representar el modelo del tráfico y posteriormente pueda ser mejorada. Esta mejora toma en cuenta una optimización del escenario que se desea evaluar.

2.3.3.1 Modelamiento de la red vial. El modelado del tramo a evaluar en el Synchro 8.0, consiste en insertar la imagen tomada desde el Google Earth con la finalidad de ser escalada. De esta manera se podrá trazar la red de intersecciones de la avenida Grau. Para la realización de lo antes mencionado se debe acceder a la opción Select-Backgrounds de la barra de menú-File (ver Figura 58). Luego se debe ingresar la longitud a escalar para finalmente ser insertada y proceder realizar el trazado de las vías interceptadas.

Figura 58

Imagen insertada y escalada capturada desde Google Earth



Nota. Elaboración propia sobre la base del Synchro 8.0.

Figura 59

Trazado de intersección de vías en la Av. Miguel Grau

Nota. Elaboración propia sobre la base del Synchro 8.0.

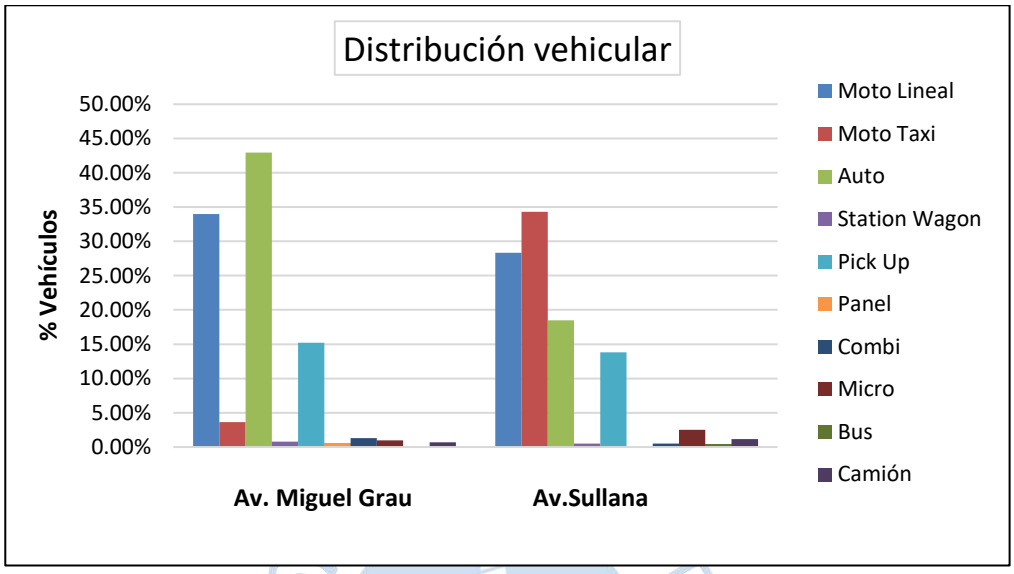
El paso para seguir es configurar los datos de los carriles para cada intersección con la opción Lane Settings o presionando la tecla F3. Estando en la interfaz, se puede ingresar la data que se necesita como la dirección del flujo vehicular en cada intersección (expresada en veh/hora), el tipo de giro para los grupos de carriles, nombre de las calles, así como también se puede modificar el factor de utilización de los carriles, flujo de saturación, ancho de los carriles, pendientes, zona de ciudad. A continuación, se dará más detalle acerca del modelamiento para cada intersección.

2.3.3.2 Intersección Av. Sullana- Av. Miguel Grau. La Av. Sullana es considerada como una vía colectora, presenta un flujo vehicular variable ya que es una vía que recorre puntos de mucha atracción de Piura además conecta la Av. Grau con otra vía importante como es la Av. Sánchez Cerro.

Al ser una vía que no presenta ninguna restricción vehicular hay una mayor participación de vehículos ligeros en comparación a los vehículos pesados tal como podemos ver en la Figura 60.

Figura 60

Diagrama de tráfico vehicular Av. Sullana



Nota. Elaboración propia

Analizando el diagrama se observa que la unidad vehicular que más transita en la Av. Miguel Grau son los autos mientras que en la Av. Sullana son los mototaxis, esto es de esperarse debido a que la Av. Sullana es un corredor autorizado por la municipalidad, para la circulación de mototaxis según la ordenanza municipal Nº 229-01.

Esta intersección presenta problemas como es el cambio de sección cuando los vehículos se dirigen de Sur a Norte, dirección señalada con azul en la Figura 62, esto genera un problema de cuello de botella que se vuelve más complejo cuando los buses deciden estacionarse indebidamente tal como se muestra en la Figura 61, reduciendo el área de circulación. Esto es generado porque no existe un alineamiento de los carriles de circulación entonces se obstruye el paso de uno de los carriles.

Figura 61

Caos vehicular generado por mal estacionamiento Av. Sullana

Nota. Elaboración Propia

Otro problema identificado son los vehículos que se desplazan en la Av. Sullana y giran hacia la derecha ingresando a la Av. Grau, indicado en la Figura 62 por la línea roja, estos vehículos encuentran cierto impedimento para realizar dicho movimiento, ya que encontramos un paradero informal de mototaxis que está representado de color amarillo en la misma figura mencionada, este se ubica a pocos metros de la esquina por ello las unidades vehiculares se ven obligadas a esquivarlo para poder realizar el giro a la derecha, esta situación es caótica cuando los mototaxis se ubican en la esquina para recoger pasajeros y ocasionan que se realicen maniobras temerarias.

Figura 62

Problema de cuello de botella y giro a la derecha

Nota. Elaboración propia.

Giro a la izquierda

Utilizando el criterio de la Federal Highway Administration (FHWA), la cual propone evaluar el producto del volumen vehicular que gira hacia la izquierda con el volumen que presenta un flujo recto en el sentido opuesto, si el resultado del producto cruzado es mayor a 50 000 se debe implementar una fase de giro a la izquierda en el semáforo (Federal Highway Administration, 2010). A continuación, en la Tabla 30 se presenta el producto cruzado obtenido en la intersección.

Tabla 30

Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Sullana

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	No. Carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Sur	115	2	0	0	0
Oeste	469	2	680	340	159460

Nota. Elaboración propia

Analizando el volumen de la hora pico se observa que el producto cruzado sobrepasa el valor límite de 50 000 para los vehículos provenientes del acceso oeste, por lo tanto, necesitan una fase exclusiva de giro a la izquierda para poder ingresar a la Av. Sullana.

A continuación, luego de haber analizado los diferentes factores encontrados en campo se presenta la configuración realizada para esta intersección en el Synchro 8.0.

2.3.3.2.1. Ajuste de demanda. Una vez realizado el estudio de tráfico en campo, se define el grupo de carriles para cada dirección en la intersección de la Av. Miguel Grau y Av. Sullana, ingresando a la vez el flujo que circula en ellas. Asimismo, se ingresa el número de peatones que obstruyen el tránsito para luego ingresar el porcentaje de vehículos pesados en cada dirección. Con respecto al factor de hora pico se utiliza el valor obtenido en los cálculos (Ver Apéndice C). Con estos datos ingresados se obtienen la tasa de flujo para cada carril.

Figura 63

Configuración de demanda Av. Sullana y Av. Miguel Grau

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	147	—	0	0	—	203	90	—	160	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	17	0	0	16	0	0	15	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	0

Av. Sullana & Av. Grau (1082 -106)

Nota. Elaborión propia

2.3.3.2.2. Ajuste de oferta. Considerando la velocidad de 27 km/h (velocidad promedio que se obtuvo tras hacer el estudio del observador móvil), definiendo como 0 el grado de pendiente, un tipo de área CBD, flujo se saturación 1900(veh/h/carril) e ingresando el ancho de carril para cada acceso de la intersección, el programa define el factor de utilización de carril y flujo de saturación (flujo a la izquierda, flujo a la derecha y flujo directo).

Figura 64

Configuración de oferta Av. Sullana y Av. Miguel Grau

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Street Name	Av. Grau						Av. Sullana					
Link Distance (m)	–	173.2	–	–	54.9	–	–	65.4	–	–	99.7	–
Links Speed (km/h)	–	27	–	–	27	–	–	27	–	–	27	–
Set Arterial Name and Speed	–	EB	–	–	WB	–	–	NB	–	–	SB	–
Travel Time (s)	–	23.1	–	–	7.3	–	–	8.7	–	–	13.3	–
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	–	1.000	–	–	0.989	–	–	0.984	–	–	–	–
Left Turn Factor (prot)	–	0.981	–	–	1.000	–	–	0.991	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (prot)	–	2758	–	–	2612	–	–	3060	–	–	–	–
Left Turn Factor (perm)	–	0.980	–	–	1.000	–	–	0.991	–	–	–	–
Right Ped Bike Factor	–	1.000	–	–	0.977	–	–	0.971	–	–	–	–
Left Ped Factor	–	0.969	–	–	1.000	–	–	0.972	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (perm)	–	2669	–	–	2612	–	–	2975	–	–	–	–
Right Turn on Red?	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	–	0	–	–	14	–	–	14	–	–	–	–
Link Is Hidden	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–
Hide Name in Node Title	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–

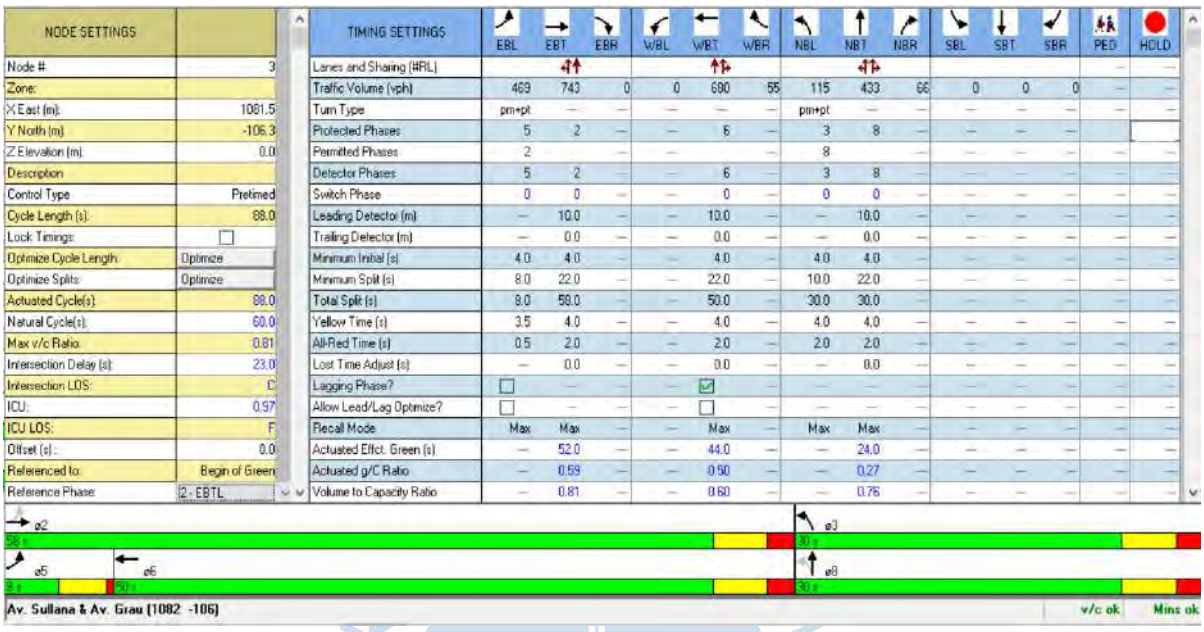
Av. Sullana & Av. Grau (1082 -106)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.2.3. Capacidad vehicular. En este apartado se ingresa la información de los tiempos del semáforo para cada intersección, el cual se modelará con los datos obtenidos en campo, los tiempos de verde, todo rojo y ámbar. Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resumen de la intersección de los principales resultados, siendo entre ellos la relación volumen/capacidad (v/c), ver Figura 65.

Figura 65

Configuración de capacidad Av. Sullana y Av. Miguel Grau



NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	
X East (m):	1081.5
Y North (m):	-106.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	88.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	88.0
Natural Cycle(s):	60.0
Max v/c Ratio:	0.81
Intersection Delay (s):	23.0
Intersection LOS:	C
ICU:	0.97
ICU LOS:	F
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green
Reference Phase:	2 - EBTL

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	469	743	0	0	690	55	115	433	66	0	0	0		
Turn Type	pm+pt						pm+pt							
Protected Phases	5	2			6		3	8						
Permitted Phases	2						8							
Detector Phases	5	2			6		3	8						
Switch Phase	0	0			0		0	0						
Leading Detector (m)		10.0			10.0			10.0						
Trailing Detector (m)		0.0			0.0			0.0						
Minimum Initial (s)	4.0	4.0			4.0		4.0	4.0						
Minimum Split (s)	8.0	22.0			22.0		10.0	22.0						
Total Split (s)	8.0	58.0			50.0		30.0	30.0						
Yellow Time (s)	3.5	4.0			4.0		4.0	4.0						
All-Red Time (s)	0.5	2.0			2.0		2.0	2.0						
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0						
Lagging Phase?	☐				☑									
Allow Lead/Lag Optimize?	☐				☐									
Recall Mode	Max	Max			Max		Max	Max						
Actuated Effct. Green (s)		52.0			44.0			24.0						
Actuated g/C Ratio		0.59			0.50			0.27						
Volume to Capacity Ratio		0.81			0.60			0.76						

Nota. Elaboración propia

2.3.3.2.4. Simulación. Mediante la herramienta de SimTraffic 8.0 se logra simular el movimiento en un determinado tiempo. Se logra visualizar la intersección bajo una vista de planta, tal como se muestra a continuación en la Figura 66:

Figura 66

Situación actual de la intersección Av. Sullana y Av. Miguel Grau, simulación en SimTraffic 8. 0

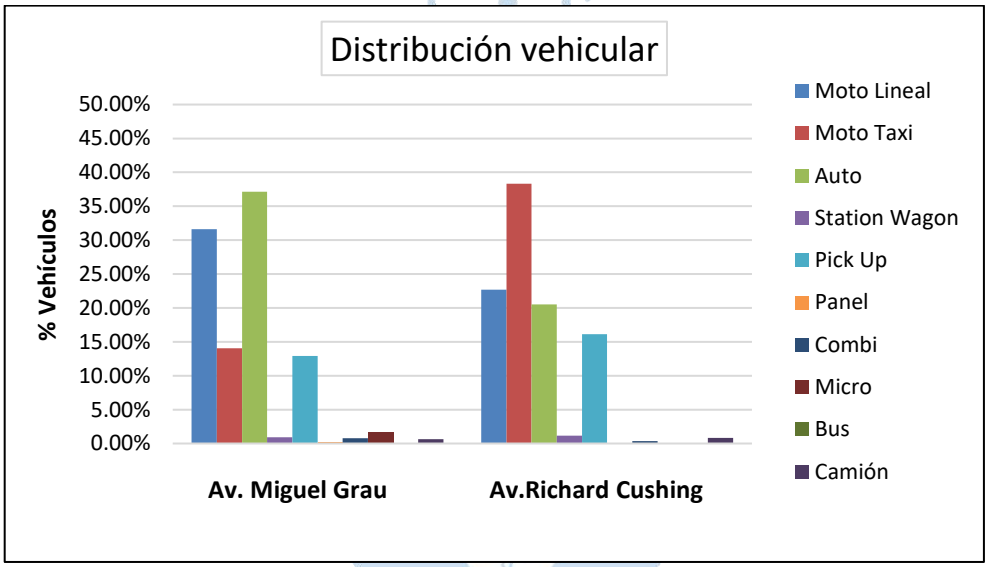
Nota. Elaboración propia

2.3.3.3. Intersección Av. Richard Cushing – Av. Miguel Grau. La Av. Richard Cushing es considerada como una vía colectora, la cual presenta un flujo vehicular moderado en comparación a las otras intersecciones estudiadas.

Analizando el siguiente diagrama vehicular (Figura 67) observamos que el mayor porcentaje de tráfico es generado por los autos en la Av. Miguel Grau y por los mototaxis en la Av. Richard Cushing, estos últimos por lo general se dirigen hacia otra vía importante como es la Av. Bolognesi, vía de gran transitabilidad para estas unidades vehiculares.

Figura 67

Diagrama de tráfico vehicular Av. Richard Cushing



Nota. Elaboración propia.

Esta intersección presenta problemas de congestionamiento vehicular generando colas en las horas de mayor congestionamiento vehicular que muchas veces llegan a obstaculizar el tránsito a las intersecciones colindantes.

Este problema se observa en la Av. Grau tal como se presenta a continuación en la Figura 68 se logra visualiza como la fila de vehículos llega hasta el Jr. Prócer Mendiburo y en la Figura 69 la cola de autos puede extenderse hasta la Av. Los Cocos.

Estos problemas son generados por un mal diseño de los tiempos semafóricos.

Figura 68

Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau-Jr. Mendiburo

Nota. Elaboración propia

Figura 69

Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau

Nota. Elaboración propia

<u>Giro a la izquierda</u>

Utilizando el criterio de la Federal Highway Administration (FHWA), la cual propone evaluar el producto del volumen vehicular que gira hacia la izquierda con el volumen que presenta un flujo recto en el sentido opuesto, si el resultado del producto cruzado es mayor a 50 000 se debe implementar una fase de giro a la izquierda en el semáforo (Federal Highway Administration, 2010). A continuación, se presenta en la Tabla 31 el producto cruzado obtenido en la intersección.

Tabla 31

Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Richard Cushing

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	No. Carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Norte	36	2	58	29	1044
Sur	48	2	46	23	1104
Este	73	2	1056	528	38544
Oeste	32	2	712	356	11392

Nota. Elaboración propia

Se puede observar en la Tabla 31 del producto cruzado de la intersección que no se necesita una fase exclusiva de giro a la izquierda porque no hay un valor mayor o igual a 50 000.

A continuación, luego de haber analizado los diferentes factores encontrados en campo se presenta la configuración realizada para esta intersección en el Synchro 8.0.

2.3.3.3.1 *Ajuste de demanda.* Una vez realizado el estudio de tráfico en campo, se define el grupo de carriles para cada dirección en la intersección de la Av. Miguel Grau y Av. Richard Cushing, ingresando a la vez el flujo que circula en ellas. Asimismo, se ingresa el número de peatones que obstruyen el tránsito, así como también el porcentaje de vehículos pesados en cada dirección. Con respecto al factor de hora pico se utiliza el valor obtenido en los cálculos (Ver Apéndice C). Con estos datos ingresados se obtienen la tasa de flujo para cada carril (ver Figura 70.)

Figura 70

Configuración de demanda Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	32	1056	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Conflicting Peds. (#/hr)	93	–	146	146	–	93	87	–	109	109	–	87
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	9	0
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Traffic from mid-block (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Link OD Volumes	–	EB	–	–	WB	–	–	–	–	–	–	–
Adjusted Flow (vph)	34	1112	111	82	800	39	53	64	102	46	58	41
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	1257	0	0	921	0	0	219	0	0	145	0

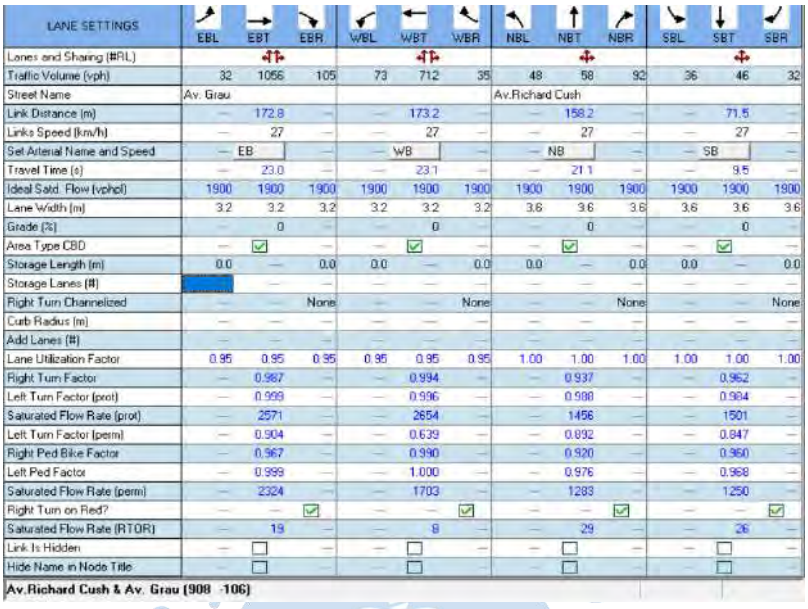
Av.Richard Cush & Av. Grau (908 -106)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.3.2. Ajuste de oferta. Considerando la velocidad de 27 km/h (velocidad promedio que se obtuvo tras hacer el estudio del observador móvil), definiendo como 0 el grado de pendiente, un tipo de área CBD, flujo se saturación 1900 (veh/h/carril) e ingresando el ancho de carril para cada acceso de la intersección, el programa define el factor de utilización de carril y flujo de saturación (flujo a la izquierda, flujo a la derecha y flujo directo).

Figura 71

Configuración de oferta Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau



LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	32	1056	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Street Name	Av. Grau						Av.Richard Cush					
Link Distance (m)	—	172.8	—	—	173.2	—	—	158.2	—	—	71.5	—
Links Speed (km/h)	—	27	—	—	27	—	—	27	—	—	27	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.0	—	—	23.1	—	—	21.1	—	—	9.5	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.987	—	—	0.994	—	—	0.937	—	—	0.962	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.999	—	—	0.996	—	—	0.988	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2571	—	—	2654	—	—	1456	—	—	1501	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.904	—	—	0.639	—	—	0.892	—	—	0.847	—
Right Ped Bike Factor	—	0.967	—	—	0.990	—	—	0.920	—	—	0.960	—
Left Ped Factor	—	0.999	—	—	1.000	—	—	0.976	—	—	0.968	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2324	—	—	1703	—	—	1283	—	—	1250	—
Right Turn on Red?	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	19	—	—	8	—	—	29	—	—	26	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

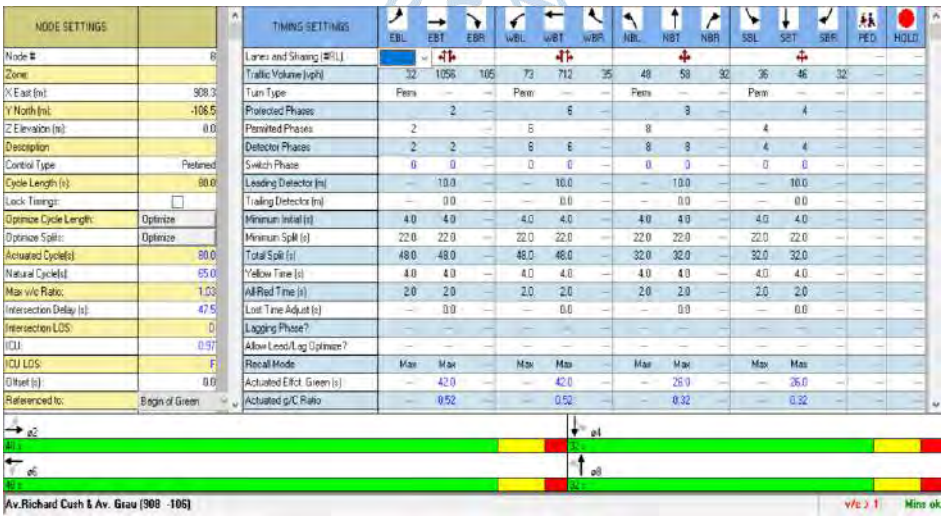
Av.Richard Cush & Av. Grau (908 -106)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.3.2 Capacidad vehicular. En este apartado se ingresa la información de los tiempos del semáforo para cada intersección, el cual se modelará con los datos obtenidos en campo, los tiempos de verde, todo rojo y ámbar. Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resumen de la intersección de los principales resultados, siendo entre ellos la relación v/c (volumen/capacidad).

Figura 72

Configuración de capacidad Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau



NODE SETTINGS	
Node #	8
Zone:	
X East (m):	908.3
Y North (m):	-106.5
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	65.0
Max v/c Ratio:	1.03
Intersection Delay (s):	47.5
Intersection LOS:	D
ICU:	0.97
ICU LOS:	F
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	32	1056	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases		2	—		6	—		8	—		4	—	—	—
Permitted Phases	2		—	6		—	8		—	4		—	—	—
Detector Phases	2	2	—	6	6	—	8	8	—	4	4	—	—	—
Switch Phase	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	—	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Minimum Split (s)	22.0	22.0	—	22.0	22.0	—	22.0	22.0	—	22.0	22.0	—	—	—
Total Split (s)	48.0	48.0	—	48.0	48.0	—	32.0	32.0	—	32.0	32.0	—	—	—
Yellow Time (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
All Red Time (s)	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	42.0	—	—	42.0	—	—	26.0	—	—	26.0	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.52	—	—	0.52	—	—	0.32	—	—	0.32	—	—	—

Av.Richard Cush & Av. Grau (908 -106) v/c > 1 Mins ok

Nota. Elaboración propia

2.3.3.3.3 Simulación. Mediante la herramienta de SimTraffic 8.0 se logra simular el movimiento en un determinado tiempo. Se logra visualizar la intersección bajo una vista de planta tal como se muestra a continuación en la Figura 73:

Figura 73

Situación actual de la intersección Av. Richard Cushing y Av. Miguel Grau. Simulación en SimTraffic 8.0

Nota. Elaboración propia.

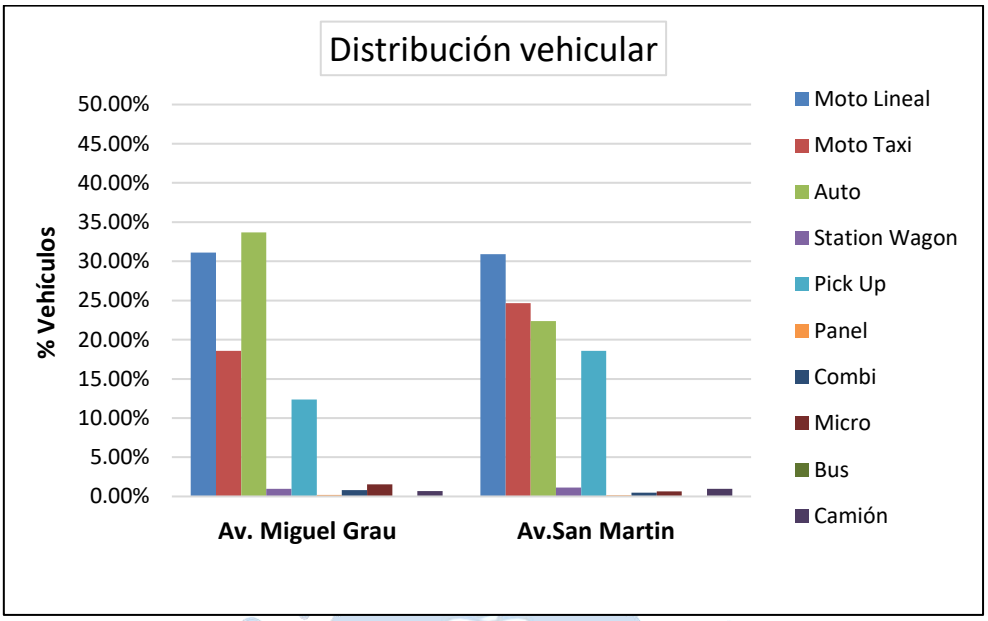
2.3.3.4. Intersección Av. San Martin – Av. Miguel Grau. La Av. San Martin es clasificada como una vía colectora la cual conecta importantes vías como son la Av. Bolognesi y la Av. Miguel Grau.

Según el estudio de tráfico realizado podemos notar que, en el horario de mayor tráfico vehicular en la Av. Miguel Grau hay mayor influencia de los autos mientras que en la otra avenida predominan las motos lineales que ingresan a la avenida de análisis.

A continuación, en la Figura 74, se presenta la distribución del flujo vehicular en el horario punta.

Figura74

Diagrama de tráfico vehicular Av. San Martin



Nota. Elaboración propia

Giro a la izquierda

Utilizando el criterio de la Federal Highway Administration (FHWA), la cual propone evaluar el producto del volumen vehicular que gira hacia la izquierda con el volumen que presenta un flujo recto en el sentido opuesto, si el resultado del producto cruzado es mayor a 50 000 se debe implementar una fase de giro a la izquierda en el semáforo (Federal Highway Administration, 2010). A continuación, en la Tabla 32 se presenta el producto cruzado obtenido en la intersección.

Tabla 32

Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. San Martin

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	No. Carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Norte	204	2	0	0	0
Sur	163	2	168	84	13692
Este	155	2	998	499	77345

Nota. Elaboración propia

Se muestra en los resultados (Tabla 32) que existe la urgencia de diseñar una fase exclusiva con giro hacia la izquierda en el acceso este

A continuación, luego de haber analizado los diferentes factores encontrados en campo se presenta la configuración realizada para esta intersección en el Synchro 8.0.

2.3.3.4.1. Ajuste de demanda. Una vez realizado el estudio de tráfico en campo, se define el grupo de carriles para cada dirección en la intersección de la Av. Miguel Grau y Av. San Martin, ingresando a la vez el flujo que circula en ellas. Asimismo, se ingresa el número de peatones que obstruyen el tránsito que circulan en la intersección, así como el porcentaje de vehículos pesados en cada dirección. Con respecto al factor de hora pico se utiliza el valor obtenido en los cálculos (Ver Apéndice C).

Con estos datos ingresados se obtienen la tasa de flujo para cada carril como se ve en la Figura 75.

Figura 75

Configuración de demanda Av. San Martin y Av. Miguel Grau

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Conflicting Peds. (#/hr)	0	–	137	137	–	0	76	–	93	93	–	76
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	15	0	0	14	0	5	0	5	0	18	0
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Traffic from mid-block (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Link OD Volumes	–	EB	–	–	WB	–	–	–	–	–	–	–
Adjusted Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	0

Av.San Martin & Av. Grau (736 -107)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.4.2 Ajuste de oferta. Considerando la velocidad de 27 km/h (velocidad promedio que se obtuvo tras hacer el estudio del observador móvil), definiendo como 0 el grado de pendiente, un tipo de área CBD, flujo se saturación 1900 (veh/h/carril) e ingresando el ancho de carril para cada acceso de la intersección, el programa define el factor de utilización de carril y flujo de saturación (flujo a la izquierda, flujo a la derecha y flujo directo), ver Figura 76.

Figura 76

Configuración de oferta Av. San Martin y Av. Miguel Grau

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Street Name	Av. Grau						Av.San Martin					
Link Distance (m)	—	177.3	—	—	172.8	—	—	164.5	—	—	125.9	—
Links Speed (km/h)	—	27	—	—	27	—	—	27	—	—	27	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.6	—	—	23.0	—	—	21.9	—	—	16.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	0.95
Right Turn Factor	—	0.991	—	—	1.000	—	—	0.961	—	—	0.971	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.991	—	—	0.964	—	—	0.978	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2646	—	—	2871	—	—	2755	—	—	2975	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.541	—	—	0.574	—	—	0.724	—
Right Ped Bike Factor	—	0.988	—	—	1.000	—	—	0.961	—	—	0.976	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	0.995	—	—	0.963	—	—	0.956	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2646	—	—	1560	—	—	1579	—	—	2106	—
Right Turn on Red?	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	12	—	—	0	—	—	35	—	—	41	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

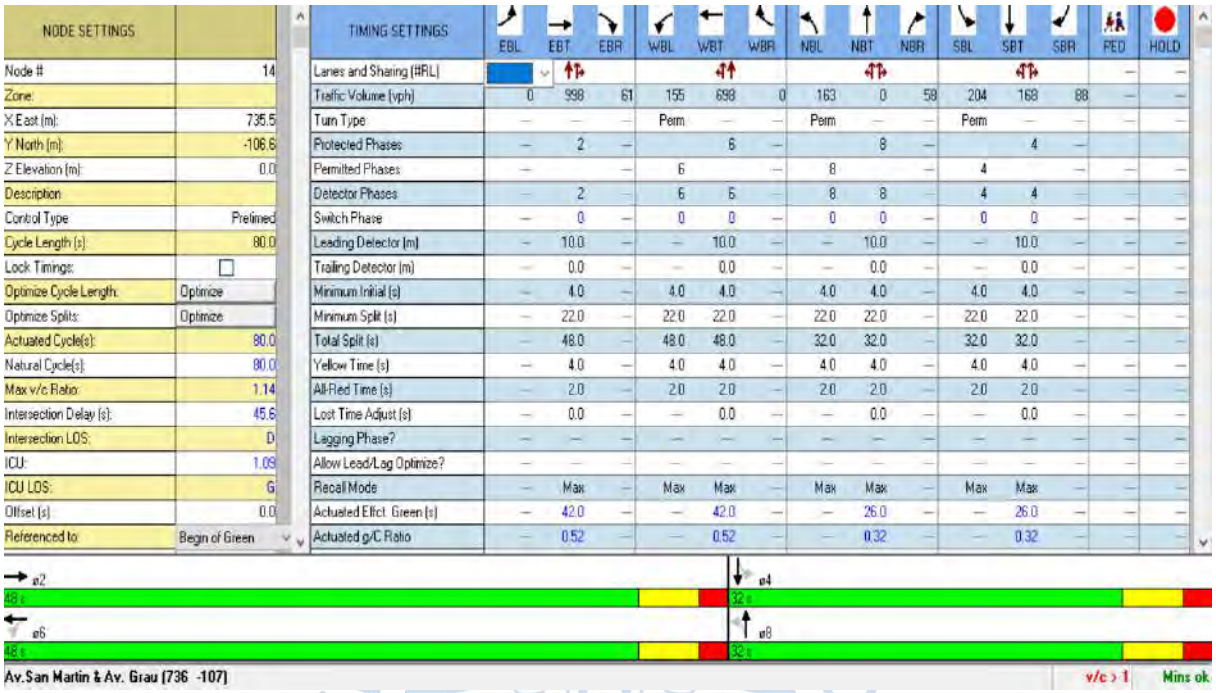
Av.San Martin & Av. Grau (736 -107)

Nota. Elaboración propia.

2.3.3.4.3 Capacidad vehicular. En este apartado se ingresa la información de los tiempos del semáforo para cada intersección, el cual se modelará con los datos obtenidos en campo, los tiempos de verde, todo rojo y ámbar. Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resumen de la intersección de los principales resultados, siendo entre ellos la relación v/c (volumen/capacidad), ver Figura 77.

Figura 77

Configuración de capacidad Av. San Martin y Av. Miguel Grau



NODE SETTINGS	
Node #	14
Zone:	
X East (m):	735.5
Y North (m):	-106.6
Z Elevation (m):	0.0
Description:	
Control Type	Prelimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	80.0
Max v/c Ratio:	1.14
Intersection Delay (s):	45.6
Intersection LOS:	D
ICU:	1.09
ICU LOS:	G
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88	—	—
Turn Type	—	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	—		6	—		8	—		4	—		
Permitted Phases	—		—	6		—	8		—	4		—	—	—
Detector Phases	—	2	—	6	6	—	8	8	—	4	4	—	—	—
Switch Phase	—	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	—	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Minimum Split (s)	—	22.0	—	22.0	22.0	—	22.0	22.0	—	22.0	22.0	—	—	—
Total Split (s)	—	48.0	—	48.0	48.0	—	32.0	32.0	—	32.0	32.0	—	—	—
Yellow Time (s)	—	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
All-Red Time (s)	—	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	42.0	—	—	42.0	—	—	26.0	—	—	26.0	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.52	—	—	0.52	—	—	0.32	—	—	0.32	—	—	—

Nota. Elaboración propia

2.3.3.4.4 Simulación. Mediante la herramienta de SimTraffic 8.0 se logra simular el movimiento en un determinado tiempo. Se logra visualizar la intersección bajo una vista de planta tal como se muestra a continuación en la Figura 78.

Figura 78

Situación actual de la intersección Av. San Martin y Av. Miguel

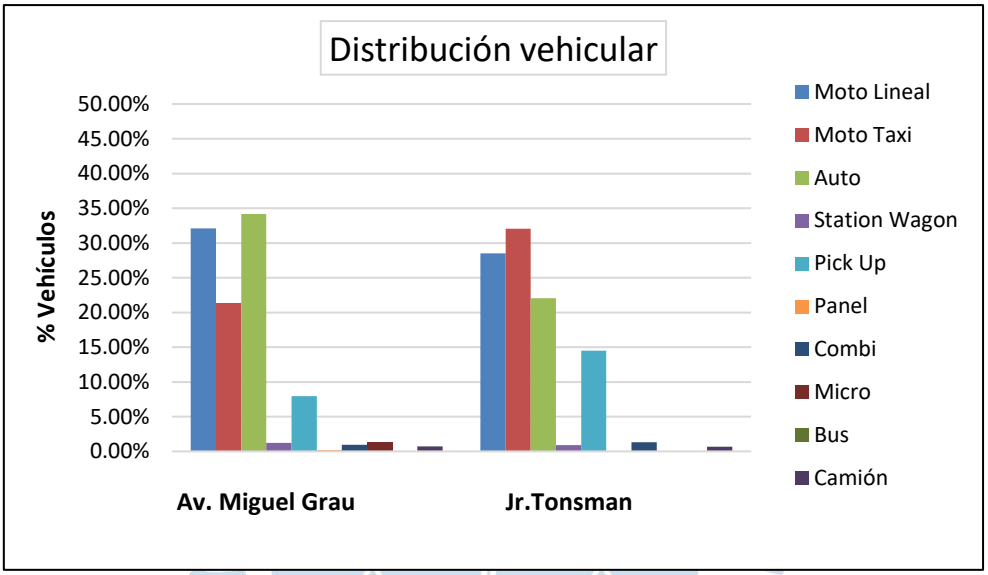
Nota. Elaboración propia

2.3.3.5 Intersección Jr. Tonsman – Av. Miguel Grau. El Jr. Tonsman es una vía clasificada como colectora, la cual en su trayecto une la Av. Gullman con la Av. Miguel Grau.

Su flujo vehicular está caracterizado en mayor porcentaje por moto lineales, moto taxis y autos tal como se puede apreciar a continuación en la Figura 79:

Figura 79

Diagrama de tráfico vehicular Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia

Esta intersección presenta problemas de congestionamiento vehicular generando colas en las horas de mayor tráfico vehicular, al igual que en otras intersecciones de estudio este problema afecta el tránsito de intersecciones cercanas como se evidencia en la Figura 80.

Figura 80

Cola generada por aumento de tráfico Av. Grau-Jr. Tonsman

Nota. Elaboración propia

Giro a la izquierda

Utilizando el criterio de la Federal Highway Administration (FHWA), la cual propone evaluar el producto del volumen vehicular que gira hacia la izquierda con el volumen que presenta un flujo recto en el sentido opuesto, si el resultado del producto cruzado es mayor a 50 000 se debe implementar una fase de giro a la izquierda en el semáforo (Federal Highway Administration, 2010). A continuación, en la Tabla 33 se presenta el producto cruzado obtenido en la intersección.

Tabla 33

Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Jr. Tonsman

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	No. Carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Norte	57	2	56	28	1596
Sur	67	2	26	13	871
Este	26	2	943	472	12259
Oeste	34	2	753	377	12801

Nota. Elaboración propia

Analizando los valores obtenidos mediante el producto cruzado en la intersección con el Jr. Tonsman no es necesario implementar una fase de giro hacia la izquierda.

A continuación, luego de haber analizado los diferentes factores encontrados en campo se presenta la configuración realizada para esta intersección en el Synchro 8.0.

2.3.3.5.1 Ajuste de demanda. Una vez realizado el estudio de tráfico en campo, se define el grupo de carriles para cada dirección en la intersección de la Av. Miguel Grau y Jr. Tonsman, ingresando a la vez el flujo que circula en ellas. Asimismo, se ingresa el número de peatones que obstruyen el tránsito, así como el porcentaje de vehículos pesados en cada dirección. Con respecto al factor de hora pico se utiliza el valor obtenido en los cálculos (Ver Apéndice C). Con estos datos ingresados se obtienen la tasa de flujo para cada carril (ver Figura 81).

Figura 81

Configuración de demanda Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	147	–	0	0	–	203	90	–	160	0	–	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	17	0	0	16	0	0	15	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Traffic from mid-block (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Link OD Volumes	–	EB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Adjusted Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	0

Av. Sullana & Av. Grau (1082 -106)

Nota. Elaboración propia.

2.3.3.5.2. Ajuste de oferta. Considerando la velocidad de 27 km/h (velocidad promedio que se obtuvo tras hacer el estudio del observador móvil), definiendo como 0 el grado de pendiente, un tipo de área CBD, flujo se saturación 1900 (veh/h/carril) e ingresando el ancho de carril para cada acceso de la intersección, el programa define el factor de utilización de carril y flujo de saturación (flujo a la izquierda, flujo a la derecha y flujo directo).

Figura 82

Configuración de oferta Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Street Name	Av. Grau						Jr.Tonsman					
Link Distance (m)	—	180.8	—	—	177.3	—	—	162.2	—	—	127.0	—
Links Speed (km/h)	—	27	—	—	27	—	—	27	—	—	27	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	24.1	—	—	23.6	—	—	21.6	—	—	16.9	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	—	✓	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.996	—	—	0.983	—	—	0.979	—	—	0.950	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.998	—	—	0.999	—	—	0.978	—	—	0.979	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2722	—	—	2618	—	—	1571	—	—	1518	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.856	—	—	0.854	—	—	0.807	—	—	0.817	—
Right Ped Bike Factor	—	0.990	—	—	0.956	—	—	0.982	—	—	0.962	—
Left Ped Factor	—	0.998	—	—	0.999	—	—	0.966	—	—	0.966	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2330	—	—	2235	—	—	1253	—	—	1223	—
Right Turn on Red?	—	—	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	—	✓
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	4	—	—	21	—	—	15	—	—	28	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

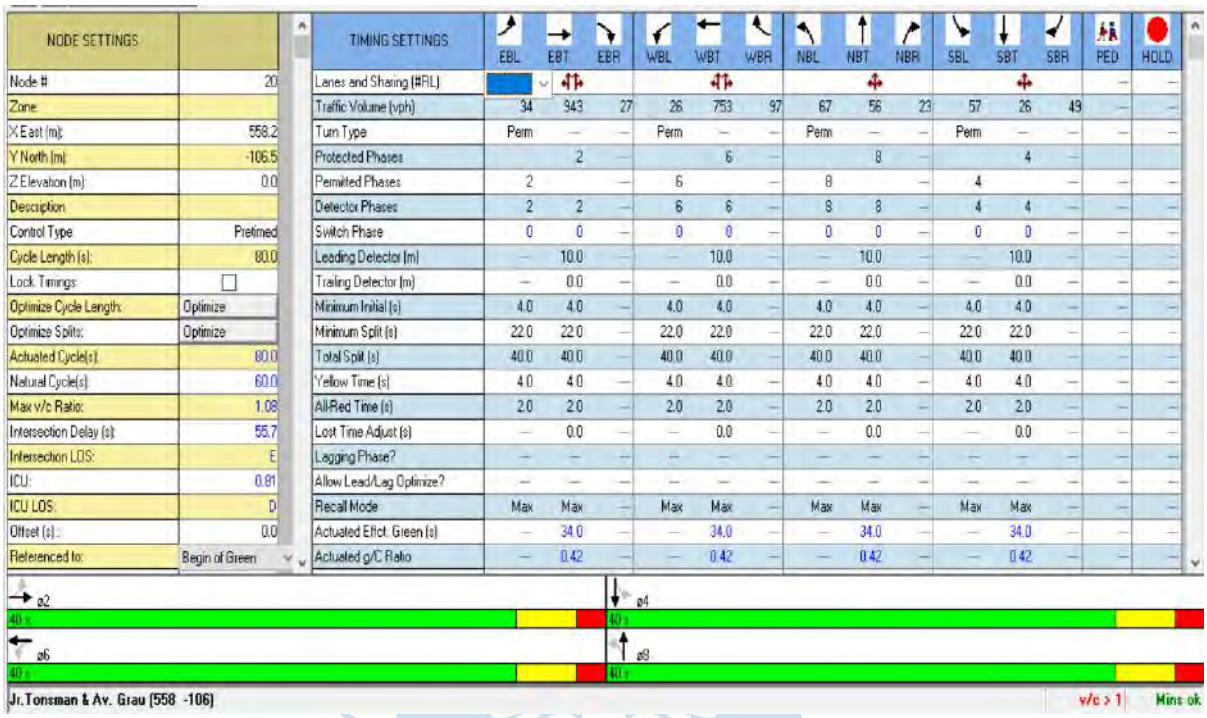
Jr.Tonsman & Av. Grau (558 -106)

Nota. Elaboración propia.

2.3.3.5.3. Capacidad vehicular. En este apartado se ingresa la información de los tiempos del semáforo para cada intersección, el cual se modelará con los datos obtenidos en campo, los tiempos de verde, todo rojo y ámbar. Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resumen de la intersección de los principales resultados, siendo entre ellos la relación v/c (volumen/capacidad).

Figura 83

Configuración de capacidad Jr. Tonsman y Av. Miguel Grau



NODE SETTINGS	
Node #	20
Zone	
X East (m):	558.2
Y North (m):	-106.5
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	60.0
Max v/c Ratio:	1.08
Intersection Delay (s):	55.7
Intersection LOS:	E
ICU:	0.81
ICU LOS:	D
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													–	–
Traffic Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49	–	–
Turn Type	Perm	–	–	Perm	–	–	Perm	–	–	Perm	–	–	–	–
Protected Phases		2	–		6	–		8	–		4	–		
Permitted Phases	2		–	6		–	8		–	4		–	–	–
Detector Phases	2	2	–	6	6	–	8	8	–	4	4	–	–	–
Switch Phase	0	0	–	0	0	–	0	0	–	0	0	–	–	–
Leading Detector (m)	–	10.0	–	–	10.0	–	–	10.0	–	–	10.0	–	–	–
Trailing Detector (m)	–	0.0	–	–	0.0	–	–	0.0	–	–	0.0	–	–	–
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	–	–
Minimum Split (s)	22.0	22.0	–	22.0	22.0	–	22.0	22.0	–	22.0	22.0	–	–	–
Total Split (s)	40.0	40.0	–	40.0	40.0	–	40.0	40.0	–	40.0	40.0	–	–	–
Yellow Time (s)	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	4.0	4.0	–	–	–
All-Red Time (s)	2.0	2.0	–	2.0	2.0	–	2.0	2.0	–	2.0	2.0	–	–	–
Lost Time Adjust (s)	–	0.0	–	–	0.0	–	–	0.0	–	–	0.0	–	–	–
Lagging Phase?	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Allow Lead/Lag Optimize?	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Recall Mode	Max	Max	–	Max	Max	–	Max	Max	–	Max	Max	–	–	–
Actuated Effct. Green (s)	–	34.0	–	–	34.0	–	–	34.0	–	–	34.0	–	–	–
Actuated g/C Ratio	–	0.42	–	–	0.42	–	–	0.42	–	–	0.42	–	–	–

Nota. Elaboración propia

2.3.3.5.4. Simulación. Mediante la herramienta de SimTraffic 8.0 se logra simular el movimiento en un determinado tiempo. Se logra visualizar la intersección bajo una vista de planta tal como se muestra en la Figura 84:

Figura 84

Situación actual de la intersección Jr. Tonsman y Av. Miguel

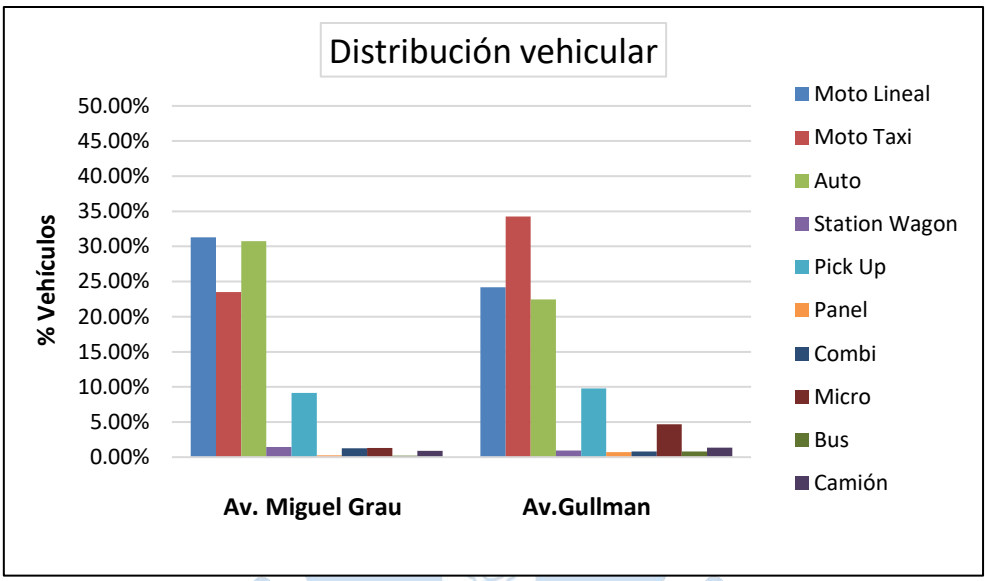
Nota. Elaboración propia

2.3.3.6. Intersección Av. Gullman – Av. Miguel Grau. La Av. Grau se clasifica como una Vía Colectora mientras que la Av. Gullman se considera como una Vía Arterial según el Plan de Desarrollo Urbano de los Distritos de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 emitido por la Municipalidad Provincial de Piura (2014).

A continuación, en a Figura 85, se muestra el tráfico vehicular de cada avenida distinguiendo cada tipo de unidad que transita por esta intersección.

Figura 85

Diagrama de tráfico vehicular Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

Se visualiza como en la Av. Gullman el mayor porcentaje vehicular es representado por los mototaxis en un 34.30% mientras que en la Av. Grau las motos lineales junto a los autos representan un 30.16% y 29.73% respectivamente. Esta intersección presenta muchos puntos de atracción entre ellos un centro comercial pero además debido a las condiciones de capacidad la Av. Gullman presenta 93.38% de vehículos ligeros y 6.62% de vehículos pesados frente a 97.44% de vehículos ligeros y 2.56% de vehículos pesados que circulan por la Av. Miguel Grau.

<u>Giro a la izquierda</u>

Utilizando el criterio de la Federal Highway Administration (FHWA), la cual propone evaluar el producto del volumen vehicular que gira hacia la izquierda con el volumen que presenta un flujo recto en el sentido opuesto, si el resultado del producto cruzado es mayor a

50 000 se debe implementar una fase de giro a la izquierda en el semáforo (Federal Highway Administration, 2010). A continuación, en la Tabla 34 se presenta el producto cruzado obtenido en la intersección.

Tabla 34

Producto cruzado de intersección Av. Miguel Grau-Av. Gullman

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	No. Carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Norte	115	3	562	187	21543
Sur	487	3	327	109	53083
Este	93	2	795	398	36968
Oeste	180	2	791	396	71190

Nota. Elaboración propia

Comprobando el criterio de las multiplicaciones en las horas de mayor congestionamiento, se verifica mediante el producto de los volúmenes de giro a la izquierda con los volúmenes opuestos por carril que la Av. Grau en su acceso oeste necesita una fase exclusiva con giro a la izquierda de la misma manera que los carriles del sentido sur de la Av. Gullman. Sin embargo, los sentidos opuestos a los que necesitan esta fase exclusiva deben contar con esta misma característica para darle simetría a esta intersección.

A continuación, luego de haber analizado los diferentes factores encontrados en campo se presenta la configuración realizada para esta intersección en el Synchro 8.0.

2.3.3.6.1. Ajuste de demanda. Una vez realizado el estudio de tráfico en campo, se define el grupo de carriles para cada dirección en la intersección de la Av. Miguel Grau y Av. Gullman, ingresando a la vez el flujo que circula en ellas. Asimismo, se ingresa el número de peatones que obstruyen el tránsito, así como el porcentaje de vehículos pesados en cada dirección. Con respecto al factor de hora pico se utiliza el valor obtenido en los cálculos (Ver Apéndice C). Con estos datos ingresados se obtienen la tasa de flujo para cada carril (ver Figura 86).

Figura 86

Configuración de demanda Av. Gullman y Av. Miguel Grau

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Conflicting Peds. (#/hr)	320	–	284	284	–	320	235	–	212	212	–	235
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	6	6	8	12	2	3	10	13	6	0	37	0
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Traffic from mid-block (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Link OD Volumes	–	–	–	–	WB	–	–	–	–	–	–	–
Adjusted Flow (vph)	196	864	174	104	889	39	547	631	117	126	359	121
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	1234	0	0	1032	0	0	1295	0	0	606	0

Av. Grau & Av. Gullman (377 -105)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.6.2. Ajuste de oferta. En esta parte del ingreso de datos se han tomado los siguientes parámetros, velocidad de 27 km/h, grado de pendiente igual a 0, tipo de área CBD, flujo se saturación 1900 (veh/h/carril) e ingresando el ancho de carril para cada acceso de la intersección, el programa define el factor de utilización de carril y flujo de saturación (flujo a la izquierda, flujo a la derecha y flujo directo) tal como se evidencia en la Figura 87.

Figura 87

Configuración de oferta Av. Gullman y Av. Miguel Grau

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Street Name	Av. Grau									Av. Gullman		
Link Distance (m)	—	168.3	—	—	180.8	—	—	166.7	—	—	231.1	—
Links Speed (km/h)	—	27	—	—	27	—	—	27	—	—	27	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	22.4	—	—	24.1	—	—	22.2	—	—	30.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.7	2.6	2.6	3.5	3.2	3.2
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	47.0	—	0.0	36.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.979	—	—	0.994	—	—	0.986	—	—	0.970	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.992	—	—	0.995	—	—	0.979	—	—	0.990	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2832	—	—	3077	—	—	3824	—	—	3584	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.571	—	—	0.553	—	—	0.686	—	—	0.662	—
Right Ped Bike Factor	—	0.952	—	—	0.987	—	—	0.972	—	—	0.936	—
Left Ped Factor	—	0.992	—	—	1.000	—	—	0.942	—	—	0.993	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1617	—	—	1710	—	—	2525	—	—	2379	—
Right Turn on Red?	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	30	—	—	6	—	—	15	—	—	11	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

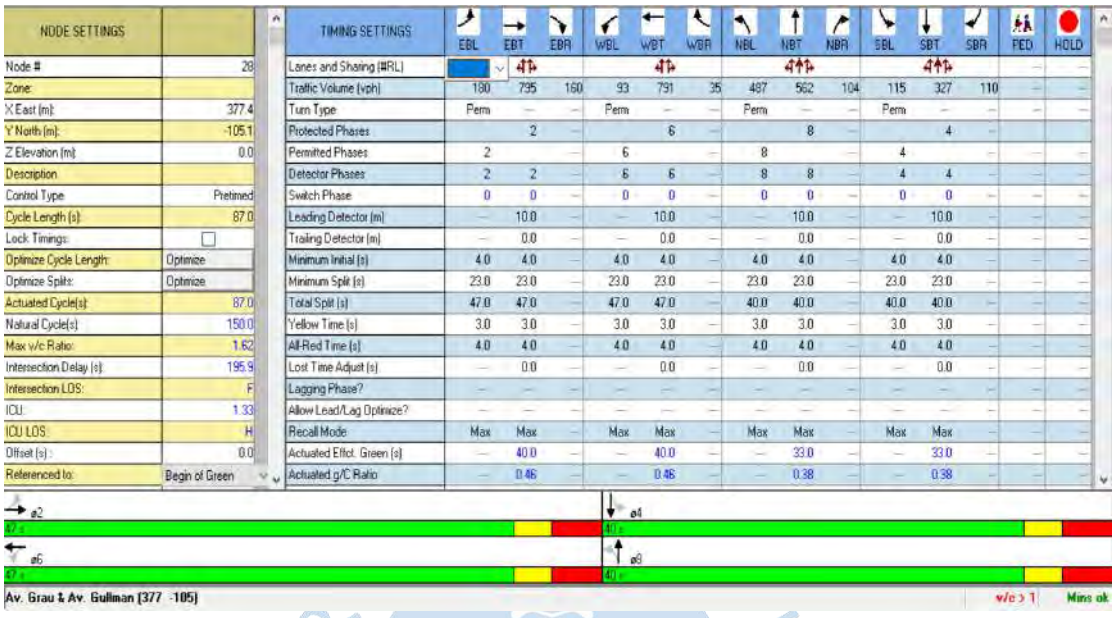
Av. Grau & Av. Gullman (377 -105)

Nota. Elaboración propia

2.3.3.6.3. Capacidad vehicular. En este apartado se ingresa la información de los tiempos del semáforo para cada intersección, el cual se modelará con los datos obtenidos en campo, los tiempos de verde, todo rojo y ámbar. Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resumen de la intersección de los principales resultados, siendo entre ellos la relación v/c (volumen/capacidad), tal como se observa en la Figura 88.

Figura 88

Configuración de capacidad Av. Gullman y Av. Miguel



NODE SETTINGS	
Node #	28
Zone:	
X East (m):	377.4
Y North (m):	-105.1
Z Elevation (m):	0.0
Description:	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	87.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	87.0
Natural Cycle(s):	150.0
Max v/c Ratio:	1.62
Intersection Delay (s):	195.9
Intersection LOS:	F
ICU:	1.33
ICU LOS:	H
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)														
Traffic Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110		
Turn Type	Perm			Perm			Perm			Perm				
Protected Phases		2			6			8			4			
Permitted Phases	2			6			8			4				
Detector Phases	2	2		6	6		8	8		4	4			
Switch Phase	0	0		0	0		0	0		0	0			
Leading Detector (m)		10.0			10.0			10.0			10.0			
Trailing Detector (m)		0.0			0.0			0.0			0.0			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Minimum Split (s)	23.0	23.0		23.0	23.0		23.0	23.0		23.0	23.0			
Total Split (s)	47.0	47.0		47.0	47.0		40.0	40.0		40.0	40.0			
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0			
All-Red Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0			
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode	Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)		40.0			40.0			33.0			33.0			
Actuated g/C Ratio		0.46			0.46			0.38			0.38			

Nota. Elaboración propia.

2.3.3.6.4. **Simulación.** Mediante la herramienta de SimTraffic 8.0 se logra simular el movimiento en un determinado tiempo. Se logra visualizar la intersección bajo una vista de planta tal como se muestra en la Figura 89:

Figura 89

Situación actual de la intersección Av. Gullman y Av. Miguel Grau. Simulación en SimTraffic 8.0

Nota. Elaboración propia

A continuación, se muestra la Figura 90 en la cual podemos ver los niveles de servicio obtenidos en la Av. Miguel Grau con Synchro 8.0.

2.3.3.7. Niveles de servicio actuales del tramo de estudio con Synchro 8.0

Figura 90

Niveles de servicio HCM 2010 - Modelo actual

Nota. Elaboración propia

La Figura 90 muestra los niveles de servicio alcanzados para cada intersección de esta manera tenemos que cada intersección presenta las siguientes características:

Intersección con Av. Sullana (Nivel de servicio C):

Bajo este nivel la intersección logra mantener un flujo estable en sus accesos, pero ya se inician los problemas de congestionamiento provocando que se altere la velocidad del recorrido como también la libertad de realizar maniobras comienza a limitarse, el nivel alcanzado aún permite condiciones de tránsito apropiadas. Como se logra ver el acceso oeste de la Av. Miguel Grau es el que lleva el mayor volumen vehicular.

Intersección con Av. Richard Cushing (Nivel de servicio D):

En esta intersección el volumen de vehículos es mayor pero aún estable, tal como se aprecia en ambos accesos de la Av. Miguel Grau. El nivel de servicio ya indica que se está alcanzando un flujo inestable lo que conlleva a problemas de congestionamiento.

Intersección con Av. San Martin (Nivel de servicio D):

Al igual que la Av. Richard Cushing presenta un volumen vehicular más denso en sus accesos condicionando el correcto funcionamiento de la intersección

Intersección con Jr. Tonsman (Nivel de servicio E):

El nivel de servicio indica que la intersección funciona ya en su límite de capacidad ocasionando flujos más lentos tal se logró apreciar en campo, el mayor volumen vehicular se concentra en la Av. Miguel Grau.

Intersección con Av. Gullman (Nivel de servicio F):

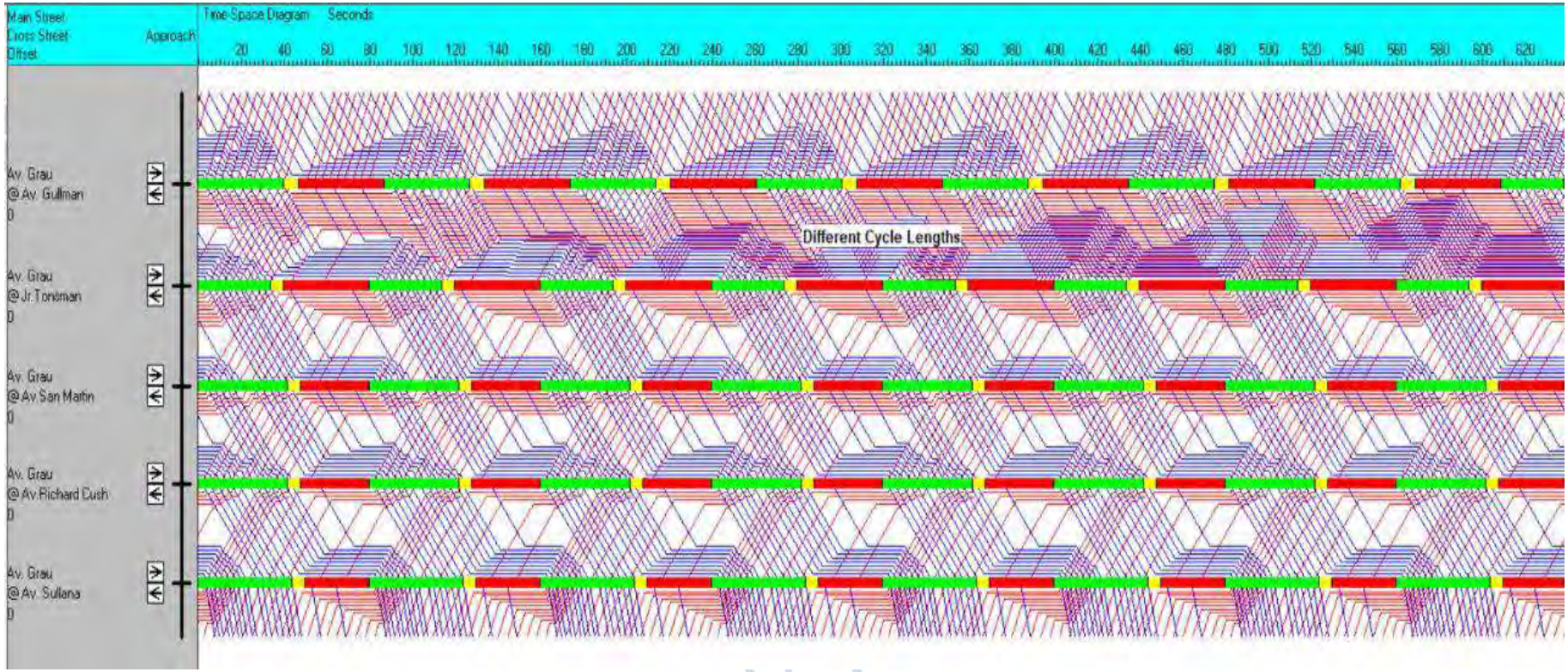
Se observa la formación de colas producto del mal diseño semafórico y de que la capacidad se ha sobrepasado, como se logra visualiza esta intersección presenta los volúmenes más altos de todas las intersecciones de estudio convirtiéndola en la más congestionada.

A continuación, se muestra la Figura 91 en la cual se visualiza el diagrama tiempo espacio obtenido con Synchro 8.0.

2.3.3.8. *Diagrama tiempo espacio actual obtenido con Synchro 8.0*

Figura 91

Diagrama tiempo espacio - Modelo actual



Nota. Elaboración propia

Se aprecia en la Figura 91 el diagrama de tiempo espacio el cual actualmente carece de un sistema de sincronización, generando grandes demoras en los accesos que forman parte de la Av. Miguel Grau.

En el diagrama de espacio tiempo se observan las líneas de viaje, tenemos las de color rojo que recorren en sentido de la Av. Sullana a la Av. Gullman y de azul a las que van en sentido contrario, bajo un correcto diseño estás serían lo más continuas posible sin embargo se observa una gran acumulación de estas líneas producto que durante su recorrido se encuentran con intervalos de rojo generando paradas, colas y un aumento en las demoras todo esto se traduce en una disminución del nivel de servicio

Capítulo 3. Propuestas de optimización de la red semafórica con Synchro 8.0

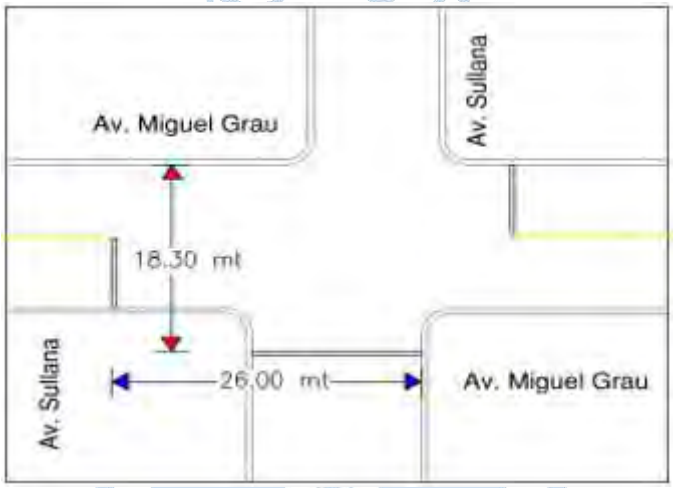
3.1. Intersección con Av. Sullana

3.1.1. Determinación del tiempo de despeje

Para el cálculo del tiempo de despeje se determinó la distancia que recorren los conductores al cruzar la intersección. En la Figura 92 se muestra como los conductores que circulan por la Av. Miguel Grau deben transitar un ancho de 26.00 m mientras que los de la Av. Sullana un ancho con una distancia de 18.30 m.

Figura 92

Distancias de despeje en intersección con Av. Sullana



Nota. Elaboración propia.

La velocidad que ha sido empleada en el cálculo fue obtenida mediante la metodología del observador móvil tal cual se puede observar en la Tabla 21 se obtiene una velocidad promedio de 27 km/h para el tramo de estudio.

En la tabla 35 se muestran los tiempos de despeje para la intersección:

Tabla 35

Tiempos de despeje en intersección 1

Intersección	t (s)	V (km/h)	v (m/s)	a (m/s2)	w (m)	L (m)	Ambar (s)	Todo Rojo (s)
Av. Miguel Grau	1	27	7.50	3.05	26.00	6.10	2	4
Av. Sullana	1	27	7.50	3.05	18.30	6.10	2	3

Nota. Elaboración propia

3.1.2. Primera propuesta: Redistribución de los intervalos de verde en el ciclo actual.

Se trabajó con el ciclo y las fases actuales modificando solo los tiempos de verde, para lograr mejores condiciones de trabajo en los semáforos. Se consiguieron los siguientes tiempos observables en la Tabla 36:

Tabla 36

Mejora en tiempos de verde

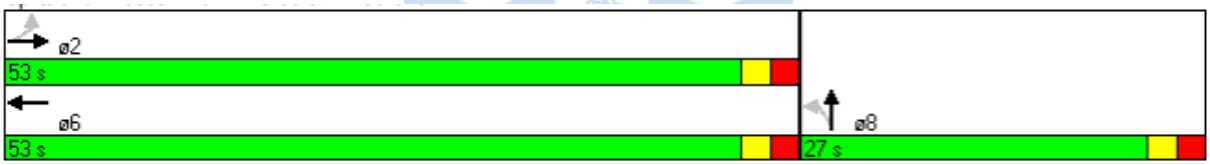
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	Fase 2
Ciclo por fase	53	27
Verde	49	23
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 80 segundos como se muestra en la Figura 93.

Figura 93

Diagrama de fases con redistribución de intervalos de verde



Nota. Elaboración propia

La figura 93 describe una distribución de intervalos de verdes que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 80 segundos. La primera fase cuenta con un tiempo de 53 segundos en la Av. Grau con un intervalo de 49 segundos de verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 27 segundos y cuenta con 23 segundos de verde, 2 segundos en tiempo de amarillo y 2 segundos con todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes valores que se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37

Resultados obtenidos con la propuesta 1

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**C (20.20)**	**B (16.40)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	B (13.10)	A (9.60)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (20.00)	B (13.10)
Nivel de servicio y demora- Av. Sullana Sur (Seg/veh)	C (29.40)	C (31.30)
Máxima relación v/c de la intersección	0.87	0.78

Nota. Elaboración propia

Comparando los resultados obtenidos se visualiza que mejora el nivel de servicio de la intersección pasando a B, producto de que la demora disminuye; esto beneficia también en que se presenta un menor congestionamiento debido a que la relación v/c mejora.

Con esta mejora hay beneficios en los accesos logrando la reducción de las demoras, el acceso con mayor reducción es el oeste de la avenida Miguel Grau esto impacta de manera positiva pues es el que presenta mayor conflicto de circulación vehicular en la actualidad.

3.1.3. Segunda propuesta: Giro exclusivo con giro a la izquierda en acceso crítico.

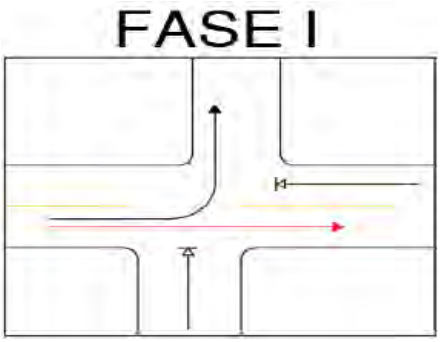
Según lo calculado en la Tabla 30 al realizar el producto cruzado de esta intersección se necesita una fase con giro exclusivo hacia la izquierda en el acceso oeste.

El semáforo utilizará tres fases:

- La primera fase (ver Figura 94) permite el giro a la izquierda y el flujo directo desde la Av. Miguel Grau mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido.

Figura 94

Diagrama del movimiento de fase 1

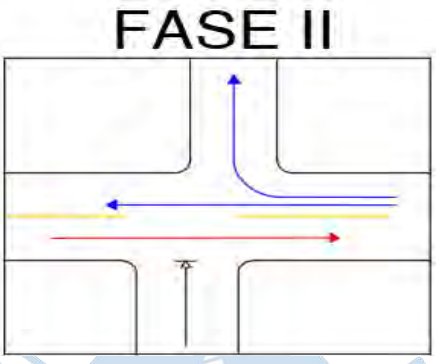


Nota. Elaboración propia

- La segunda fase (ver Figura 95) permita el flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau a excepción del giro a la izquierda proveniente del acceso oeste, el flujo de la Av. Sullana permanece detenido.

Figura 95

Diagrama del movimiento de fase 2

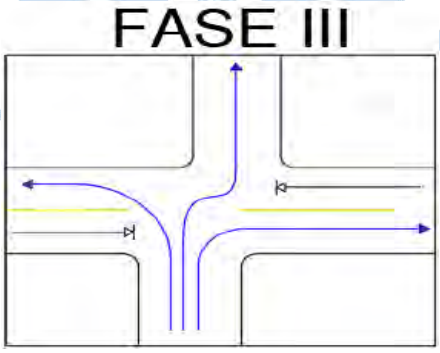


Nota. Elaboración propia

- La tercera fase (ver Figura 96) permite el flujo desde la Av. Sullana mientras el flujo de los accesos de la Av. Miguel Grau permanece detenido.

Figura 96

Diagrama del movimiento de fase 3



Nota. Elaboración propia

Se han obtenido los siguientes tiempos con cada fase (ver Tabla 38):

Tabla 38

Tiempo de nuevas fases

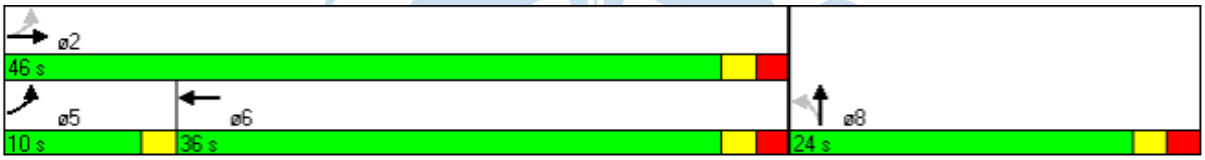
Tiempo de semaforización (seg)			
	Fase 1	**Fase 2**	**Fase 3**
Ciclo por fase	10	36	24
Verde	8	32	20
Amarillo	2	2	2
Todo Rojo	0	2	2

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 97 se muestra el diagrama de fases obtenido con Synchro 8.0 el cual posee un ciclo de 70 segundos.

Figura 97

Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda.



Nota. Elaboración propia

La figura 97 presenta un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 3 fases, los cuales completan un ciclo de 70 segundos. La primera fase implica el tránsito vehicular desde la Av. Grau (acceso oeste) con giro exclusivo a la izquierda a la Av. Sullana (acceso norte), el cual consta de 10 segundos (8 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Seguido a esto se presenta la segunda fase el cual consta de 36 segundos, siendo 32 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. Finalmente, la tercera fase se da en la Av. Sullana con un tiempo total de 24 segundos (20 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo).

En la Tabla 39 se presentan los datos obtenidos luego del análisis con Synchro 8.0.

Tabla 39

Resultados obtenidos con la propuesta 2

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**C (20.20)**	**B (18.90)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	B (13.10)	B (17.60)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (20.00)	B (15.10)
Nivel de servicio y demora- Av. Sullana Sur (Seg/veh)	C (29.40)	C (28.10)
Máxima relación v/c de la intersección	0.87	0.79

Nota. Elaboración propia

Implementar una nueva fase con giro exclusivo a la izquierda en el acceso oeste permite mejorar el nivel de servicio debido a que se reduce la demora en 1.3 segundos para los vehículos que giran hacia la izquierda, según el flujograma de la Figura 45 representa el 38.70% del total de los vehículos que salen de este acceso.

De manera global se logra disminuir la demora mejorando el nivel de servicio pasando de C a B, lo que genera mejores condiciones de circulación brindándole al conductor mayor libertad para realizar maniobras.

Otro beneficio es la reducción de la relación v/c en un 9.20% con ello disminuye el grado de saturación de la intersección convirtiéndose en una con menor congestionamiento.

3.1.4. Tercera propuesta: Implementación de 3 carriles en el acceso sur.

El acceso sur de la Av. Sullana tiene un ancho de 9 m lo cual se ha utilizado para formar actualmente 2 carriles de 4.5 m cada uno, la propuesta que se presenta plantea distribuir el ancho del acceso en 3 carriles con una dimensión de 3m cada uno.

Implementando esta nueva distribución de los carriles en el acceso sur de la Av. Sullana se han obtenido los siguientes tiempos con cada fase plasmados en la Tabla 40:

Tabla 40

Tiempo de nuevas fases

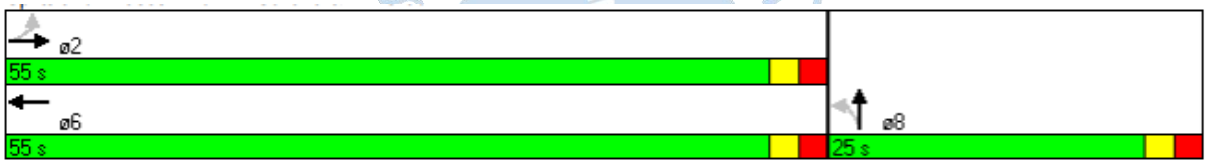
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	**Fase 2**
Ciclo por fase	55	25
Verde	51	21
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se forma un ciclo de 80 segundos como se muestra en la Figura 98.

Figura 98

Diagrama de fases con implementación de nuevo carril en acceso sur



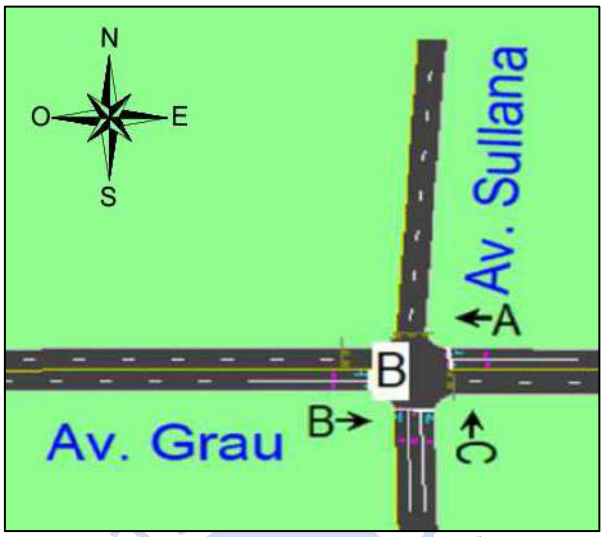
Nota. Elaboración propia

La figura 98 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 80 segundos. La primera fase vehicular en la Av. Grau presenta un intervalo de 55 segundos, siendo 51 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 25 segundos y presenta los siguientes tiempos con 21 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

A continuación, en la Figura 99 se muestra el modelamiento de esta propuesta en Synchro 8.0.

Figura 99

Modelamiento de tercera propuesta en Synchro 8.0



Nota. Elaboración propia

Como se logra apreciar el acceso sur ahora cuenta con 3 carriles lo que permite analizar la intersección bajo nuevas condiciones.

Los resultados obtenidos del análisis se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41

Resultados obtenidos con la propuesta 3

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 3
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**C (20.20)**	**B (14.00)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	B (13.10)	A (8.50)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (20.00)	B (10.10)
Nivel de servicio y demora- Av. Sullana Sur (Seg/veh)	C (29.40)	C (28.50)
Máxima relación v/c de la intersección	0.87	0.75

Nota. Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran como mejora el nivel de servicio en la intersección pasando de un nivel C a B, esto genera que disminuya la demora además se observa como la avenida Miguel Grau obtiene mayores beneficios pues ambos accesos mejoran sus niveles de servicio.

Implementando esta mejora se logra una disminución significativa de la relación v/c lo que es un buen indicador ya que la intersección no solo obtiene un nivel de servicio óptimo, sino que trabajará muy por debajo de su capacidad máxima evitando problemas de congestionamiento.

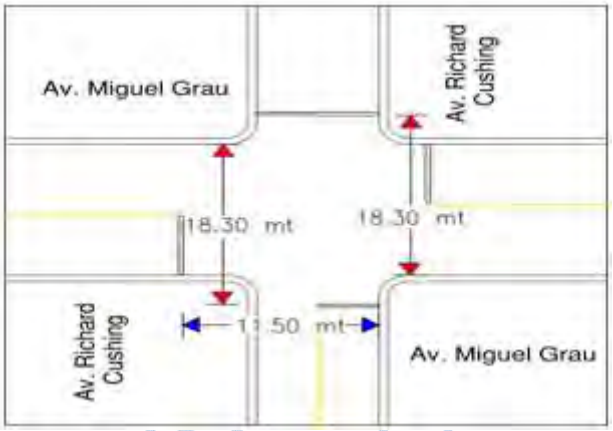
3.2. Intersección con Av. Richard Cushing.

3.2.1. Determinación del tiempo de despeje

Para el cálculo del tiempo de despeje se determinó la distancia que recorren los conductores al cruzar la intersección. En la Figura 100 se muestra como los conductores que circulan por la Av. Miguel Grau deben transitar un ancho de 11.50 m mientras que los de la Av. Richard Cushing un ancho con una distancia de 18.30 m.

Figura 100

Distancias de despeje en intersección con Av. Richard Cushing



Nota. Elaboración propia

La velocidad que ha sido empleada en el cálculo fue obtenida mediante la metodología del observador móvil tal cual se puede observar en la Tabla 21 se obtiene una velocidad promedio de 27 km/h para el tramo de estudio.

En la tabla 42 se muestran los tiempos de despeje para la intersección:

Tabla 42

Tiempos de despeje en intersección 2

Intersección	t (s)	V (km/h)	v (m/s)	a (m/s2)	w (m)	L (m)	Ambar (s)	Todo Rojo (s)
Av. Miguel Grau	1	27	7.50	3.05	11.50	6.10	2	2
Av. Richard Cushing	1	27	7.50	3.05	18.30	6.10	2	3

Nota. Elaboración propia

3.2.2. Primera propuesta: Implementación de nuevo ciclo semafórico.

En esta propuesta se modifican los periodos de verde que se desarrollan en las fases actuales para lograr un mejor trabajo en los semáforos. Se obtuvieron los siguientes tiempos observables en la Tabla 43:

Tabla 43

Tiempos de fases semafóricas

Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	Fase 2
Ciclo por fase	43	22
Verde	39	18
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 65 segundos como se muestra en la Figura 101.

Figura 101

Diagrama de fases con nuevo ciclo semafórico

Nota. Elaboración propia

La figura 101 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 65 segundos. La primera fase en la Av. Grau presenta un intervalo de 43 segundos, siendo 39 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 22 segundos en la Av. Richard Cushing y presenta 18 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

A continuación, se presenta en la Tabla 44 los datos obtenidos luego del análisis con Synchro 8.0.

Tabla 44

Resultados obtenidos con la propuesta 1

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**D (46.20)**	**B (18.90)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	D (54.40)	B (16.40)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	D (47.30)	C (20.30)
Nivel de servicio y demora- Av. Richard Cushing Norte (Seg/veh)	B (19.50)	C (18.30)
Nivel de servicio y demora- Av. Richard Cushing Sur (Seg/veh)	C (23.50)	C (21.60)
Máxima relación v/c de la intersección	1.03	0.88

Nota. Elaboración propia

La intersección obtiene un mejor desenvolvimiento al usar un nuevo ciclo lo que permite descongestionar de gran manera los accesos de la avenida Miguel Grau, ya que los tiempos de demora son menores logrando niveles de servicio óptimos. Así mismo, la intersección alcanza un mejor servicio pasando de un valor D a un valor C lo que implica una disminución de 27.30 segundos respecto a los 46.20 segundos que hay actualmente.

Se observa como disminuye la máxima relación v/c en un 14.56% lo cual nos indica que la intersección está trabajando por debajo de su capacidad limite.

3.2.3. Segunda propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis.

Con el fin de mejorar los parámetros de servicio en la intersección analizada, se presenta esta propuesta utilizando la ordenanza municipal vigente que restringe la circulación de mototaxis en esta intersección. Esta alternativa se evalúa usando dos fases semafóricas obteniendo la siguiente distribución de tiempos semafóricos tal como se ve en la Tabla 45.

Tabla 45

Tiempos semafóricos segunda propuesta

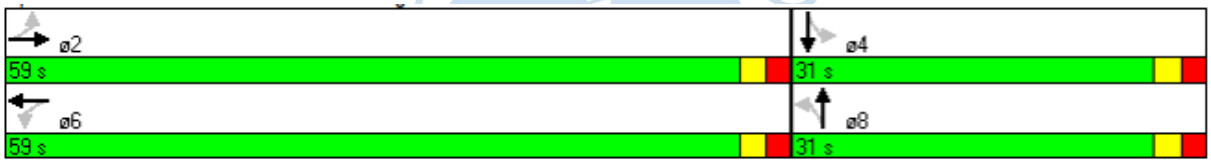
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	**Fase 2**
Ciclo por fase	59	31
Verde	55	27
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 90 segundos como se muestra en la Figura 102.

Figura 102

Diagrama de fases con anillo vial



Nota. Elaboración propia

La figura 102 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 90 segundos. La primera fase en la Av. Grau con un intervalo de 59 segundos, siendo 55 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 31 segundos en la Av. Richard Cushing con 27 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes valores que se muestran en la Tabla 46.

Tabla 46

Resultados obtenidos con la propuesta 2

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**D (46.20)**	**B (14.60)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	D (54.40)	B (12.20)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	D (47.30)	B (15.30)
Nivel de servicio y demora- Av. Richard Cushing Norte (Seg/veh)	B (19.50)	B (19.40)
Nivel de servicio y demora- Av. Richard Cushing Sur (Seg/veh)	C (23.50)	B (18.90)
Máxima relación v/c de la intersección	1.03	0.71

Nota. Elaboración propia

Analizando el diagrama de tráfico vehicular que se muestra en la Figura 67 podemos ver como los mototaxis representan un 37.14% de los vehículos totales que transitan en la avenida Miguel Grau mientras que en la avenida Richard Cushing estos son el 38.32% del total por lo tanto al aplicar la ordenanza municipal del anillo vial de manera eficiente obtenemos mejores condiciones de servicio pues se reducen las demoras en un 68.40% respecto a su demora inicial es decir 31.60 segundos menos de espera en la intersección lo que permite obtener un nivel de servicio igual a B.

Un factor importante es la reducción en el uso de la máxima capacidad de la intersección la cual hoy se ve sobrepasada como se logra visualizar la máxima relación v/c sin mejora alguna llega a 1.03 pero al implementar esta propuesta logramos un valor de 0.71, lo que indica que se reducen drásticamente los problemas de congestionamiento.

3.3. Intersección con Av. San Martin.

3.3.1. Determinación del tiempo de despeje

Para el cálculo del tiempo de despeje se determinó la distancia que recorren los conductores al cruzar la intersección. En la Figura 103 se muestra como los conductores que circulan por la Av. Miguel Grau deben transitar un ancho de 17.50 m mientras que los de la Av. San Martin un ancho con una distancia de 18.30 m.

Figura 103

Distancias de despeje en intersección con Av. San Martin

Nota. Elaboración propia

La velocidad que ha sido empleada en el cálculo fue obtenida mediante la metodología del observador móvil tal cual se puede observar en la Tabla 21 se obtiene una velocidad promedio de 27 km/h para el tramo de estudio.

En la Tabla 47 se muestran los tiempos de despeje para la intersección:

Tabla 47

Tiempos de despeje en intersección 3

Intersección	t (s)	V (km/h)	v (m/s)	a (m/s2)	w (m)	L (m)	Ambar (s)	Todo Rojo (s)
Av. Miguel Grau	1	27	7.50	3.05	17.50	6.10	2	3
Av. San Martin	1	27	7.50	3.05	18.30	6.10	2	3

Nota. Elaboración propia

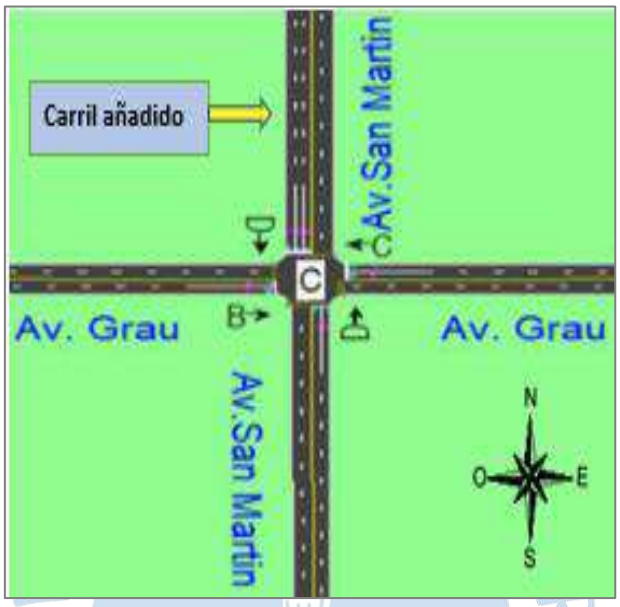
3.3.2. Primera propuesta: Incorporación de nuevo carril en acceso norte

Esta alternativa plantea adicionar un nuevo carril al acceso norte de la Av. San Martin, actualmente el ancho de este acceso es de 6.40 m y presenta 2 carriles, con la nueva propuesta el ancho del acceso será 9.00 m y tendrá 3 carriles cada uno con una dimensión de 3.00 m, esta modificación es posible ya que se cuenta con espacio para aumentar la calzada.

El modelamiento de esta propuesta en Synchro 8.0 se muestra a continuación en la Figura 104:

Figura 104

Modelamiento de propuesta 1, intersección con Av. San Martin



Nota. Elaboración propia

Con esta propuesta se obtienen los siguientes tiempos semafóricos, como se observa en la Tabla 48:

Tabla 48

Tiempos de fases semafóricas

Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	Fase 2
Ciclo por fase	52	23
Verde	48	19
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 75 segundos como se muestra en la Figura 105.

Figura 105

Diagrama de fases con incorporación de nuevo carril en acceso norte

Nota. Elaboración propia

La figura 105 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 75 segundos. La primera fase en la Av. Grau con un intervalo de 52 segundos, siendo 48 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 23 segundos en la Av. San Martín con 19 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se muestran los valores que se obtienen en la Tabla 49.

Tabla 49

Resultados obtenidos con la propuesta 1

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**D (45.80)**	**B (18.50)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	F (93.80)	C (23.20)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (19.00)	B (10.70)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Norte (Seg/veh)	C (28.60)	C (24.60)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Sur (Seg/veh)	C (21.60)	C (23.50)
Máxima relación v/c de la intersección	1.14	0.88

Nota. Elaboración propia

Con esta alternativa los accesos de la avenida Miguel Grau obtienen mejores niveles de servicio reduciendo sus demoras considerablemente, el acceso este es el que presenta mayor beneficio lo cual es importante, ya que, actualmente es el acceso con mayor congestionamiento y problemas de capacidad.

A nivel de intersección se reduce la demora en 27.30 segundos esto permite pasar de un nivel de servicio D a B, con ello se reduce la formación de colas además se logra reducir la saturación vehicular en un 22.80%, tal como se muestra en la nueva relación v/c igual a 0.88.

3.3.3. Segunda propuesta: Giro exclusivo a la izquierda en acceso este.

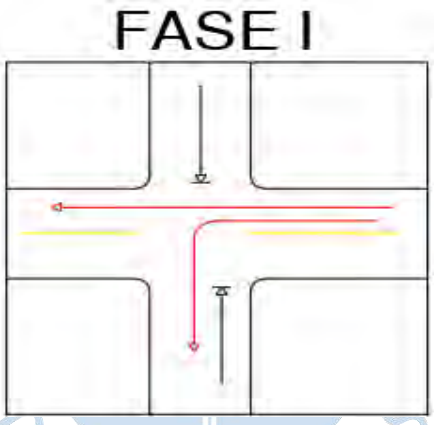
Según lo calculado en la Tabla 32 al realizar el producto cruzado de esta intersección se necesita una fase con giro exclusivo hacia la izquierda en el acceso este.

El semáforo utilizara tres fases:

- La primera fase (ver Figura 106) permite el giro a la izquierda en el acceso este de la Av. Miguel Grau mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido.

Figura 106

Diagrama del movimiento de fase 1

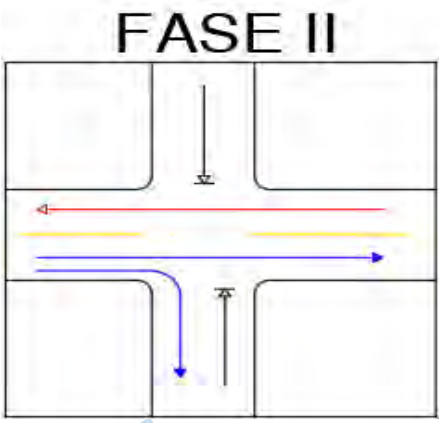


Nota. Elaboración propia

- La segunda fase (ver Figura 107) permite el flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau a excepción del giro a la izquierda proveniente del acceso este, el flujo de la Av. San Martin permanece detenido.

Figura 107

Diagrama del movimiento de fase 2



Nota. Elaboración propia

- La tercera fase (ver Figura 108) permite el flujo en los accesos de la Av. San Martin mientras el flujo de los accesos de la Av. Miguel Grau permanece detenido.

Figura 108

Diagrama del movimiento de fase 3

Nota. Elaboración Propia

Al realizar esta modificación se han conseguidos los siguientes tiempos observables en la Tabla 50:

Tabla 50

Tiempo de nuevas fases

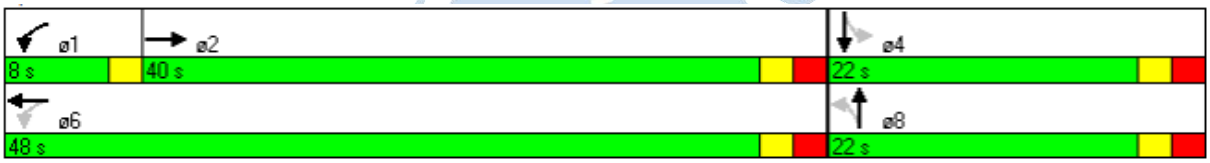
Tiempo de semaforización (seg)			
	Fase 1	**Fase 2**	**Fase 3**
Ciclo por fase	8	40	22
Verde	6	36	18
Amarillo	2	2	2
Todo Rojo	0	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 70 segundos como se muestra en la Figura 109.

Figura 109

Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda



Nota. Elaboración propia

La figura 109 presenta un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 3 fases, los cuales completan un ciclo de 70 segundos. La primera fase desde la Av. Grau (acceso este) con giro exclusivo a la izquierda a la Av. San Martín (acceso sur), el cual consta de 8 segundos (6 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Seguido a esto se presenta la segunda fase el cual consta de 40 segundos, siendo 36 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. Finalmente, la tercera fase se da en la Av. San Martín con un tiempo total de 22 segundos (18 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo).

Luego del análisis con Synchro 8.0 se muestran los valores que se obtienen en la Tabla 51.

Tabla 51

Resultados obtenidos con la propuesta 2

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**D (45.80)**	**C (21.10)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	F (93.80)	C (20.60)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (19.00)	C (20.80)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Norte (Seg/veh)	C (28.60)	C (22.30)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Sur (Seg/veh)	C (21.60)	C (21.40)
Máxima relación v/c de la intersección	1.14	0.87

Nota. Elaboración propia

La creación de una nueva fase con giro exclusivo a la izquierda en el acceso este permite mejorar el nivel de servicio debido a que se reduce la demora en 24.70 segundos lo cual es considerable teniendo en cuenta que el volumen de vehículos que giran a la izquierda ingresando a la Av. San Martin según el flujograma de la Figura 47 representa el 18.18% del total de los vehículos que salen de este acceso.

De manera global se logra mejorar disminuir la demora mejorando el nivel de servicio pasando de D a C, lo que genera mejores condiciones de circulación.

Otro beneficio es la reducción de la relación v/c en 23.68% con ello disminuye el grado de saturación de la intersección convirtiéndose en una con menor congestionamiento.

3.3.4. Tercera propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis.

En esta propuesta se evalúa la aplicación de la ordenanza municipal del anillo vial la cual restringe la circulación de los mototaxis en la Av. Miguel Grau, pero no en la Av. San Martin.

Esta alternativa usa dos fases semafóricas, así como también la distribución de carriles planteada en la propuesta 1, se obtiene la siguiente distribución de tiempos semafóricos plasmada en la Tabla 52.

Tabla 52

Tiempos de fases semafóricas

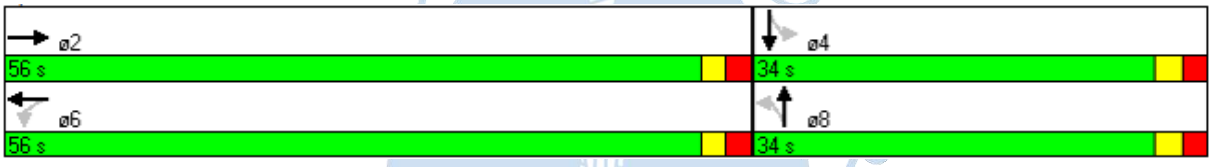
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	**Fase 2**
Ciclo por fase	56	34
Verde	52	30
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 90 segundos como se muestra en la Figura 110

Figura 110

Diagrama de fases con anillo vial



Nota. Elaboración propia

La figura 110 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 90 segundos. La primera fase en la Av. Grau con un intervalo de 56 segundos, siendo 52 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 34 segundos en la Av. San Martin con 30 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes valores que se muestran en la Tabla 53.

Tabla 53

Resultados obtenidos con la propuesta 3

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 3
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**D (45.80)**	**B (17.00)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	F (93.80)	B (13.30)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	B (19.00)	B (13.50)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Norte (Seg/veh)	C (28.60)	C (28.40)
Nivel de servicio y demora- Av. San Martin Sur (Seg/veh)	C (21.60)	B (18.60)
Máxima relación v/c de la intersección	1.14	0.70

Nota. Elaboración propia

Observando el diagrama de tráfico vehicular que se muestra en la Figura 74 podemos deducir como los mototaxis representan un 18.59% de los vehículos totales que transitan en la avenida Miguel Grau por lo tanto al ejecutar correctamente la ordenanza municipal del anillo vial (Municipalidad Provincial de Piura, Ordenanza Municipal 229-01-CMPP de 2020) obtenemos mejores condiciones de servicio pues se reducen las demoras en un 62.88% respecto a su demora inicial es decir 28.80 segundos menos de espera en la intersección lo que permite obtener un nivel de servicio igual a B.

Un factor importante es la reducción en el uso de la máxima capacidad de la intersección la cual hoy se ve sobrepasada como se logra visualizar la máxima relación v/c sin mejora alguna llega a 1.14 pero al implementar esta propuesta logramos un valor de 0.70 lo que indica que se reducen drásticamente los problemas de congestionamiento.

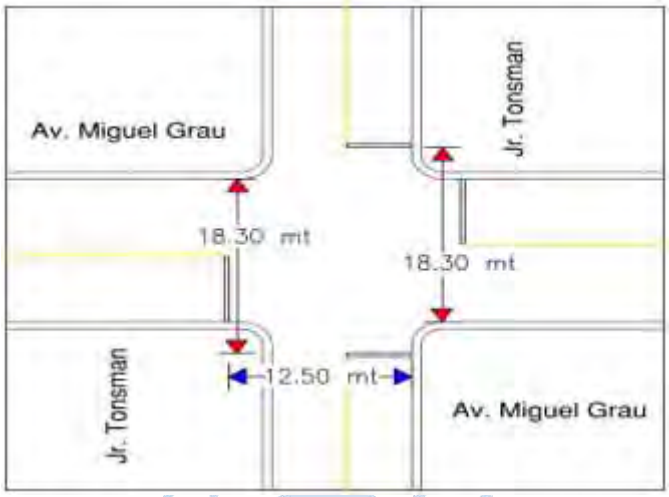
3.4. Intersección con Jr. Tonsman.

3.4.1. Determinación del tiempo de despeje

Para el cálculo del tiempo de despeje se determinó la distancia que recorren los conductores al cruzar la intersección. En la Figura 111 se muestra como los conductores que circulan por la Av. Miguel Grau deben transitar un ancho de 12.50 m mientras que los del Jr. Tonsman un ancho con una distancia de 18.30 m.

Figura 111

Distancias de despeje en intersección con Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia

La velocidad que ha sido empleada en el cálculo fue obtenida mediante la metodología del observador móvil, tal cual se puede observar en la Tabla 21, se obtiene una velocidad promedio de 27 km/h para el tramo de estudio.

En la tabla 54 se muestran los tiempos de despeje para la intersección:

Tabla 54

Tiempos de despeje en intersección 4

Intersección	t (s)	V (km/h)	v (m/s)	a (m/s2)	w (m)	L (m)	Ambar (s)	Todo Rojo (s)
Av. Miguel Grau	1	27	7.50	3.05	12.50	6.10	2	2
Jr. Tonsman	1	27	7.50	3.05	18.30	6.10	2	3

Nota. Elaboración propia

3.4.2. Primera propuesta: Implementación de nuevo ciclo semafórico.

Se plantea modificar los periodos de verde que se desarrollan en las fases actuales para mejorar la capacidad de trabajo de los semáforos.

Se obtuvieron los siguientes tiempos observables en la Tabla 55:

Tabla 55

Mejora en tiempos de verde

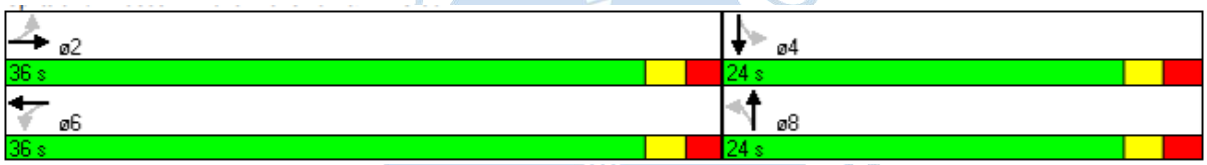
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	**Fase 2**
Ciclo por fase	36	24
Verde	32	20
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 60 segundos como se muestra en la Figura 112.

Figura 112

Diagrama de fases con nuevo ciclo semafórico



Nota. Elaboración propia

La figura 112 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 60 segundos. La primera fase en la Av. Grau con un intervalo de 36 segundos, siendo 32 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 24 segundos en el Jr. Tonsman con 20 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes parámetros que se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56

Resultados obtenidos con la propuesta 1

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**E (55.90)**	**B (16.50)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	D (47.40)	B (15.10)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	E (75.90)	B (18.20)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Norte (Seg/veh)	B (13.70)	B (12.30)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Sur (Seg/veh)	B (15.90)	B (17.00)
Máxima relación v/c de la intersección	1.08	0.81

Nota. Elaboración propia

La intersección logra un mejor desempeño al usar un nuevo ciclo lo que permite descongestionar de gran manera los accesos de la avenida Miguel Grau ya que los tiempos de demora son menores logrando niveles de servicio óptimos. Así mismo, la intersección alcanza un mejor servicio pasando de un valor E a un valor B lo que implica una disminución de 39.40 segundos respecto a los 55.90 segundos que hay actualmente.

Se observa como disminuye la máxima relación v/c en 25% lo cual nos indica que la intersección está trabajando por debajo de su capacidad limite.

3.4.3. Segunda propuesta: Giros exclusivos hacia la izquierda en accesos de Av. Miguel Grau

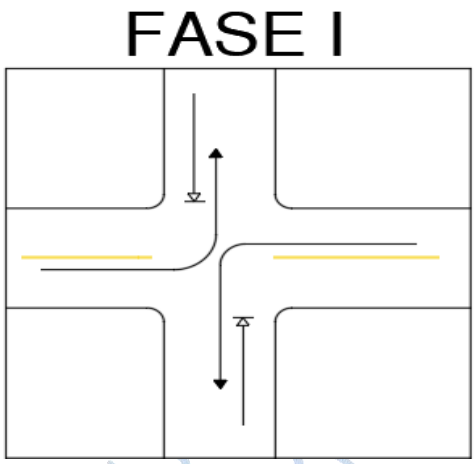
Según lo calculado en la Tabla 33 al realizar el producto cruzado de esta intersección no se necesita una fase con giro exclusivo hacia la izquierda, pero se evaluó debido a las condiciones que se observan en campo.

El semáforo utilizara tres fases:

- La primera fase (ver Figura 113) permite el giro a la izquierda los accesos de la Av. Miguel Grau mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido.

Figura 113

Diagrama del movimiento de fase 1

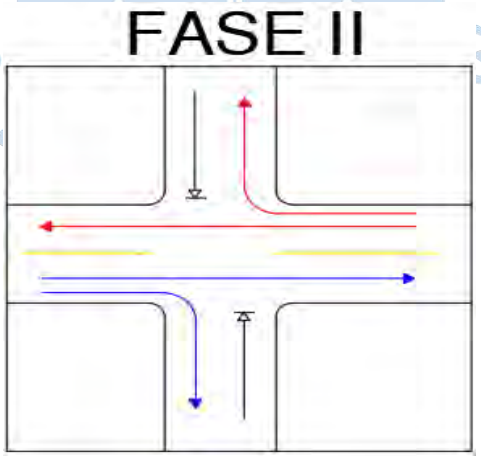


Nota. Elaboración propia

- La segunda fase (ver Figura 114) permite el flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau a excepción de los giros a la izquierda, el flujo del Jr. Tonsman permanece detenido.

Figura 114

Diagrama del movimiento de fase 2

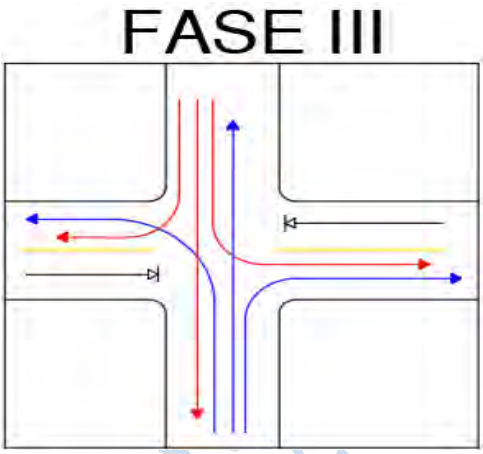


Nota. Elaboración propia

- La tercera fase (ver Figura 115) permite el flujo en los accesos del Jr. Tonsman mientras el flujo de los accesos de la Av. Miguel Grau permanece detenido.

Figura 115

Diagrama del movimiento de fase 3



Nota. Elaboración propia

Se han obtenido los siguientes tiempos que se muestran a continuación en la Tabla 57:

Tabla 57

Tiempo de nuevas fases

Tiempo de semaforización (seg)			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Ciclo por fase	8	29	23
Verde	6	25	19
Amarillo	2	2	2
Todo Rojo	0	2	2

Nota. Elaboración propia

El ciclo tiene 60 segundos como se muestra en la Figura 116.

Figura 116

Diagrama de fases con giro exclusivo a la izquierda

Nota. Elaboración propia

La figura 116 presenta un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 3 fases, los cuales completan un ciclo de 60 segundos. La primera fase desde la Av. Grau (accesos oeste y este) con giro exclusivo a la izquierda al Jr. Tonsman (acceso norte y sur), el cual consta de 8 segundos (6 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Seguido a esto se presenta la segunda fase el cual consta de 29 segundos, siendo 25 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo. Finalmente, la tercera fase se da en el Jr. Tonsman con un tiempo total de 23 segundos (19 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo).

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes parámetros que se muestran en la Tabla 58.

Tabla 58

Resultados obtenidos con la propuesta 2

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**E (55.90)**	**B (18.50)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	D (47.40)	B (16.80)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	E (75.90)	C (20.50)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Norte (Seg/veh)	B (13.70)	B (14.00)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Sur (Seg/veh)	B (15.90)	B (19.30)
Máxima relación v/c de la intersección	1.08	0.85

Nota. Elaboración propia

La creación de una nueva fase con giro exclusivo a la izquierda en los accesos de la Av. Miguel Grau permite mejorar el nivel de servicio debido a que se reduce la demora en 37.40 segundos, el acceso que tiene mayor beneficio es el oeste pues reduce sus demoras en 73 % mientras que el acceso este tiene una reducción del 64.56%.

De manera global la intersección mejora el nivel de servicio pasando de E a B, lo que genera mejores condiciones de circulación.

Otro beneficio es la reducción de la relación v/c en 21.30 % con ello disminuye el grado de saturación de la intersección convirtiéndose en una con menos problemas de congestionamiento.

3.4.4. Tercera propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis.

En esta propuesta se evalúa la aplicación de la ordenanza municipal del anillo vial la cual restringe la circulación de los mototaxis en la Av. Miguel Grau, así como también en el Jr. Tonsman.

Se obtuvo la siguiente distribución de los tiempos trabajando con las fases actuales que se observa en la Tabla 59:

Tabla 59

Tiempos de fases optimizadas

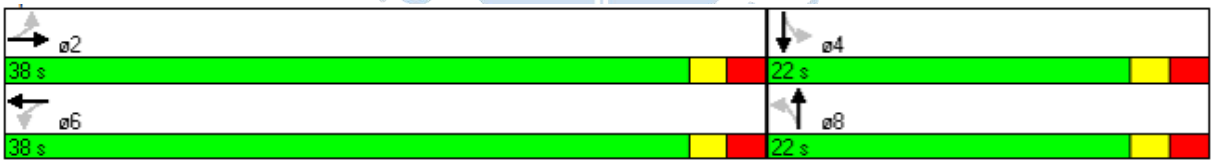
Tiempo de semaforización (seg)		
	Fase 1	Fase 2
Ciclo por fase	38	22
Verde	34	18
Amarillo	2	2
Todo Rojo	2	2

Nota. Elaboración propia.

Se obtiene un ciclo de 60 segundos como se muestra en la Figura 117.

Figura 117

Diagrama de fases con anillo vial



Nota. Elaboración propia

La figura 117 describe un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 2 fases el cual completa un ciclo de 60 segundos. La primera fase en la Av. Grau con un intervalo de 38 segundos, siendo 34 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. La segunda fase posee un intervalo de 22 segundos en el Jr. Tonsman con 18 segundos en verde, 2 segundos de amarillo y 2 segundos en todo rojo.

Luego del análisis con Synchro 8.0 se obtienen los siguientes valores que se muestran en la Tabla 60.

Tabla 60

Resultados obtenidos con la propuesta 3

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 3
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**E (55.90)**	**B (12.70)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	D (47.40)	A (9.40)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	E (75.90)	B (15.30)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Norte (Seg/veh)	B (13.70)	B (12.20)
Nivel de servicio y demora- Jr. Tonsman Sur (Seg/veh)	B (15.90)	B (16.50)
Máxima relación v/c de la intersección	1.08	0.57

Nota. Elaboración propia

Analizando el diagrama de tráfico vehicular que se muestra en la Figura 79 podemos ver como los mototaxis representan un 21.35% de los vehículos totales que transitan en la avenida Miguel Grau mientras que en el Jr. Tonsman estos son el 32.07% del total por lo tanto al aplicar la ordenanza municipal del anillo vial de manera efectiva obtenemos mejores condiciones de servicio pues se reducen las demoras en un 77.30% respecto a su demora inicial es decir 43.20 segundos menos de espera en la intersección lo que permite obtener un nivel de servicio A.

Un factor importante es la reducción en el uso de la máxima capacidad de la intersección la cual hoy se ve sobrepasada como se logra visualizar la máxima relación v/c sin mejora alguna llega a 1.08 pero al implementar esta propuesta logramos un valor de 0.57 lo que indica que se reducen drásticamente los problemas de congestionamiento.

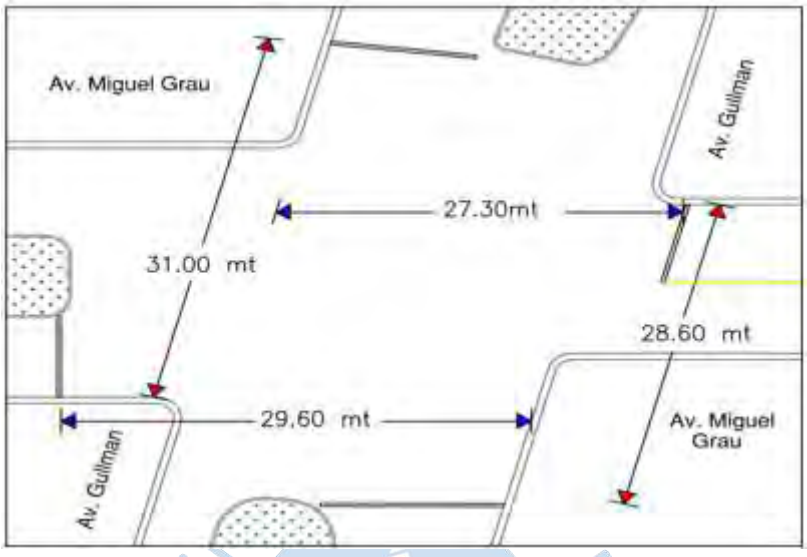
3.5. Intersección con Av. Gullman

3.5.1. Determinación del tiempo de despeje

Para el cálculo del tiempo de despeje se determinó la distancia que recorren los conductores al cruzar la intersección. En la Figura 118 se muestra como los conductores que circulan por la Av. Miguel Grau deben transitar un ancho máximo de 29.60 m mientras que los de la Av. Gullman un ancho máximo de 31.00 m.

Figura 118

Distancias de despeje en intersección con Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

La velocidad que ha sido empleada en el cálculo fue obtenida mediante la metodología del observador móvil tal cual se puede observar en la Tabla 21 se obtiene una velocidad promedio de 27 km/h para el tramo de estudio. En la tabla 61 se muestran los tiempos de despeje para la intersección:

Tabla 61

Tiempos de despeje en intersección 5

Intersección	t (s)	V (km/h)	v (m/s)	a (m/s2)	w (m)	L (m)	Ambar (s)	Todo Rojo (s)
Av. Miguel Grau	1	27	7.50	3.05	29.6	6.10	2	4
Av. Gullman	1	27	7.50	3.05	31	6.10	2	4

Nota. Elaboración propia

3.5.2. Primera propuesta: Implementación de nuevas fases y cambio geométrico.

En esta propuesta se considera contar con nuevas fases y plantear una nueva geometría en los diferentes accesos. A continuación, se detallan las modificaciones que se han optado en esta propuesta.

Nuevas fases semafóricas

Según lo calculado en la Tabla 34 al realizar el producto cruzado de esta intersección se necesita una fase con giro exclusivo hacia la izquierda en los accesos Sur y Oeste, sin embargo, por simetría esta mejora se da en todos los accesos.

El semáforo utiliza cuatro fases:

- La primera fase permite el giro a la izquierda los accesos de la Av. Miguel Grau mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido, tal como se observa en la Figura 119.

Figura 119

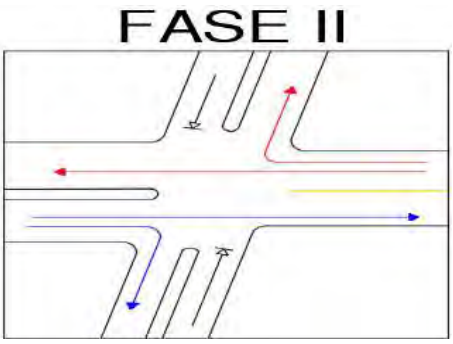
Diagrama del movimiento de fase 1

Nota. Elaboración propia

- La segunda fase permite el flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau a excepción de los giros a la izquierda, el flujo de la Av. Gullman permanece detenido, tal y como se aprecia en la Figura 120.

Figura 120

Diagrama del movimiento de fase 2

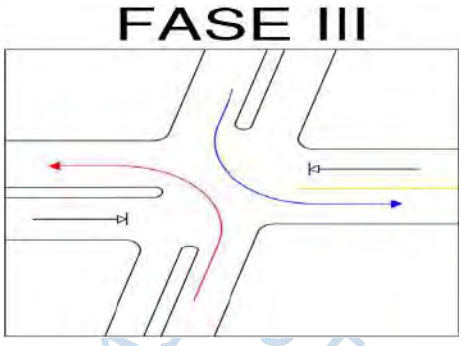


Nota. Elaboración propia

- La tercera fase permite el giro a la izquierda los accesos de la Av. Gullman mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido, como se ve en la Figura 121.

Figura 121

Diagrama del movimiento de fase 3

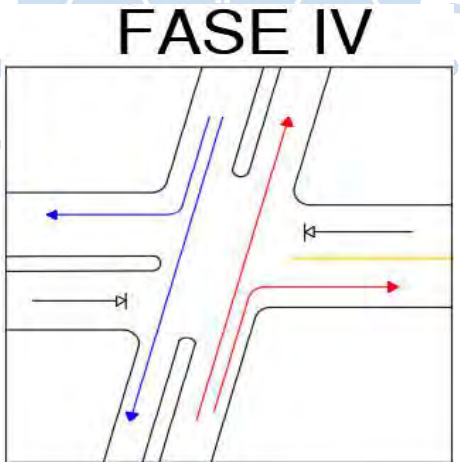


Nota. Elaboración propia

- La cuarta fase, graficada en la Figura 122, permite el flujo en los accesos de la Av. Gullman a excepción de los giros a la izquierda, el flujo de la Av. Miguel Grau permanece detenido.

Figura 122

Diagrama del movimiento de fase 4



Nota. Elaboración propia

Modificaciones geométricas:

Actualmente, la intersección producto del gran congestionamiento vehicular presenta problemas en su desempeño ocasionando que trabaje por encima de su máxima capacidad, esto es un indicador de que se necesita optimizar la geometría ya que al realizar solo

modificaciones en los semáforos no se logra mejorar la respuesta de la intersección frente a la demanda vehicular que se forma en horas punta. En esta propuesta se analizan diferentes mejoras en el acceso norte, sur y oeste ya que las condiciones son favorables para proponer ampliaciones o adicionar carriles según sea conveniente.

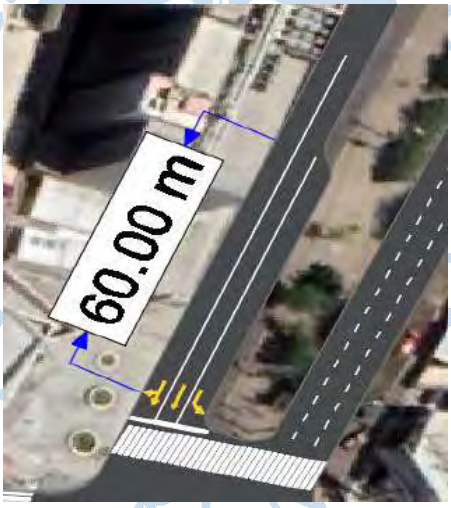
A continuación, se detalla los cambios realizados en la intersección.

Acceso norte

- ✓ Implementación de un carril de giro exclusivo a la izquierda con una longitud de 60 m, véase la Figura 123.
- ✓ Se mantiene el número de carriles, pero se modifica el ancho a 3.20 m cada uno.
- ✓ Reducción del separador central pasando de 13 m a 8 m.

Figura 123

Cambios geométricos - Acceso norte



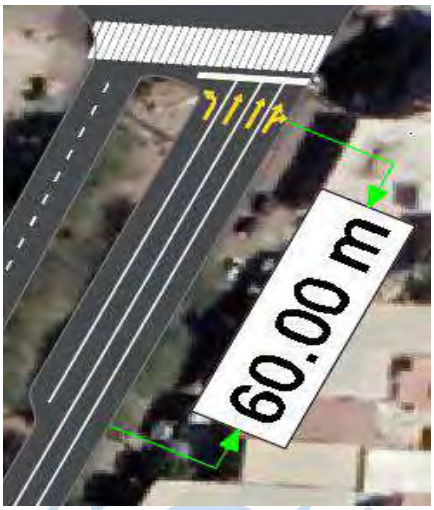
Nota. Elaboración propia

Acceso sur

- ✓ Implementación de un carril de giro exclusivo a la izquierda con una longitud de 60 m, véase la figura 124.
- ✓ Se adiciona un nuevo carril siendo en total 4 carriles con un ancho de 3.20 m cada uno.
- ✓ Separador central en esta zona pasa de 11 m a 8 m.

Figura 124

Cambios geométricos - Acceso sur



Nota. Elaboración propia

Acceso este

Mantiene las condiciones geométricas actuales.

- ✓ Se cuenta con dos carriles cada uno con una dimensión de 3.20 m, tal y como se aprecia en la figura 125.

Figura 125

Cambios geométricos - Acceso este

Nota. Elaboración propia

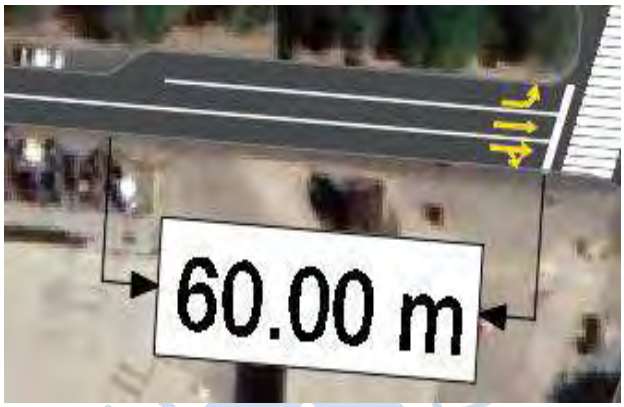
Acceso oeste

- ✓ Implementación de un carril de giro exclusivo a la izquierda con una longitud de 60 m, véase la Figura 126.

- ✓ Se mantiene el número de carriles, pero se modifica el ancho a 3.20 m cada uno.
- ✓ Separador central en esta zona pasa de 8.00 m a 5.00 m.

Figura 126

Cambios geométricos - Acceso oeste



Nota. Elaboración propia

Definidas las fases y la geometría de la intersección se muestran los tiempos que forman el ciclo semafórico, en la Tabla 62 se visualizan los tiempos para cada fase.

Tabla 62

Tiempos semafóricos primera propuesta

Tiempos Optimizados (seg)				
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Ciclo por fase	40	43	30	37
Verde	38	39	28	33
Amarillo	2	2	2	2
Todo Rojo	0	2	0	2

Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 150 segundos como se muestra en la Figura 127.

Figura 127

Diagrama de fases con propuesta optimización de fases y cambio geométrico.

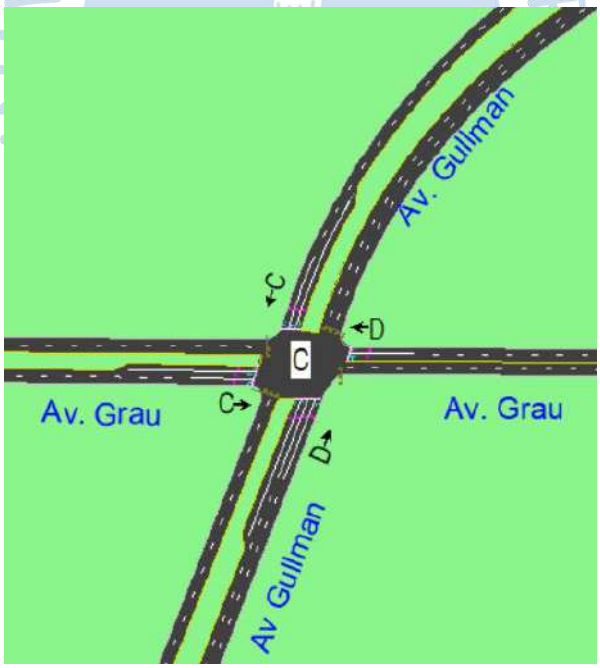
Nota. Elaboración propia

La figura 127 presenta un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 4 fases, los cuales completan un ciclo de 150 segundos. La primera fase desde la Av. Grau (accesos oeste y este) con giro a la izquierda a la Av. Gullman (accesos norte y sur), el cual consta de 40 segundos (38 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Seguido a esto se presenta la segunda fase la cual consta de 43 segundos, siendo 39 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 en todo rojo. La tercera fase desde la Av. Gullman (accesos norte y sur) con giro a la izquierda a la Av. Grau (accesos oeste y este), el cual consta de 30 segundos (28 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Finalmente, la cuarta fase se da en la Av. Gullman con un tiempo total de 37 segundos (33 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 2 segundos en todo rojo).

Utilizando el programa Synchro 8.0 se modela la intersección con las modificaciones geométricas tal como se logra ver en la Figura 128.

Figura 128

Modelamiento en Synchro 8.0-Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

El análisis completo realizado mediante el Synchro 8.0 de esta propuesta se muestra en el apéndice D.2 A continuación, en la Tabla 63 se presentan las mejoras que se obtienen en esta propuesta.

Tabla 63

Resultados obtenidos con la propuesta 1

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 1
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**F (195.90)**	**C (30.90)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	F (172.20)	D (31.70)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	F (309.50)	C (25.40)
Nivel de servicio y demora- Av. Gullman Norte (Seg/veh)	C (26.40)	C (30.50)
Nivel de servicio y demora- Av. Gullman Sur (Seg/veh)	F (185.80)	D (35.50)
Máxima relación v/c de la intersección	1.62	0.81

Nota. Elaboración propia

El considerar nuevas fases y cambios en la geometría de la intersección permite generar nuevas condiciones de tránsito reduciendo el congestionamiento en un 50.00% tal como se muestra en la máxima relación v/c la cual pasa de 1.62 a 0.81. Se observan mejores niveles de servicio en todos los accesos y reducciones considerables en las demoras como el del acceso oeste donde se alcanza a reducir en 284.10 segundos la demora.

De manera global la intersección mejora el nivel de servicio pasando de F a C generando una reducción del 84.23% en las demoras, lo que conlleva a mejores condiciones de circulación y de seguridad.

3.5.3. Segunda propuesta: Incorporación de anillo vial para mototaxis.

Esta propuesta evalúa la aplicación de la Ordenanza Municipal nº 229-01-CMPP de 2020 del anillo vial la cual restringe la circulación de los mototaxis en la Av. Miguel Grau, pero permite que estas unidades transiten tanto en la Av. Gullman como en la Av. Prolongación Miguel Grau.

Esta alternativa usa las fases y los cambios geométricos propuestos en la primera alternativa obteniendo la siguiente distribución de tiempos semafóricos en la Tabla 64.

Tabla 64

Tiempos semafóricos - Segunda propuesta

Tiempos Optimizados (seg)				
	Fase 1	**Fase 2**	**Fase 3**	**Fase 4**
Ciclo por fase	37	43	32	38
Verde	35	37	30	33
Amarillo	2	2	2	2
Todo Rojo	0	4	0	3

Nota. Elaboración propia.

Se obtiene un ciclo de 150 segundos como se muestra en la Figura 129.

Figura 129

Diagrama de fases con propuesta anillo vial

*Nota. E*laboración propia

La figura 129 presenta un diagrama de intervalos de tiempo que se divide en 4 fases, los cuales completan un ciclo de 150 segundos. La primera fase desde la Av. Grau (accesos oeste y este) con giro exclusivo a la izquierda a la Av. Gullman (accesos norte y sur), el cual consta de 37 segundos (35 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Seguido a esto se presenta la segunda fase el cual consta de 43 segundos, siendo 37 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 4 en todo rojo. La tercera fase libera el tránsito vehicular desde la Av. Gullman (accesos norte y sur) con giro exclusivo a la izquierda a la Av. Grau (accesos oeste y este), el cual registra 32 segundos (30 segundos en verde y 2 segundos en amarillo). Finalmente, la cuarta fase se da en la Av. Gullman con un tiempo total de 38 segundos (33 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 3 segundos en todo rojo).

El análisis completo realizado mediante el Synchro 8.0 de esta propuesta se muestra en el apéndice D.3. A continuación, en la Tabla 65 se presentan las mejoras que se obtienen en esta propuesta.

Tabla 65

Resultados obtenidos con la propuesta 2

Parámetro	Situación Actual	Propuesta 2
Nivel de servicio y demora global (Seg)	**F (195.90)**	**C (28.10)**
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Este (Seg/veh)	F (172.20)	C (26.80)
Nivel de servicio y demora- Av. Miguel Grau Oeste (Seg/veh)	F (309.50)	C (24.80)
Nivel de servicio y demora- Av. Gullman Norte (Seg/veh)	C (26.40)	C (26.50)
Nivel de servicio y demora- Av. Gullman Sur (Seg/veh)	F (185.80)	C (32.10)
Máxima relación v/c de la intersección	1.62	0.66

Nota. Elaboración propia

Analizando el diagrama de tráfico vehicular que se muestra en la Figura 85 podemos visualizar como los mototaxis representan un 23.49% de los vehículos totales que transitan en la Av. Miguel Grau por lo tanto al ejecutar correctamente la ordenanza municipal del anillo vial obtenemos mejores condiciones de servicio pues se reducen las demoras en un 84.89% respecto a su demora inicial es decir 167.80 segundos menos de espera en la intersección lo que permite obtener un nivel de servicio igual a C.

Un factor importante es la reducción en el uso de la máxima capacidad de la intersección la cual hoy se ve sobrepasada tal como se aprecia en la máxima relación v/c pues sin mejora alguna llega a 1.62 pero al implementar esta propuesta logramos un valor de 0.66 obteniendo una reducción del 85.66% en su capacidad lo que disminuye drásticamente los problemas de congestionamiento.

3.6 Sincronización de la red semafórica

El área de estudio se encuentra ubicada en el casco urbano de la ciudad de Piura por lo tanto se ha optado por buscar que sea una zona 30, es decir la velocidad con que se evalúan las alternativas de sincronización toman una velocidad máxima de 30 km/h con el fin de garantizar mejores condiciones de seguridad, reducir los niveles de contaminación y mejorar la interacción conductor– peatón. Un factor importante a tomar en cuenta es la influencia del transporte público en la zona por ello cada propuesta evalúa la correcta ubicación de paraderos en la vía.

Factor de coordinabilidad

Es un parámetro de medida que permite evaluar la conveniencia de utilizar un sistema de coordinación en los semáforos. Este factor tiene un valor mínimo de 0 y un máximo de 100, los valores próximos o por encima de 80 indican que las intersecciones necesitan un sistema coordinado para evitar problemas de congestión vehicular mientras que aquellas que presenten un valor inferior a 20 se consideran como intersecciones aisladas o que pueden trabajar bajo condiciones descoordinadas en sus dispositivos de control.

A continuación, en la Tabla 66, se muestran en la siguiente tabla los factores obtenidos con Synchro

Tabla 66
Factores de coordinabilidad - Av. Miguel Grau

Intersección	Factor de coordinabilidad
De Av.Sullana a Av.Richard C.	88
De Av.Richard C a Av.San Martin	87
De Av.San Martin a Jr.Tonsman	76
De Jr.Tonsman a Av.Gullman	74

Nota. Elaboración propia

Como se logra apreciar los valores indican la necesidad de contar con una sincronización entre los semáforos que se encuentran en la Av. Miguel Grau; sin embargo, el tramo comprendido entre la Av. Sullana y la Av. San Martin es el que presentan mayores factores de coordinabilidad siendo el más beneficiado al implementar un sistema coordinado.

Tras el análisis previo de coordinación en la red de semáforos se presentan a continuación 2 escenarios usando la sincronización de los semáforos en la red vial:

3.6.1. Primer escenario: Sincronización semafórica empleando el tráfico actual.

Este escenario toma en cuenta las condiciones de flujo vehicular que existen en campo, no hay restricción alguna en las unidades que circulan por el tramo de trabajo.

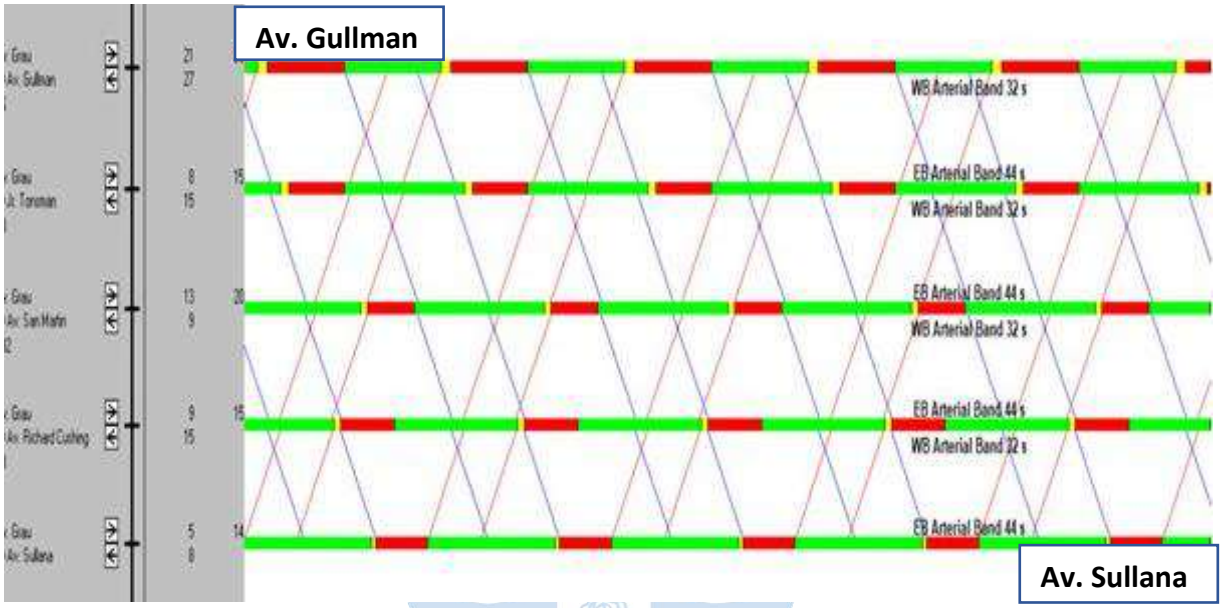
A continuación, se muestran las alternativas de sincronización realizadas:

3.6.1.1. Sincronización balanceada Esta propuesta busca lograr una sincronización en ambos sentidos de la Av. Miguel Grau. Este tipo de sincronización demanda buscar los desfases adecuados en cada intersección para que los vehículos que transitan logren cruzar con éxito la mayor cantidad de intersecciones.

Se obtuvo lo siguiente en el diagrama de tiempo versus espacio (ver Figura 130):

Figura 130

Diagrama: Tiempo espacio - Sincronización balanceada



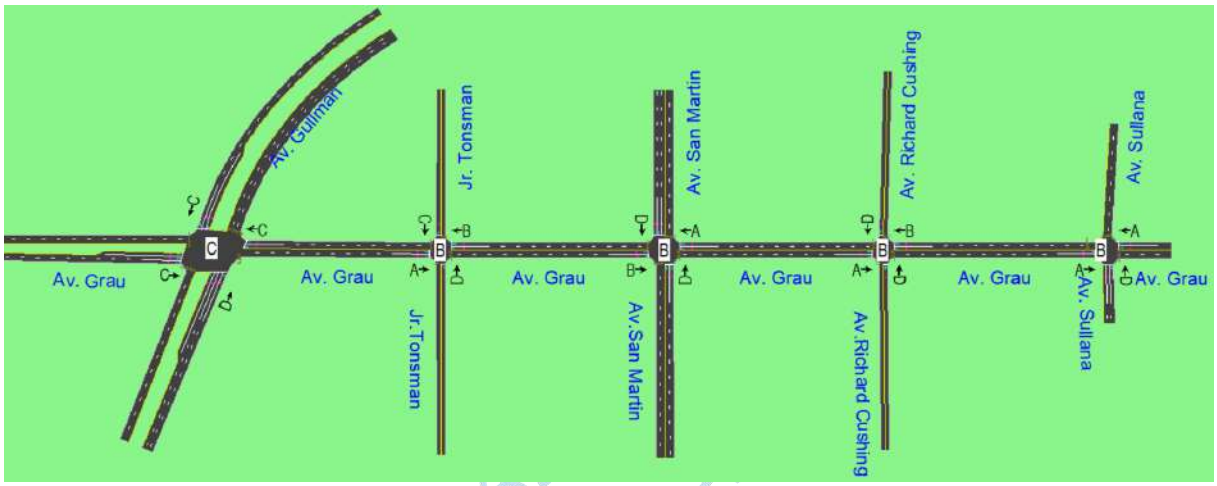
Nota. Elaboración propia

Se visualiza una buena coordinación en ambos sentidos de la Av. Miguel Grau, se verifica que las líneas de viaje no son obstruidas por los tiempos de rojo lo conlleva a que las paradas y demoras disminuyan haciendo el recorrido más fluido. En esta sincronización se ha tomado en cuenta la influencia del transporte público, ya que está formando en gran parte por micros y autos colectivos por ello los paraderos deben ser ubicados después de los semáforos tal cual señala el Manual de seguridad vial (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Resolución Directoral nº 05-2007-MTC/14 de 2017), esto ayuda a mitigar las colas generadas por el tiempo de pare que tienen estas unidades al desembarque y embarque de pasajeros.

A continuación, se muestra en la Figura 131 los niveles alcanzados en cada intersección, así como también los obtenidos en cada acceso.

Figura 131

Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones



Nota. Elaboración propia

Evaluando los niveles de servicio en los accesos de la Av. Miguel Grau con las demás intersecciones, se aprecian valores que se encuentran entre A y B en la mayoría de las intersecciones lo que indica una mayor fluidez en la avenida ya que este tipo de sincronización permite analizar ambos sentidos de la vía.

El sincronizar la red semafórica en ambos sentidos mejora la eficiencia de los carriles los cuales a pesar de no contar con medidas mínimas de funcionamiento los vehículos pueden transitar con menores interrupciones favoreciendo a que el conductor utilice la velocidad de diseño pues hay una mejor comodidad en el carril, esto es gracias a las condiciones de libre flujo que proporcionan estos niveles de servicio.

En la Tabla 67, se muestran los valores para el tramo de estudio

Tabla 67

Resultados obtenidos en cada intersección

Intersección	Desfase (s)	Relación v/c	Demora (s)	NDS
Con Av. Sullana	0	0.69	14.30	B
Con Av.Richard Cushing	90	0.81	15.40	B
Con Av.San Martin	12	0.82	19.90	B
Con Jr. Tonsman	42	0.68	15.00	B
Con Av. Gulman	26	0.90	30.20	C

Nota. Elaboración propia

Hay un mejor nivel de servicio en las intersecciones evaluadas, llegando a obtener niveles muy buenos además todas logran trabajar por debajo de su máxima capacidad de diseño.

La aplicación de esta sincronización permite conocer información acerca de las nuevas condiciones del recorrido de la Av. Miguel Grau, a continuación, se muestra a manera de resumen la Tabla 68.

Tabla 68

Datos para vía arterial- Sincronización balanceada

Intersección	Sentido de Circulación	Velocidad de sincronismo (km/h)	CICLO (s)	Velocidad promedio de marcha (km/hr)	NDS	Ancho de Banda (s)	Flujo por acceso (veh/h)	Vehiculos que pasan
Con Av. Sullana	Este- Oeste	30	110	20.80	A	32	2609	24
	Oeste- Este	30	110	25.90	A	44	2648	33
Con Av.Richard Cushing	Este- Oeste	30	110	23.10	B	32	1798	16
	Oeste- Este	30	110	24.55	A	44	2292	29
Con Av. San Martin	Este- Oeste	30	110	24.50	A	32	1611	15
	Oeste- Este	30	110	23.90	B	44	2635	33
Con Jr. Tonsman	Este- Oeste	30	110	23.25	B	32	2298	21
	Oeste- Este	30	110	24.90	A	44	2392	30
Con Av. Gullman	Este- Oeste	30	110	21.40	C	32	2093	19
	Oeste- Este	30	110	21.90	C	44	2928	36

Nota. Elaboración propia.

Se presentan dos anchos de banda, en el sentido este hacia oeste hay 32 segundos de verde mientras que en el sentido oeste a este hay un ancho de banda igual a 44 segundos, ambos se representan en la Figura 130, por un lado, de rojo la banda de este a oeste y de azul la banda con sentido contrario.

Los niveles de servicio para los accesos de la Av. Miguel Grau fluctúan entre A y B a excepción de la Av. Gullman donde aparece un nivel de C, los valores de servicio obtenidos brindan condiciones favorables de tránsito

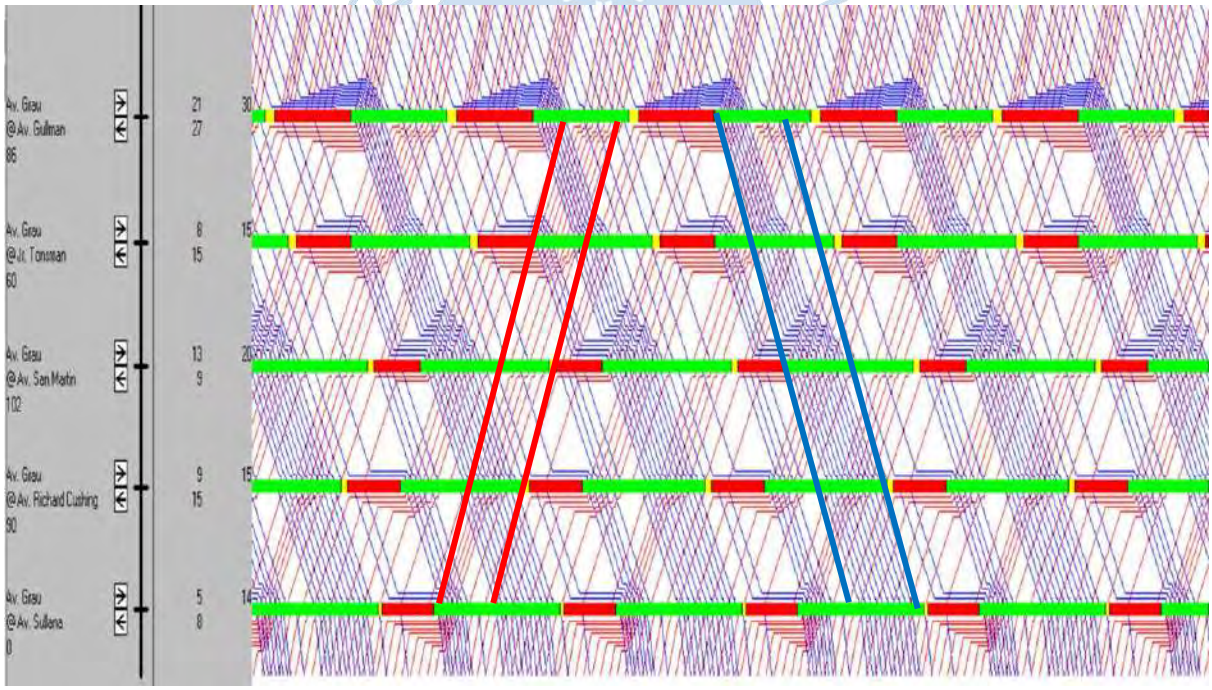
La cantidad de vehículos que transitan por cada intervalo de verde en toda la Av. Miguel Grau son 95 en sentido de este a oeste y 161 en sentido oeste a este, los vehículos que pasan para cada sentido se han obtenido multiplicando los flujos obtenidos con Synchro y el ancho de banda para cada sentido.

Los vehículos que recorren utilizando el ancho de banda lo harán con una velocidad constante de 30 km/h, sin embargo, aquellos que transiten fuera del intervalo de verde usado para la sincronización se desplazarán con una velocidad distinta producto de las demoras que comienzan a formarse, por ello, se observa como la velocidad promedio por acceso tiene variaciones, la mayor variación en la velocidad que se encuentra es de 30.66% en el acceso este de la Av. Sullana.

En la Figura 132 se pueden observar como las líneas de viaje que utilizan el ancho de banda en ambos sentidos no son obstruidas por los tiempos de rojo por lo que son continuas sin embargo las líneas que están fuera del tiempo de sincronización presentan paradas y demoras las cuales son representadas en el gráfico como acumulación de líneas de viaje.

Figura 132

Líneas de flujo sincronización balanceada



Nota. Elaboración propia

Synchro 8.0 nos permite obtener los valores principales de efectividad como son los tiempos de demora, el nivel de servicio (NDS) y la relación volumen/capacidad, con estos podemos evaluar el comportamiento de la Av. Miguel Grau frente a la sincronización propuesta.

Tabla 69

Parámetros de eficiencia con sincronización balanceada

		Demora (s/veh)			NDS		Relación v/c		
Intersección	Sentido de circulación	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)	Sin sincronización	Con sincronización	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)
con Av. Sullana	Este- Oeste	13.1	8.00	38.93	B	A	0.55	0.43	21.82
	Oeste- Este	20	5.30	73.50	B	A	0.87	0.69	20.69
con Av. R. Cushing	Este- Oeste	54.4	14.80	72.79	D	B	1.03	0.76	26.21
	Oeste- Este	47.3	8.90	81.18	D	A	1.02	0.81	20.59
con Av. San Martin	Este- Oeste	93.8	9.10	90.30	F	A	1.16	0.82	29.31
	Oeste- Este	19	12.90	32.11	B	B	0.81	0.60	25.93
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	47.4	14.80	68.78	D	B	1.01	0.64	36.63
	Oeste- Este	75.9	8.20	89.20	E	A	1.08	0.68	37.04
con Av. Gullman	Este- Oeste	172.2	26.00	84.90	F	C	1.31	0.88	32.82
	Oeste- Este	309.5	20.80	93.28	F	C	1.62	0.75	53.70

Nota. Elaboración propia

Analizando el valor de la demora se visualiza como hay reducciones importantes en sus tiempos siendo el acceso oeste de la Av. Gullman el de mayor variación presentando un valor de 93.28 % y el acceso con menor variación es el oeste de la Av. San Martin con un 32.11%.

La mayoría de los accesos presenta niveles se servicio entre A y B; sin embargo, la Av. Gullman presenta un valor igual a C, los niveles de servicio en el tramo de estudio mejoran aportando nuevas características de tránsito a la Av. Miguel Grau.

Otro factor medido es la relación v/c, con este valor podemos conocer si la oferta vial cubre la demanda vehicular, en la Tabla 69 se observa que las intersecciones estudiadas trabajan por debajo de su máxima capacidad. El acceso oeste de la Av. Gullman presenta la mayor variación siendo igual a 53.70% mientras que el acceso oeste de la Av. Richard Cushing presenta la menor con 20.59 %.

A continuación, en la Tabla 70 se muestra un cuadro comparativo evaluando nuevas variables que se obtienen mediante el software

Tabla 70

Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman

Parámetro	Situación Actual	Red vial con Sincronización
Numero de intersecciones	5	5
Retraso total (hr)	316	74
Paradas/veh	0.69	0.55
Paradas(#)	9205	7412
Tiempo total de viaje (hr)	396	147
Combustible consumido (l)	1204	525
Combustible economizado (km/l)	1.80	4.10
Emisiones CO (kg)	22.39	9.76
Emisiones Nox (kg)	4.32	1.88
Emisiones VOC(kg)	5.16	2.25
Vehiculos sin servicio (#)	1180	0
Indice de rendimiento	341.70	95

Nota. Elaboración propia

Se entiende por retraso total a la suma total de los intervalos de tiempo en que los vehículos se detienen o viajan a una velocidad menor de 3 m/s, según lo calculado en la Av. Miguel Grau se logra una reducción de 242 h en todo su recorrido esto gracias a la mayor fluidez del tránsito.

El número de paradas es un recuento de la parada de todos los vehículos, mientras menor sea esta cantidad mayor dinamismo presentará la avenida, con la sincronización planteada reducimos en 1793 el número de paradas.

Synchro 8.0 proporciona el tiempo de viaje el cual consiste en la suma de los tiempos totales de para, demoras y el tiempo en que los vehículos circulan el tramo de recorrido, en la Tabla 75 se muestra una reducción de 249 h de viaje.

Se reducen las emisiones de CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno) y VOC (compuestos oxigenados volátiles), principales gases de efecto invernadero por lo que mejora la calidad del aire en la ciudad además se reduce el consumo de combustible en 2.3 litros por kilómetro esto impacta de manera positiva en la economía local.

El número de vehículos sin servicio indica el volumen que excede la capacidad de la Av. Miguel Grau, esta cantidad se reduce en 1180 vehículos por hora

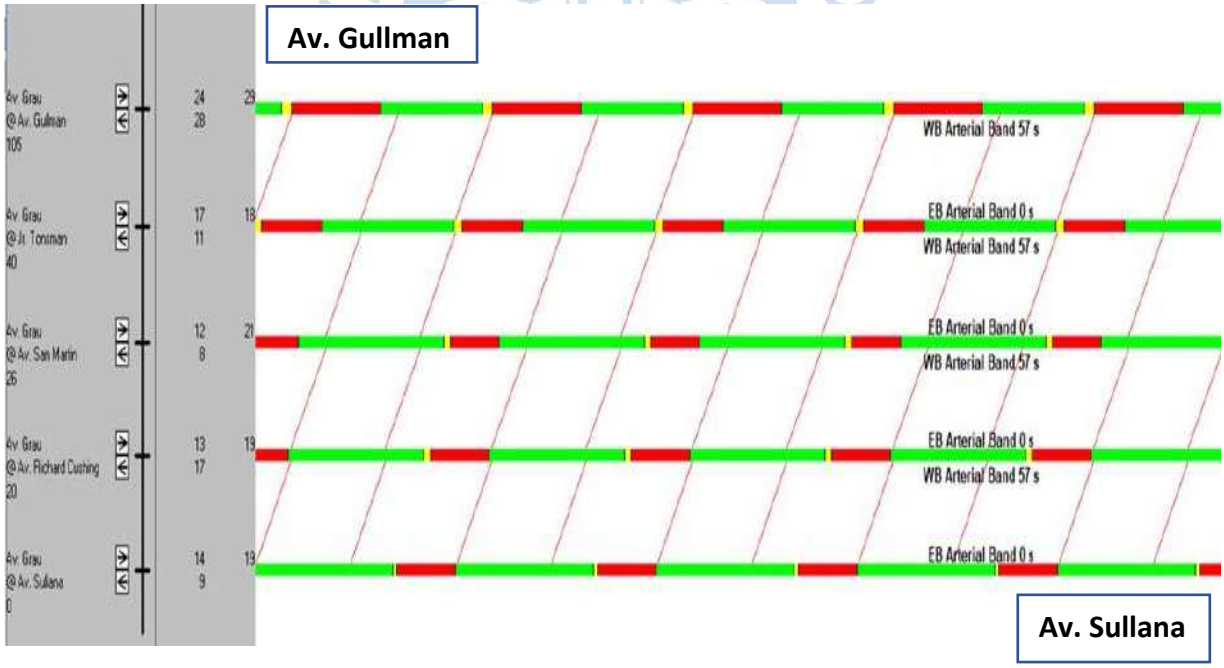
El índice de rendimiento toma dentro de sus variables de análisis la relación entre el total de las demoras y el número total de paradas que se originan en el sistema estudiado, por lo tanto, mientras menor sea el índice de rendimiento mayor será la efectividad de la sincronización. La Tabla 75 muestra cómo la propuesta aumenta en un 72.19 % el rendimiento de la Av. Miguel Grau.

3.6.1.2. Sincronización en la dirección de mayor congestionamiento vehicular. La sincronización se ha realizado empleando la dirección con mayor congestionamiento vehicular en el horario escogido para esta investigación, por ello se toma el sentido de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman como prioridad.

A continuación, en la Figura 133 se muestra el diagrama de tiempo vs espacio obtenido en esta propuesta de mejora:

Figura 133

Diagrama tiempo espacio - Sincronización ciclo común



Nota. Elaboración propia

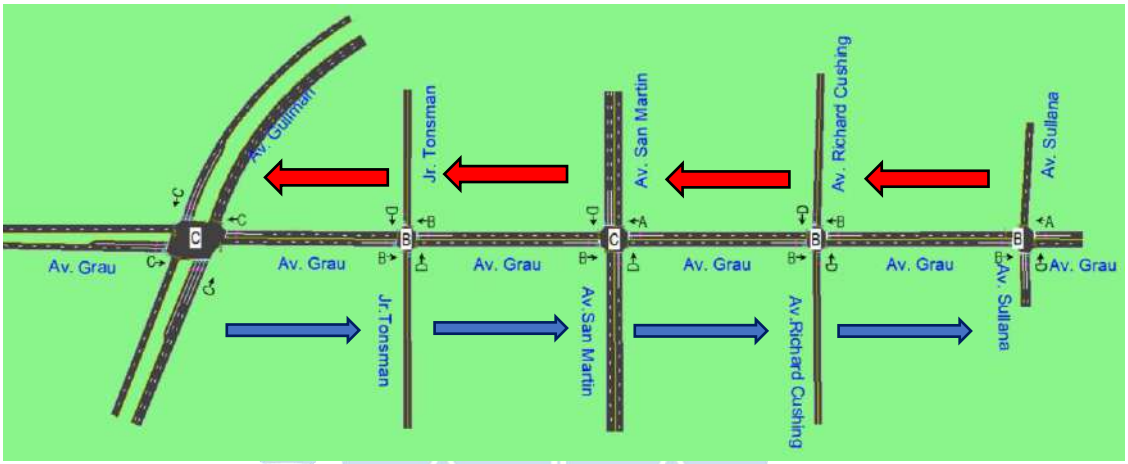
Este tipo de sincronización utiliza un ciclo común para todas las intersecciones lo que permite obtener una mejor coordinación entre las intersecciones, tal como se muestra en la Figura 133, hay un mayor intervalo de tiempo verde en comparación a la sincronización balanceada lo que permite obtener mayor continuidad del fluido vehicular desde la Av. Sullana hasta la Av. Gullman, esta franja con periodo de verde permite un tiempo de viaje adecuado

libre de intervalos de rojo, con esto aseguramos la reducción de las demoras y el tiempo de pare en los vehículos que transitan la vía.

Este tipo de sincronización es la más adecuada por tener una mejor visualización y más orden en la secuencia de los ciclos semafóricos, esto impacta de manera positiva en la conducta de los conductores al encontrar un sistema ordenado y progresivo. A continuación, se muestra en la Figura 134 los niveles de servicio obtenidos para cada acceso.

Figura 134

Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones



Nota. Elaboración propia

Evaluando los niveles de servicio en los accesos de la Av. Miguel Grau con las demás intersecciones, se aprecian en la mayoría valores de A y B en la dirección con mayor congestionamiento vehicular la cual se representa mediante flechas de color rojo en la Figura 134, mientras que en el sentido con menor tráfico en la hora punta, representado por las flechas azules, se puede apreciar que el nivel de servicio en la mayoría de los accesos es B por lo a pesar de no estar sincronizados presentan buenos niveles de servicio producto que el volumen vehicular que recorre esa dirección es menor a la que transita en sentido contrario.

La ventaja de esta propuesta en comparación a la anterior es que permite el paso continuo del pelotón desde la Av. Sullana hasta la Av. Gullman con mayor fluidez agilizando el tráfico vehicular y dejando más espacio libre por donde circulará el pelotón que se forma por el tiempo de rojo en la Av. Sullana.

En la Tabla 71 se muestran los valores para el tramo de estudio

Tabla 71

Resultados obtenidos en cada intersección

Intersección	Desfase (s)	Relación v/c	Demora (s)	NDS
Con Av. Sullana	0	0.70	19.10	B
Con Av.Richard Cushing	20	0.81	18.70	B
Con Av.San Martin	6	0.81	21.30	C
Con Jr. Tonsman	14	0.68	18.00	B
Con Av. Gulman	65	0.90	28.60	C

Nota. Elaboración propia

Hay un mejor nivel de servicio en las intersecciones evaluadas, llegando a obtener niveles buenos en la mayoría. Las intersecciones trabajan por debajo de su capacidad de diseño.

La aplicación de esta sincronización permite conocer información acerca de las nuevas condiciones del recorrido de la Av. Miguel Grau, a continuación, se muestra la Tabla 72 a manera de resumen.

Tabla 72

Datos para vía arterial - Av. Sullana a Av. Gullman

Intersección	Sentido de Circulación	Velocidad de sincronismo (km/h)	CICLO (seg)	Velocidad promedio de marcha (km/hr)	NDS	Ancho de Banda (s)	Flujo por acceso (veh/h)	Vehiculos que pasan
con Av. Sullana	Este- Oeste	30	120	20.45	A	57	2607	42
	Oeste- Este	30	120	23.35	B	0	2646	-
Con Av.Richard Cushing	Este- Oeste	30	120	22.75	B	57	1766	28
	Oeste- Este	30	120	23.45	B	0	2283	-
con Av. San Martin	Este- Oeste	30	120	24.90	A	57	1605	26
	Oeste- Este	30	120	23.80	B	0	2632	-
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	30	120	24.05	B	57	2288	37
	Oeste- Este	30	120	22.80	B	0	2387	-
con Av. Gullman	Este- Oeste	30	120	21.25	C	57	2070	33
	Oeste- Este	30	120	21.45	C	0	2927	-

Nota. Elaboración propia.

Se presenta un ancho de banda igual a 57 segundos en la dirección de análisis con lo que logramos obtener niveles de servicio muy buenos para los accesos de la Av. Miguel Grau, estos fluctúan entre A y B a excepción de la Av. Gullman donde aparece un máximo nivel C, los valores de servicio obtenidos brindan condiciones favorables de tránsito.

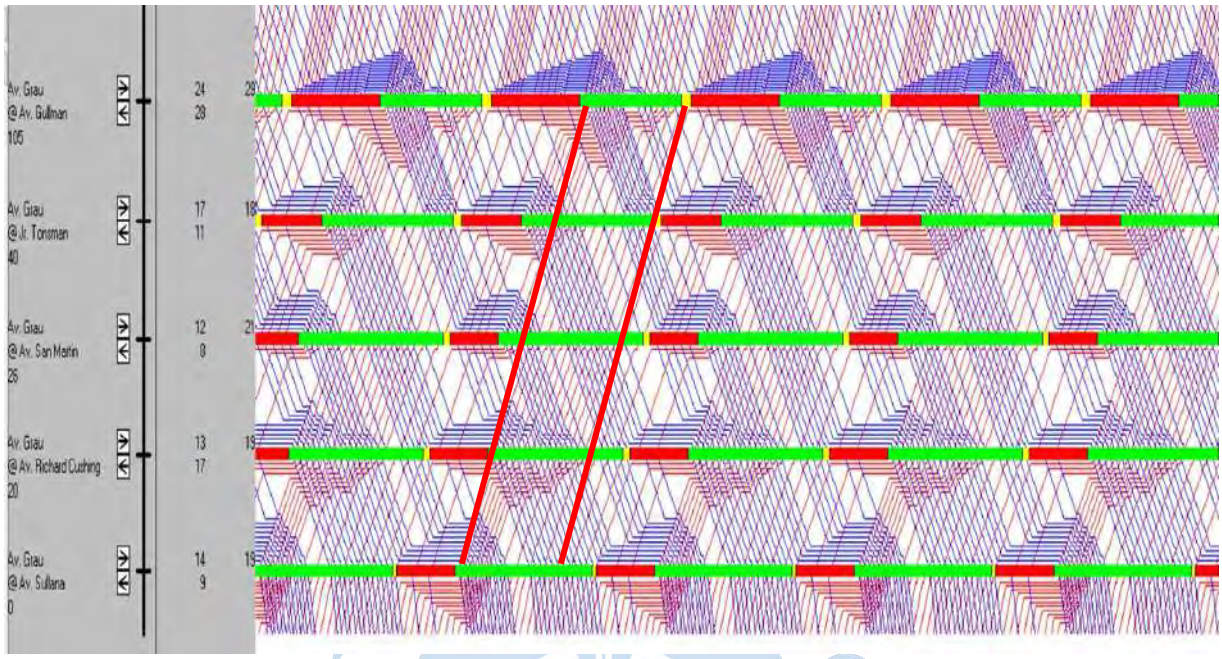
Sincronizar los semáforos utilizando la dirección con mayor congestionamiento permite un paso total de 166 vehículos por intervalo de verde en la Av. Miguel Grau, este valor se ha calculado al multiplicar el ancho de banda por el flujo vehicular obtenido con Synchro 8.0.

Los vehículos que transitan durante la duración del ancho de banda lo harán con una velocidad constante de 30 km/h, sin embargo, durante el recorrido debido a los giros hacia la izquierda y por lo giros a la derecha que tienen interferencia con peatones se originan velocidades distintas producto de las demoras que comienzan a formarse por ello se observa como la velocidad promedio por acceso tiene variaciones, la mayor variación que se encuentra es de 31.73% en el acceso este de la Av. Sullana.

En la Figura 133 se pueden observar como las líneas de viaje que utilizan el ancho de banda no son obstruidas por los tiempos de rojo logrando una continuidad en todo el recorrido, esto es importante ya que el objetivo de la sincronización es reducir el tiempo de viaje, así como descongestionar la Av. Miguel Grau. La dirección que no se ha sincronizado presenta una mayor cantidad de líneas de flujo en comparación a la sincronización balanceada esto producto del aumento en el tiempo de las demoras, en la Figura 135 se representa este congestionamiento vehicular como una acumulación de líneas, pero a pesar de generar mayores tiempos de demora en comparación a la sincronización en la dirección de mayor congestionamiento, este tramo de estudio se desarrolla bajo buenos niveles de servicio tal como se aprecia en la Figura 134.

Figura 135

Líneas de flujo sincronización con dirección Av. Sullana hacia Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

Synchro 8.0 nos permite obtener los valores principales de efectividad como: tiempos de demora, el nivel de servicio (NDS) y la relación volumen/Capacidad, con estos podemos evaluar el comportamiento de la Av. Miguel Grau frente a la sincronización propuesta.

Tabla 73

Parámetros de eficiencia con sincronización en dirección de mayor congestionamiento

		Demora (s/veh)			NDS		Relación v/c		
Intersección	Sentido de circulación	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)	Sin sincronización	Con sincronización	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)
con Av. Sullana	Este- Oeste	13.1	9.10	30.53	B	A	0.55	0.44	20.00
	Oeste- Este	20	14.00	30.00	B	B	0.87	0.70	19.54
con Av. R. Cushing	Este- Oeste	54.4	16.60	69.49	D	B	1.03	0.77	25.24
	Oeste- Este	47.3	13.30	71.88	D	B	1.02	0.81	20.59
con Av. San Martin	Este- Oeste	93.8	7.80	91.68	F	A	1.16	0.80	31.03
	Oeste- Este	19	12.20	35.79	B	B	0.81	0.59	27.16
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	47.4	11.50	75.74	D	B	1.01	0.64	36.63
	Oeste- Este	75.9	17.00	77.60	E	B	1.08	0.68	37.04
con Av. Gullman	Este- Oeste	172.2	27.70	83.91	F	C	1.31	0.90	31.30
	Oeste- Este	309.5	23.90	92.28	F	C	1.62	0.76	53.09

Nota. Elaboración propia

Analizando los valores de la demora se observan reducciones importantes en los tiempos siendo el acceso oeste de la Av. Gullman el que tiene un mayor beneficio, ya que, se disminuye su demora en 285.6 segundos esto se refleja en su variación porcentual la cual alcanza un 92.28%, mientras que el acceso oeste de la Av. Sullana presenta la menor variación ya que la reducción en su demora es de 6 segundos, pero cabe destacar que se obtiene un nivel óptimo de servicio. Los accesos presentan niveles de servicio entre A y B siendo los accesos de la Av. Gullman los que alcanzan un nivel inferior igual a C, los niveles de servicio en el tramo de estudio mejoran aportando nuevas características de tránsito a la Av. Miguel Grau.

Otro factor medido es la relación v/c, el cual permite conocer si la oferta vial cubre la demanda vehicular, en la Tabla 73 se observa que las intersecciones estudiadas trabajan por debajo de su máxima capacidad al ser sincronizadas. El acceso oeste de la Av. Gullman presenta la mayor variación siendo igual a 53.09 % mientras que el acceso oeste de la Av. Sullana es el que tiene la menor variación con 19.54 %.

A continuación, en la Tabla 74 se muestra un cuadro comparativo evaluando nuevas variables que se obtienen mediante el software.

Tabla 74

Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman

Parámetro	Situación Actual	Red vial con Sincronización
Numero de intersecciones	5	5
Retraso total (hr)	316	81
Paradas/veh	0.69	0.59
Paradas(#)	9205	7964
Tiempo total de viaje (hr)	396	153
Combustible consumido (l)	1204	548
Combustible economizado (km/l)	1.8	4
Emisiones CO (kg)	22.39	10.19
Emisiones Nox (kg)	4.32	1.97
Emisiones VOC(kg)	5.16	2.35
Vehiculos sin servicio (#)	1180	0
Indice de rendimiento	341.7	103.3

Nota. Elaboración propia

El retraso total es la suma total de los intervalos de tiempo en que los vehículos se detienen o viajan a una velocidad menor de 3 m/s, según lo calculado en la Av. Miguel Grau se logra una reducción de 235 h en todo su recorrido.

El número de paradas es un recuento de la parada de todos los vehículos, mientras menor sea esta cantidad mayor fluidez presentará la avenida, con la sincronización planteada reducimos en 1241 el número de paradas.

Synchro 8.0 proporciona el tiempo de viaje el cual consiste en la suma de los tiempos totales de para, demoras y el tiempo en que los vehículos circulan el tramo de recorrido, en la Tabla se muestra una reducción de 243 h de viaje.

Se reducen las emisiones de CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno) y VOC (compuestos oxigenados volátiles), principales gases de efecto invernadero por lo que mejora la calidad del aire en la ciudad además se reduce el consumo de combustible en 2.2 litros por kilómetro esto impacta de manera positiva en la economía local.

El número de vehículos sin servicio indica el volumen que excede la capacidad de la Av. Miguel Grau, esta cantidad se reduce en 1180 vehículos por hora.

El índice de rendimiento toma dentro de sus variables de análisis la relación entre el total de las demoras y el número total de paradas que se originan en el sistema estudiado, por lo tanto, mientras menor sea el índice de rendimiento mayor será la efectividad de la sincronización. La Tabla 74 muestra cómo la propuesta aumenta en un 69.77 % el rendimiento de la Av. Miguel Grau.

3.6.2. Segundo escenario: Sincronización semafórica empleando la ordenanza del anillo vial para mototaxis.

Esta alternativa de sincronización toma en cuenta uno de los criterios de planificación que se han venido implementado por las autoridades locales para disminuir la congestión vehicular mediante la Ordenanza Municipal 229-00-CMPP de 2019 la cual plasma los límites del anillo vial que establece una zona de restricción en la circulación de vehículos menores como son los mototaxis. Actualmente está prohibido el tránsito de estas unidades en la Av. Miguel Grau.

Mediante el aforo vehicular realizado para esta investigación se ha calculado la siguiente cantidad de mototaxis que se desplazan en la Av. Miguel Grau.

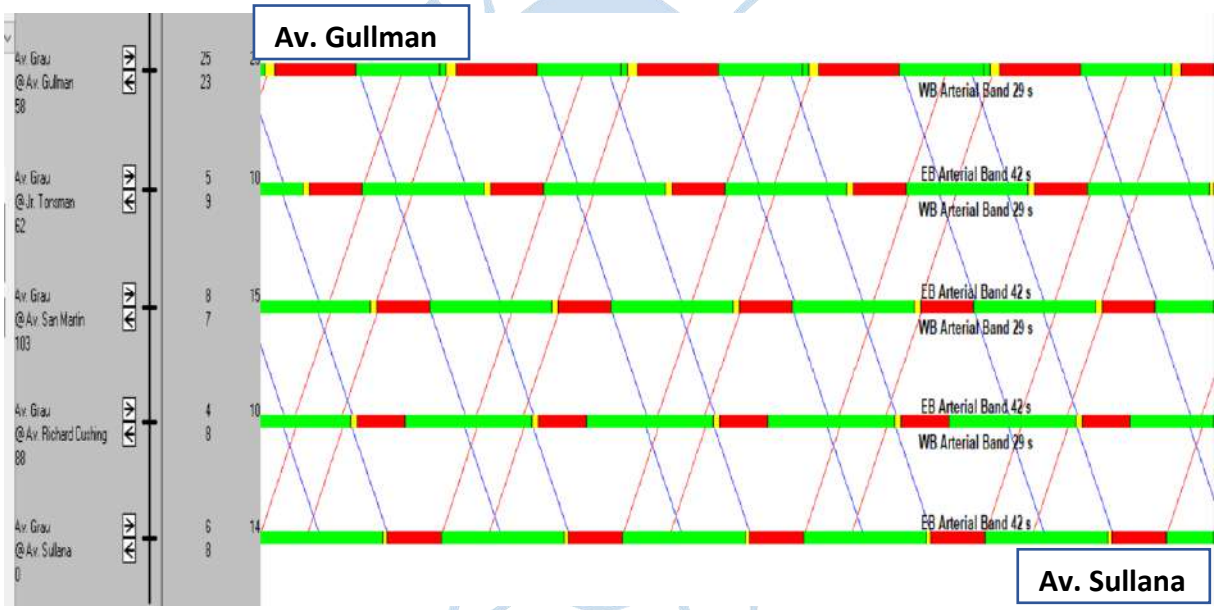
Con dirección de Av. Sullana hacia la Av. Gullman hay un total de 698 mototaxis mientras que en sentido contrario hay 1065 mototaxis desplazándose en la hora de mayor congestionamiento.

3.6.2.1. Sincronización balanceada. En esta propuesta se busca lograr una sincronización en ambos sentidos de la Av. Miguel Grau. Este tipo de sincronización demanda buscar los desfases adecuados en cada intersección para que los vehículos que transitan logren cruzar con éxito la mayor cantidad de intersecciones.

El diagrama de tiempo versus espacio obtenido fue el pasmado en la Figura 136:

Figura 136

Diagrama tiempo espacio - Sincronización balanceada



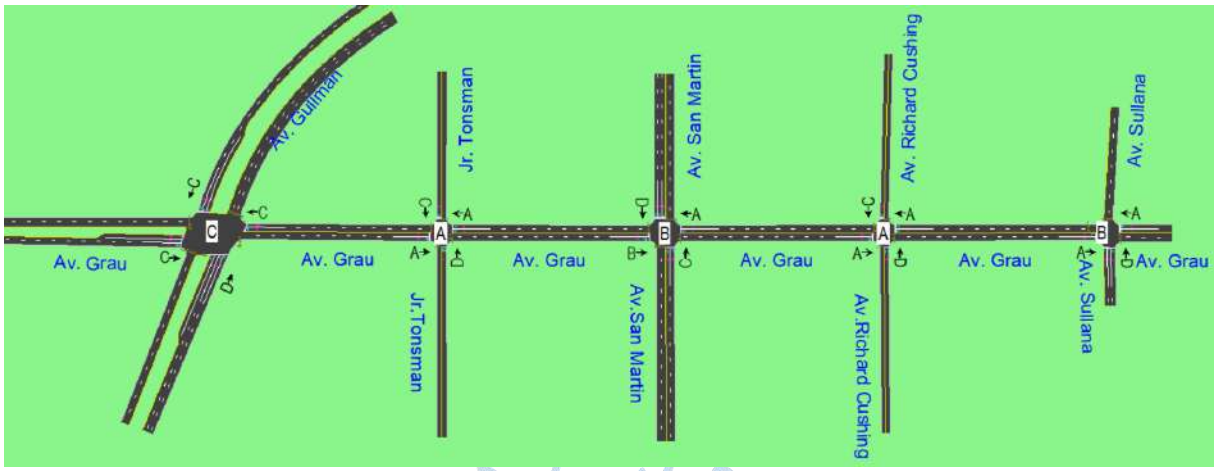
Nota. Elaboración propia

Se visualiza una buena coordinación en ambos sentidos de la Av. Miguel Grau, se logran obtener anchos de banda para ambas direcciones además se verifica que las líneas de viaje no son obstruidas por los intervalos de rojo lo conlleva a que las paradas y demoras disminuyan dándole mayor agilidad al número de vehículos que transitan esta avenida.

A continuación, se muestra en la Figura 137 los niveles de servicio obtenidos para cada acceso.

Figura 137

Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones



Nota. Elaboración propia

Evaluando los niveles de servicio en las intersecciones se alcanza niveles de servicio óptimos como es en el caso de la Av. Richard Cushing y Jr. Tonsman, así mismo los accesos en ambos sentidos de la Av. Miguel Grau tiene un valor de servicio A lo cual es buen indicador.

Al usar la ordenanza del anillo vial y la sincronización de la red semafórica en ambos sentidos mejora el desempeño de la vía ya que se transita con menores interrupciones favoreciendo a que el conductor utilice la velocidad de diseño pues hay una mejor comodidad en el carril, esto es gracias a las condiciones de libre flujo que proporcionan estos niveles de servicio.

En la Tabla 75 muestra los datos obtenidos para cada intersección

Tabla 75

Resultados demora y relación v/c

Intersección	Desfase (s)	Relación v/c	Demora (s)	NDS
Con Av. Sullana	0	0.61	14.20	B
Con Av.Richard Cushing	88	0.63	9.60	A
Con Av.San Martin	15	0.60	14.90	B
Con Jr. Tonsman	41	0.49	9.70	A
Con Av. Gullman	5	0.87	30.30	C

Nota. Elaboración propia

Hay un mejor nivel de servicio en las intersecciones evaluadas, llegando a obtener niveles muy buenos. Las intersecciones trabajan por debajo de su capacidad de diseño.

La aplicación de esta sincronización permite conocer información acerca de las nuevas condiciones del recorrido de la Av. Miguel Grau, a continuación, se muestra a manera de resumen la Tabla 76.

Tabla 76

Datos para vía arterial - Av. Miguel Grau

Intersección	Sentido de Circulación	Velocidad de sincronismo (km/h)	CICLO (s)	Velocidad promedio de marcha (km/hr)	NDS	Ancho de Banda (s)	Flujo por acceso (veh/h)	Vehiculos que pasan
con Av. Sullana	Este- Oeste	30	70	20.70	A	29	2603	21
	Oeste- Este	30	70	25.65	A	42	2630	31
Con Av.Richard Cushing	Este- Oeste	30	70	24.95	A	29	2113	17
	Oeste- Este	30	70	26.05	A	42	2323	27
con Av. San Martin	Este- Oeste	30	70	25.30	A	29	1819	15
	Oeste- Este	30	70	25.15	A	42	2644	31
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	30	70	24.55	A	29	2380	19
	Oeste- Este	30	70	26.05	A	42	2456	29
con Av. Gullman	Este- Oeste	30	70	21.90	C	29	2264	18
	Oeste- Este	30	70	21.15	C	42	2921	34

Nota. Elaboración propia.

Se presentan dos anchos de banda, en el sentido este hacia oeste hay 29 segundos de verde mientras que en el sentido oeste a este hay un ancho de banda igual a 42 segundos, ambos se representan en la Figura 136 por un lado, de rojo la banda de este a oeste y de azul la banda con sentido contrario

Los niveles de servicio para los accesos de la Av. Miguel Grau obtienen un nivel de servicio A con excepción de la intersección con la Av. Gullman donde aparece un nivel de C, los valores de servicio obtenidos brindan condiciones favorables de tránsito.

La cantidad de vehículos que transitan por cada intervalo de verde en la Av. Miguel Grau son 90 en sentido de este a oeste y 152 en sentido oeste a este, la cantidad de vehículos que pasan en cada intersección han sido obtenidos multiplicando los flujos hallados con Synchro y el ancho de banda para cada sentido.

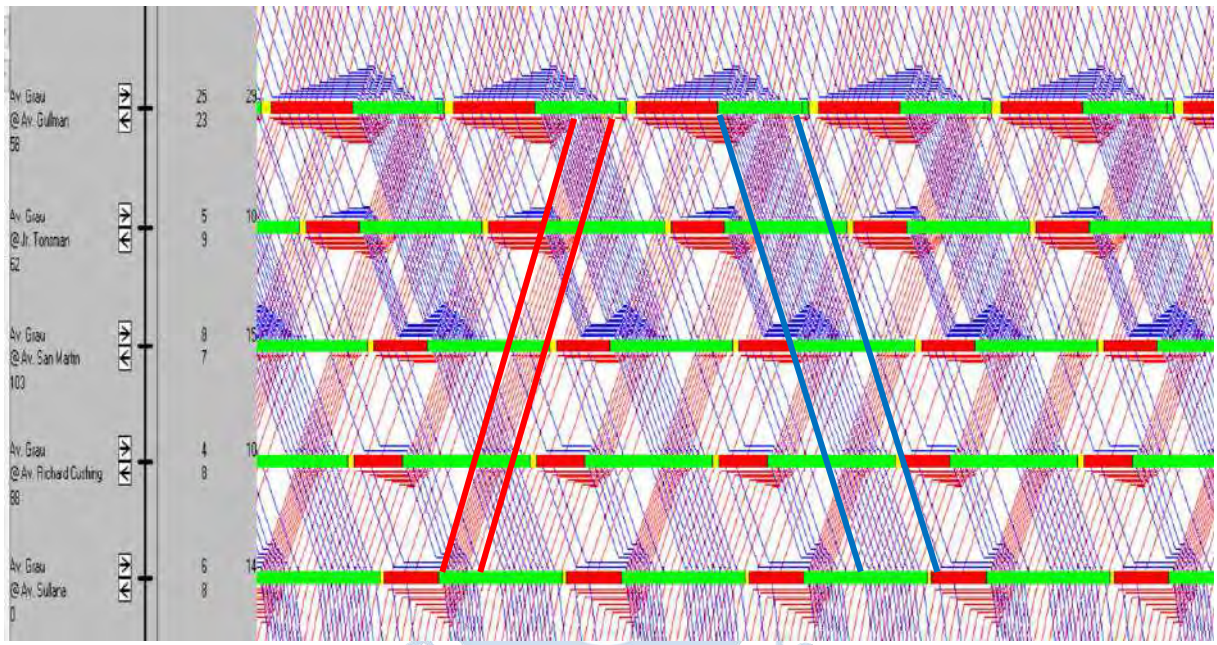
Los vehículos que recorren utilizando el ancho de banda lo harán con una velocidad constante de 30 km/h, sin embargo, aquellos que transiten fuera del intervalo de verde usado para la sincronización se desplazarán con una velocidad distinta producto de las demoras que comienzan a formarse por ello se observa como la velocidad promedio por acceso tiene

variaciones, la mayor variación en la velocidad que se encuentra es de 31.00% en el acceso este de la Av. Sullana.

En la Figura 138 se pueden observar como las líneas de viaje que utilizan el ancho de banda en ambos sentidos no son obstruidas por los tiempos de rojo por lo que son continuas; sin embargo, las líneas que están fuera del tiempo de sincronización presentan paradas y demoras las cuales son representadas en el gráfico como acumulación de líneas de viaje.

Figura 138

Líneas de flujo sincronización balanceada - Anillo vial



Nota. Elaboración propia

Synchro 8.0 nos permite obtener los valores principales de efectividad como son los tiempos de demora, el nivel de servicio (NDS) y la relación volumen/Capacidad, con estos podemos evaluar el comportamiento de la Av. Miguel Grau frente a la sincronización propuesta. A continuación, en la Tabla 77 se muestran los resultados obtenidos y los porcentajes de variación que presentan ambos sentidos de dirección para cada intersección.

Tabla 77

Parámetros de eficiencia con sincronización balanceada

		Demora (s/veh)			NDS		Relación v/c		
Intersección	Sentido de circulación	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)	Sin sincronización	Con sincronización	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)
con Av. Sullana	Este- Oeste	13.1	8.30	36.64	B	A	0.55	0.39	29.09
	Oeste- Este	20	5.70	71.50	B	A	0.87	0.61	29.89
con Av. R. Cushing	Este- Oeste	54.4	7.70	85.85	D	A	1.03	0.50	51.46
	Oeste- Este	47.3	4.60	90.27	D	A	1.02	0.63	38.24
con Av. San Martin	Este- Oeste	93.8	6.60	92.96	F	A	1.16	0.60	48.28
	Oeste- Este	19	7.30	61.58	B	A	0.81	0.49	39.51
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	47.4	9.30	80.38	D	A	1.01	0.47	53.47
	Oeste- Este	75.9	4.70	93.81	E	A	1.08	0.49	54.63
con Av. Gullman	Este- Oeste	172.2	22.40	86.99	F	C	1.31	0.75	42.75
	Oeste- Este	309.5	26.20	91.53	F	C	1.62	0.75	53.70

Nota. Elaboración propia

Analizando el valor de la demora se visualiza como hay reducciones importantes en sus tiempos siendo el acceso oeste del Jr. Tonsman el de mayor variación presentando un valor de 93.81 % y el acceso con menor variación es el este de la Av. Sullana con un 36.64%.

Los accesos presentan un nivel de servicio A; sin embargo, la Av. Gullman presentan un nivel C, en general los niveles de servicio en el tramo de estudio mejoran aportando nuevas características de tránsito a la Av. Miguel Grau.

Otro factor medido es la relación v/c, con este valor podemos conocer si la oferta vial cubre la demanda vehicular, en la Tabla 77 se observa que las intersecciones estudiadas trabajan por debajo de su máxima capacidad. El acceso oeste del Jr. Tonsman presenta la mayor variación siendo igual a 54.63% mientras que el acceso este de la Av. Sullana presenta la menor con 29.09 %.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo (Tabla 78) evaluando nuevas variables que se obtienen mediante el software.

Tabla 78

Resumen de variables con sincronización balanceada- Anillo vial

Parámetro	Situación Actual	Red vial con Sincronización
Numero de intersecciones	5	5
Retraso total (hr)	316	54
Paradas/veh	0.69	0.48
Paradas(#)	9205	5295
Tiempo total de viaje (hr)	396	113
Combustible consumido (l)	1204	405
Combustible economizado (km/l)	1.80	4.40
Emisiones CO (kg)	22.39	7.54
Emisiones Nox (kg)	4.32	1.45
Emisiones VOC(kg)	5.16	1.74
Vehiculos sin servicio (#)	1180	0
Indice de rendimiento	341.70	68.80

Nota. Elaboración propia

Se entiende por retraso total a la suma total de los intervalos de tiempo en que los vehículos se detienen o viajan a una velocidad menor de 3 m/s, según lo calculado en la Av. Miguel Grau se logra una reducción de 262 h en todo su recorrido esto gracias a la mayor fluidez del tránsito.

El número de paradas es un recuento de la parada de todos los vehículos, mientras menor sea esta cantidad mayor dinamismo presentará la avenida, con la sincronización planteada reducimos en 3910 el número de paradas.

Synchro 8.0 proporciona el tiempo de viaje el cual consiste en la suma de los tiempos totales de para, demoras y el tiempo en que los vehículos circulan el tramo de recorrido, en la Tabla 84 se muestra una reducción de 283 h. de viaje.

Se reducen las emisiones de CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno) y VOC (compuestos oxigenados volátiles), principales gases de efecto invernadero por lo que mejora la calidad del aire en la ciudad además se reduce el consumo de combustible en 2.6 litros por kilómetro esto impacta de manera positiva en la economía local.

El número de vehículos sin servicio indica el volumen que excede la capacidad de la Av. Miguel Grau, esta cantidad se reduce en 1180 vehículos por hora.

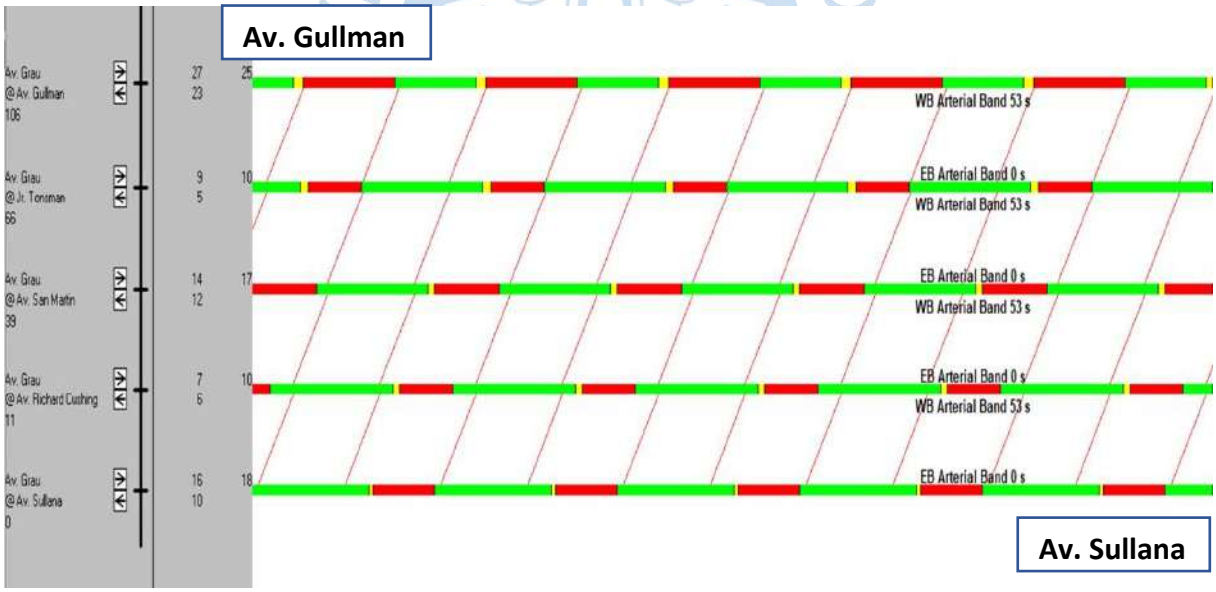
El índice de rendimiento toma dentro de sus variables de análisis la relación entre el total de las demoras y el número total de paradas que se originan en el sistema estudiado, por lo tanto, mientras menor sea el índice de rendimiento mayor será la efectividad de la sincronización. La Tabla 78 muestra cómo la propuesta aumenta en un 79.87% el rendimiento de la Av. Miguel Grau.

3.6.2.2. Sincronización en la dirección de mayor congestionamiento. La sincronización se ha realizado empleando la dirección con mayor congestionamiento vehicular en el horario escogido para esta investigación, por ello se toma el sentido de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman como prioridad.

A continuación, en la Figura 139 se muestra el diagrama de tiempo versus espacio obtenido en esta propuesta de mejora:

Figura 139

Diagrama tiempo espacio - Sincronización dirección con mayor congestión



Nota. Elaboración propia

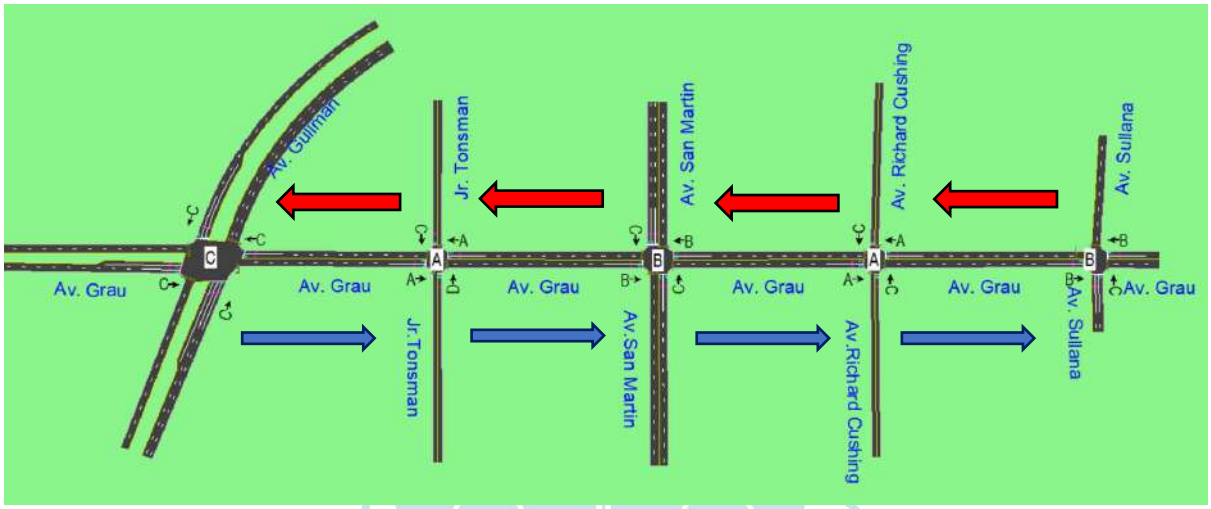
Este tipo de sincronización utiliza un ciclo común para todas las intersecciones lo que permite obtener una mejor coordinación entre las intersecciones, tal como se muestra en la Figura 139 hay un mayor intervalo de tiempo verde en comparación a la sincronización balanceada lo que permite obtener mayor continuidad del fluido vehicular desde la Av. Sullana hasta la Av. Gullman, esta franja con periodo de verde permite un tiempo de viaje adecuado

libre de intervalos de rojo, con esto aseguramos la reducción de las demoras y el tiempo de pare en los vehículos que transitan la vía.

Este tipo de sincronización es la más adecuada por tener una mejor visualización y más orden en la secuencia de los ciclos semafóricos, esto impacta de manera positiva en la conducta de los conductores al encontrar un sistema ordenado y progresivo. A continuación, se muestra en la Figura 140 los niveles de servicio obtenidos para cada acceso.

Figura 140

Niveles de servicio en los accesos de las intersecciones



Nota. Elaboración propia

Evaluando los niveles de servicio en los accesos de la Av. Miguel Grau con las demás intersecciones, se aprecian en la mayoría valores de A y B en la dirección con mayor congestionamiento vehicular la cual se representa mediante flechas de color rojo en la Figura 140, mientras que en el sentido con menor tráfico en la hora punta, representado por las flechas azules, se puede apreciar que el nivel de servicio en la mayoría de los accesos también es de A y B por lo que a pesar de no estar sincronizados presentan buenos niveles de servicio producto que el volumen vehicular que recorre esa dirección es menor a la que transita en sentido contrario.

La ventaja de esta propuesta en comparación a la anterior es que permite el paso continuo del pelotón desde la Av. Sullana hasta la Av. Gullman con mayor fluidez agilizando el tráfico vehicular y dejando más espacio libre por donde circulará el pelotón que se forma por el tiempo de rojo en la Av. Sullana.

En la Tabla 79 se muestran los valores para el tramo de estudio.

Tabla 79

Resultados obtenidos en cada intersección

Intersección	Desfase (s)	Relación v/c	Demora (s)	NDS
Con Av. Sullana	0	0.64	18.50	B
Con Av.Richard Cushing	11	0.65	9.90	A
Con Av.San Martin	28	0.68	17.10	B
Con Jr. Tonsman	27	0.50	9.90	A
Con Av. Gulman	40	0.78	25.00	C

Nota. Elaboración propia

Hay un mejor nivel de servicio en las intersecciones evaluadas, llegando a obtener niveles buenos en la mayoría. Las intersecciones trabajan por debajo de su capacidad de diseño.

La intersección con la Av. Gullman muestra los mejores resultados obtenidos con esta alternativa de sincronización ya que se logra reducir en 170.90 segundos la demora y su relación v/c en un 51.85% en comparación a la situación actual.

La aplicación de esta sincronización permite conocer información acerca de las nuevas condiciones del recorrido de la Av. Miguel Grau, a continuación, se muestra a manera de resumen la siguiente Tabla 80.

Tabla 80

Datos para vía arterial Av. Miguel Grau

Intersección	Sentido de Circulación	Velocidad de sincronismo (km/h)	CICLO (s)	Velocidad promedio de marcha (km/hr)	NDS	Ancho de Banda (s)	Flujo por acceso (veh/h)	Vehiculos que pasan
con Av. Sullana	Este- Oeste	30	110	20.10	B	53	2603	39
	Oeste- Este	30	110	22.85	B	0	2630	-
Con Av.Richard Cushing	Este- Oeste	30	110	25.55	A	53	2114	32
	Oeste- Este	30	110	25.05	A	0	2323	-
con Av. San Martin	Este- Oeste	30	110	23.65	B	53	1781	27
	Oeste- Este	30	110	23.45	B	0	2644	-
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	30	110	25.85	A	53	2377	35
	Oeste- Este	30	110	24.75	A	0	2453	-
con Av. Gullman	Este- Oeste	30	110	21.85	C	53	2307	34
	Oeste- Este	30	110	21.00	C	0	2950	-

Nota. Elaboración propia

Se presenta un ancho de banda igual a 53 segundos en la dirección de análisis con lo que logramos obtener niveles de servicio muy buenos para los accesos de la Av. Miguel Grau, estos fluctúan entre A y B a excepción de la Av. Gullman donde aparece un nivel C, los valores de servicio obtenidos brindan condiciones favorables de tránsito.

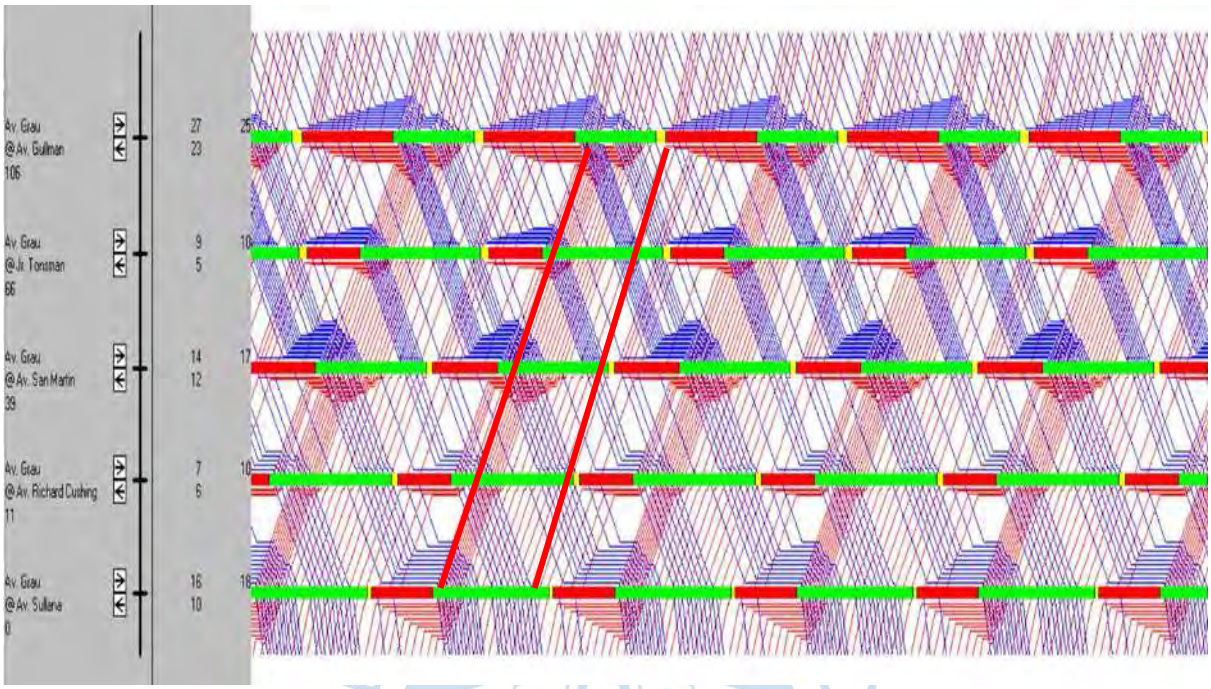
Sincronizar los semáforos utilizando la dirección con mayor congestionamiento permite un paso total de 167 vehículos por intervalo de verde en la Av. Miguel Grau en el sentido este a oeste, el número de vehículos se ha calculado al multiplicar el ancho de banda por el flujo vehicular obtenido con Synchro 8.0.

Los vehículos que transitan durante la duración del ancho de banda lo harán con una velocidad constante de 30 km/h, sin embargo, durante el recorrido debido a los giros hacia la izquierda y por lo giros a la derecha que tienen interferencia con peatones se originan velocidades distintas producto de las demoras que comienzan a formarse, por ello se observa como la velocidad promedio por acceso tiene variaciones, la mayor variación que se encuentra es de 33% en el acceso este de la Av. Sullana.

En la Figura 139 se pueden observar como las líneas de viaje que utilizan el ancho de banda no son obstruidas por los tiempos de rojo logrando una continuidad en todo el recorrido, esto es importante ya que el objetivo de la sincronización es reducir el tiempo de viaje, así como descongestionar la Av. Miguel Grau. La dirección que no se ha sincronizado presenta una mayor cantidad de líneas de flujo en comparación a la sincronización balanceada esto producto del aumento en el tiempo de las demoras, en la Figura 141 se representa este congestionamiento vehicular como una acumulación de líneas, pero a pesar de generar mayores tiempos de demora este tramo de estudio se desarrolla bajo buenas condiciones de servicio tal como se aprecia en la Figura 140.

Figura 141

Líneas de flujo sincronización en dirección con mayor congestión- Anillo vial



Nota. Elaboración propia

Synchro 8.0 nos permite obtener los valores principales de efectividad como son los tiempos de demora, el nivel de servicio (NDS) y la relación volumen/Capacidad, con estos podemos evaluar el comportamiento de la Av. Miguel Grau frente a la sincronización propuesta (ver Tabla 81).

Tabla 81

Parámetros de eficiencia con sincronización en dirección de mayor congestionamiento

		Demora (s/veh)			NDS		Relación v/c		
Intersección	Sentido de circulación	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)	Sin sincronización	Con sincronización	Sin sincronización	Con sincronización	Variación (%)
con Av. Sullana	Este- Oeste	13.1	10.30	21.37	B	B	0.55	0.41	25.45
	Oeste- Este	20	16.10	19.50	B	B	0.87	0.64	26.44
con Av. R. Cushing	Este- Oeste	54.4	5.90	89.15	D	A	1.03	0.52	49.51
	Oeste- Este	47.3	7.40	84.36	D	A	1.02	0.65	36.27
con Av. San Martin	Este- Oeste	93.8	12.30	86.89	F	B	1.16	0.68	41.38
	Oeste- Este	19	13.60	28.42	B	B	0.81	0.54	33.33
con Jr. Tonsman	Este- Oeste	47.4	5.20	89.03	D	A	1.01	0.47	53.47
	Oeste- Este	75.9	8.60	88.67	E	A	1.08	0.50	53.70
con Av. Gullman	Este- Oeste	172.2	22.90	86.70	F	C	1.31	0.78	40.46
	Oeste- Este	309.5	27.50	91.11	F	C	1.62	0.77	52.47

Nota. Elaboración propia

Evaluando los valores de la demora se observan reducciones importantes en los tiempos siendo el acceso oeste de la Av. Gullman el que tiene un mayor beneficio ya que se disminuye su demora en 282 segundos esto se refleja en su variación porcentual la cual alcanza un valor de 91.11%, mientras que el acceso oeste de la Av. Sullana presenta la menor variación ya que la reducción en su demora es de 3.9 segundos, pero cabe destacar que se obtiene un nivel óptimo de servicio. Los accesos presentan niveles de servicio entre A y B siendo la Av. Gullman el que alcanza un nivel inferior igual a C, los niveles de servicio en el tramo de estudio mejoran aportando nuevas características de tránsito a la Av. Miguel Grau.

Otro factor medido es la relación v/c, el cual permite conocer si la oferta vial cubre la demanda vehicular, en la Tabla 81 se observa que las intersecciones estudiadas trabajan por debajo de su máxima capacidad al integrarse un sistema sincronizado con anillo vial. El acceso oeste del Jr. Tonsman presenta la mayor variación siendo igual a 53.70% mientras que el acceso este de la Av. Sullana es el que tiene menor variación con 25.45%.

A continuación, en la Tabla 82 se muestra un cuadro comparativo evaluando nuevas variables que se obtienen mediante el software

Tabla 82

Resumen de parámetros con sincronización en dirección Av. Sullana a Av. Gullman

Parámetro	Situación Actual	Red vial con Sincronización
Numero de intersecciones	5	5
Retraso total (hr)	316	54
Paradas/veh	0.69	0.56
Paradas(#)	9205	6244
Tiempo total de viaje (hr)	396	113
Combustible consumido (l)	1204	412
Combustible economizado (km/l)	1.80	4.30
Emisiones CO (kg)	22.39	7.66
Emisiones Nox (kg)	4.32	1.48
Emisiones VOC(kg)	5.16	1.77
Vehiculos sin servicio (#)	1180	0
Indice de rendimiento	341.70	70.90

Nota. Elaboración propia

El retraso total es la suma total de los intervalos de tiempo en que los vehículos se detienen o viajan a una velocidad menor de 3 m/s, según lo calculado en la Av. Miguel Grau se logra una reducción de 262 h en todo su recorrido.

El número de paradas es un recuento de la parada de todos los vehículos, mientras menor sea esta cantidad mayor fluidez presentará la avenida, con la sincronización planteada reducimos en 2961 el número de paradas.

Synchro 8.0 proporciona el tiempo de viaje el cual consiste en la suma de los tiempos totales de para, demoras y el tiempo en que los vehículos circulan el tramo de recorrido, en la Tabla se muestra una reducción de 283 h de viaje.

Se reducen las emisiones de CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno) y VOC (compuestos oxigenados volátiles), principales gases de efecto invernadero por lo que mejora la calidad del aire en la ciudad además se reduce el consumo de combustible en 2.5 litros por kilómetro esto impacta de manera positiva en la economía local.

El número de vehículos sin servicio indica el volumen que excede la capacidad de la Av. Miguel Grau, esta cantidad se reduce en 1180 vehículos por hora.

El índice de rendimiento toma dentro de sus variables de análisis la relación entre el total de las demoras y el número total de paradas que se originan en el sistema estudiado, por lo tanto, mientras menor sea el índice de desempeño mayor será la efectividad de la sincronización. La Tabla 82 muestra cómo la propuesta aumenta en un 79.25 % el rendimiento de la Av. Miguel Grau.

Luego de haber realizado el análisis de las propuestas de sincronización para cada escenario es necesario mencionar que después de implementar la red de semáforos coordinados se debe efectuar en los primeros meses de funcionamiento un monitoreo en la Av. Miguel Grau de manera que se recopile información para la obtención de nuevos datos, los cuales serán ingresados en Synchro 8.0 para calibrar y mejorar el desempeño de la sincronización propuesta.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Capítulo 4. Análisis de propuestas y resultados

4.1. Análisis de resultados

El desarrollo de este capítulo presenta la evaluación de los diferentes cambios realizados en cada intersección, así como también el estudio de los resultados obtenidos producto de la actualización de la metodología HCM 2010 y el programa de simulación Synchro 8.0.

4.1.1. Evaluación de la metodología HCM 2010 y Synchro 8.0

El objetivo es identificar la variación en los resultados obtenidos y conocer cómo influye el ingreso de diferentes parámetros que hay en el campo de trabajo en el modelo que será usado para la simulación. Para lograr esta calibración en la situación actual del tramo de estudio se procedieron a realizar los siguientes cambios en el programa Synchro:

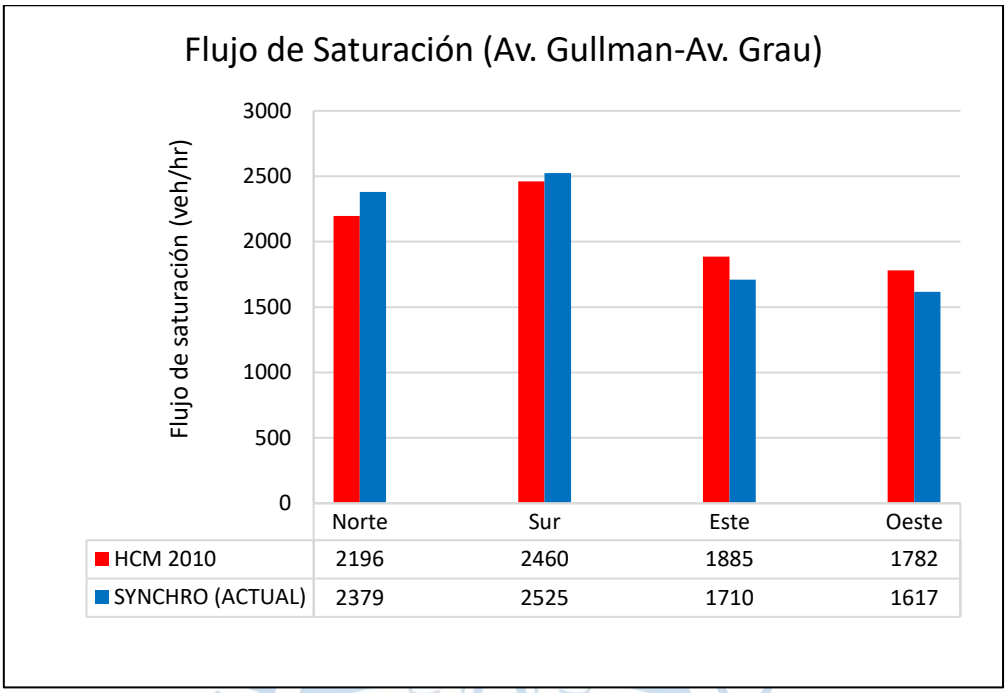
a. Se actualizaron los tiempos semafóricos que el programa colocaba de manera automática, aun así, realizando este proceso los tiempos de verde variaban en unos segundos en comparación a lo que hay en campo.
b. Se procedió a colocar el porcentaje de vehículos pesados para cada acceso ya que el programa por defecto coloca 2%.
c. Se hallaron los FHP por cada acceso por lo que se cambió este dato en el proceso de ingreso de datos.

Para contrastar los datos obtenidos se toman los criterios más importantes de los diferentes análisis. A continuación, se presentan las relaciones de: flujo de saturación, relación v/c, demoras por control y niveles de servicio.

A manera de ejemplo, se presenta el siguiente diagrama de flujo de saturación (Figura 142) de la hora pico en la intersección con Av. Gullman.

Figura 142

Diagrama de flujo de saturación Av. Miguel Grau - Av. Gullman



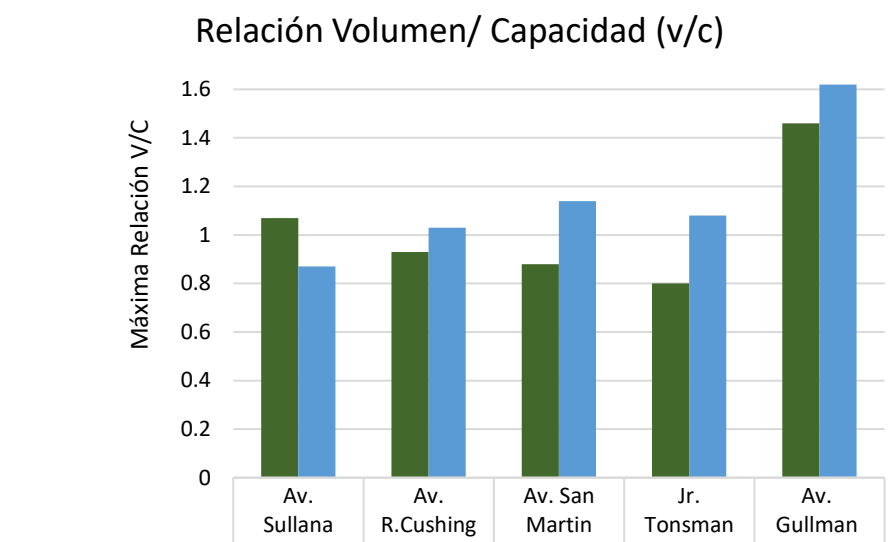
Nota. Elaboración propia

Analizando el diagrama del flujo de saturación observamos que entre los valores del Synchro 8.0 y los valores obtenidos del HCM 2010 (Transportation Research Board ,2010) existe una gran diferencia eso se debe en gran parte a que el Synchro 8.0 a pesar de que se selecciona como opción de trabajo, el HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) presenta fórmulas que se usan en el HCM 2000 (Transportation Research Board, 2000) tal como se puede evidenciar en su manual de usuario por lo tanto el software necesita actualizar la metodología que emplea.

La variación en el flujo de saturación obtenido se genera por los cambios en la fórmula de los factores de cálculo de reducción por giros a la derecha (f_{RT}) y por los giros a la izquierda (f_{LT}) utilizados por Synchro 8.0 los cuales pertenecen al HCM 2000 (Transportation Research Board, 2010); así mismo por la fórmula del flujo de saturación la cual en la metodología HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) no es multiplicada por el número de carriles sin embargo en el HCM 2000 (Transportation Research Board, 2000), el cálculo toma en cuenta el número de carriles(Silvera, 2020).

Figura 143

Diagrama de relación v/c de las intersecciones con Av. Miguel Grau



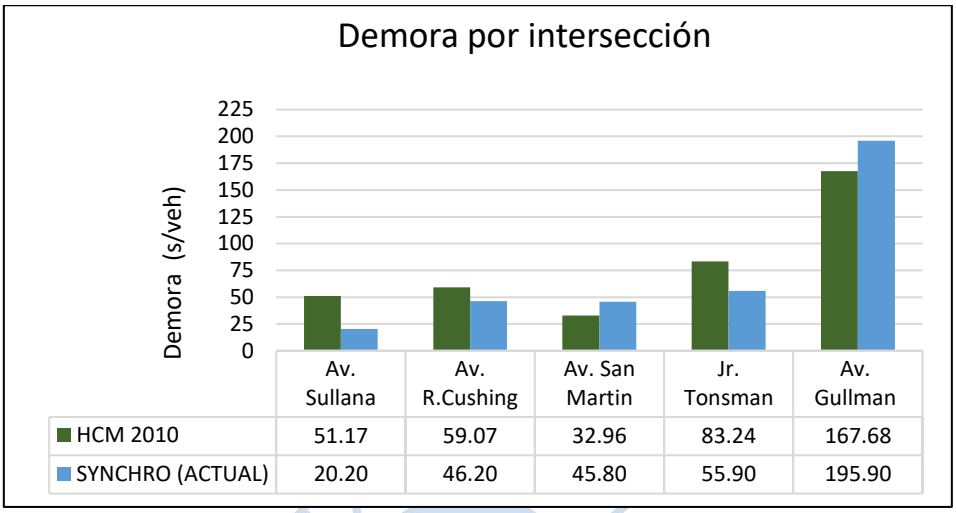
	Av. Sullana	Av. R.Cushing	Av. San Martin	Jr. Tonsman	Av. Gullman
HCM 2010	1.07	0.93	0.88	0.80	1.46
SYNCHRO (ACTUAL)	0.87	1.03	1.14	1.08	1.62

Nota. Elaboración propia

Actualmente, todos los semáforos de la red de estudio presentan dos fases las cuales generan que bajo la metodología HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) la intersección con la Av. Sullana y la Av. Gullman trabajen por encima de su capacidad de diseño; sin embargo, el programa Synchro 8.0 indica que cuatro intersecciones de estudio operan por encima de su capacidad tal como se puede apreciar en la Figura 143. Esta variación puede haber sido influenciada por la calibración en el modelado del tramo de estudio con la realidad en el Synchro 8.0, lo cual se presenta como una ventaja frente a la memoria de cálculo de la metodología HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010).

Figura 144

Diagrama de demoras en las intersecciones con Av. Miguel Grau



Nota. Elaboración propia

Según la Figura 144 si comparamos los valores de las demoras en las intersecciones se observa que las obtenidas con HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) son mayores que las del Synchro 8.0 en las intersecciones con la Av. Sullana, Av. Richard Cushing, Jr. Tonsman, lo cual tiene similitud con lo que ocurre en campo, sin embargo la Av. Gullman que es la más crítica presenta una mayor demora con Synchro 8.0 por lo que puede indicar que mientras más compleja sea la intersección los valores de la demora serán mayores con Synchro 8.0 lo cual puede ser válido debido a que puede manejarse mediante artificios en el modelamiento por ello se observa que las demoras obtenidas tienen una tendencia de aumentar en dirección de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman, como se observa en la Tabla 83.

Tabla 83

Niveles de servicio en el tramo de estudio

NIVELES DE SERVICIO		
Intersección	**HCM 2010**	**SYNCHRO ACTUAL**
Con Av. Sullana	**D** (51.17)	**C** (20.20)
Con Av. Richard Cushing	**E** (59.07)	**D** (46.20)
Con Av. San Martin	**C** (32.96)	**D** (45.80)
Con Jr. Tonsman	**F** (83.24)	**E** (55.90)
Con Av. Gullman	**F** (165.80)	**F** (195.90)

Nota. Elaboración propia

La discrepancia de valores obtenidos en la comparación de los resultados puede ser generado por el comportamiento de la red de intersecciones semaforizadas, ya que el HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) solo toma en cuenta el factor de ajuste por presencia de intersecciones aguas arriba el cual varía de 0.09 a 1, el máximo valor es tomado por intersecciones aisladas, es decir distanciadas en 965 metros aproximadamente; sin embargo, la máxima distancia que ocurre en las intersecciones es de 245 metros que se presenta entre el Jr. Tonsman y la Av. San Martin por lo tanto el tramo analizado trabaja en conjunto y no de manera individual. Debido a que solo hay un solo criterio al analizar un conjunto de intersecciones semafóricas puede generar la variación que se presenta en la tabla 83.

Finalmente, luego de haber analizado los principales criterios que se obtienen debemos señalar que en campo existen comportamientos que no son tomados en cuenta, por ejemplo:

- ✓ Un factor influyente que existe es la conducta del conductor que transita por la vía, actualmente se puede ver como el conjunto de maniobras y la falta de respeto a los tiempos de los semáforos altera este el valor de las demoras por lo que difiere con lo obtenido por HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) y Synchro 8.0.
- ✓ No hay factores que tomen en cuenta el adelanto de los vehículos invadiendo el carril contrario o puntos conflictivos como paraderos informales que se ubican en el carril de tránsito.

4.1.2. Propuestas de mejora con volúmenes actuales

4.1.2.1. Intersección con Av. Sullana. Según las opciones evaluadas la mejor solución es la propuesta 3, la cual con una nueva distribución de los carriles logra reducir la demora global y mejorar el nivel de servicio pasando de C a B además disminuye el congestionamiento vehicular. La ventaja de esta propuesta es que utiliza la geometría actual, solo incorpora una mejor distribución en las dimensiones de los carriles en el acceso sur, además es una propuesta que no demanda de gastos económicos porque no se necesita cambiar la tecnología semafórica actual.

La segunda mejor alternativa de solución para la intersección es la propuesta 1 la cual trabaja con las fases actuales modificando solo los tiempos de verde, para lograr mejores condiciones de trabajo en los semáforos.

A continuación, en la Tabla 84 comparamos los resultados obtenidos con cada propuesta:

Tabla 84

Resumen de propuestas para intersección con Av. Sullana

	Situación Actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
NDS	C	B	B	B
Demora	20.20	16.40	18.90	14.00
Relación v/c	0.87	0.78	0.79	0.75

Nota. Elaboración propia

A causa de que el verde vehicular coincide con el intervalo de verde del semáforo peatonal es importante verificar en la propuesta seleccionada el cumplimiento del periodo mínimo de luz verde para el cruce de peatones, dicha verificación se realiza según la metodología propuesta en el acápite 1.6.3.1.

Analizando el tránsito peatonal de la intersección debido a la presencia de farmacias y un parque recreativo se toma para efectos de cálculo una velocidad promedio de una persona anciana igual a 1.17 m/s, la cual se obtiene de la Figura A4 del anexo, de esta manera se busca proteger al usuario más vulnerable.

A continuación, se muestra en la Tabla 85 y Tabla 86 el cumplimiento del tiempo mínimo de cruce para los peatones en las propuestas seleccionadas como óptimas.

Tabla 85

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatona l- Primera mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	4	14	50	**14 <50 CUMPLE**
Av. Sullana	9.0		7	8	4	11	18	**11 <18 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Tabla 86

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	4	14	49	**14 <49 CUMPLE**
Av. Sullana	9.0		7	8	4	11	23	**11 <23 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Las propuestas seleccionadas brindan mejores condiciones de servicio en la intersección de análisis además cumplen con el tiempo mínimo de fase peatonal por lo tanto son seguras para los usuarios que crucen la intersección con la Av. Sullana.

4.1.2.2. Intersección con Av. Richard Cushing. Según las opciones evaluadas la mejor solución es la propuesta 2, la cual incorpora la restricción de los mototaxis.

Cabe señalar que actualmente existe la ordenanza municipal N.º 229-01 que impide el acceso de los mototaxis a la Av. Miguel Grau, pero no es respetada ya que existe un tránsito normal de estas unidades por dicha avenida, la propuesta que se presenta incorpora un nuevo diseño semafórico y evalúa el comportamiento que tendría la intersección si realmente se respeta dicha ordenanza.

La segunda mejor alternativa de solución para la intersección es la propuesta 1 la cual implementa un nuevo ciclo semafórico.

A continuación, podemos visualizar la Tabla 87 donde comparamos los parámetros obtenidos con cada propuesta:

Tabla 87

Resumen de propuestas para intersección con Av. Richard Cushing

	Situación Actual	Propuesta 1	Propuesta 2
NDS	D	B	B
Demora	46.20	18.90	14.60
Relación v/c	1.03	0.88	0.71

Nota. Elaboración propia

A causa de que el verde vehicular coincide con el intervalo de verde del semáforo peatonal es importante verificar en la propuesta seleccionada el cumplimiento del periodo mínimo de luz verde para el cruce de peatones, dicha verificación se realiza según la metodología propuesta en el acápite 1.6.3.1.

Analizando el tránsito peatonal de la intersección se toma para efectos de cálculo una velocidad promedio de una persona anciana igual a 1.17 m/s, la cual se obtiene de la Figura A4 del anexo, de esta manera se busca proteger al usuario más vulnerable.

A continuación, se muestra en la Tabla 88 y Tabla 89 el cumplimiento del tiempo mínimo de cruce para los peatones en las propuestas seleccionadas como óptimas.

Tabla 88

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Primera mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	58	**16 <58 CUMPLE**
Av. R. Cushing	6.0		7	5	2	10	23	**10 <23 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Tabla 89

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	39	**16 <39 CUMPLE**
Av. R. Cushing	6.0		7	5	2	10	18	**10 <18 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Las propuestas seleccionadas brindan mejores condiciones de servicio en la intersección de análisis además cumplen con el tiempo mínimo de fase peatonal por lo tanto son seguras para los usuarios que crucen la intersección con la Av. Richard Cushing.

4.1.2.3. Intersección con Av. San Martin. Según las opciones evaluadas la mejor solución es la propuesta 3, la cual restringe el acceso de los mototaxis en la Av. Miguel Grau.

Cabe indicar que actualmente existe la ordenanza municipal N.º 229-01 que impide el acceso de los mototaxis a la Av. Miguel Grau, pero no es respetada ya que existe un tránsito normal de estas unidades por dicha avenida, la propuesta que se plantea incorpora un nuevo diseño semafórico y evalúa el comportamiento que tendría la intersección si realmente se respeta dicha ordenanza.

La segunda mejor alternativa de solución para la intersección es la propuesta 1 la cual incorpora un nuevo carril en el acceso norte.

A continuación, podemos visualizar la Tabla 90 donde comparamos los parámetros obtenidos con cada propuesta:

Tabla 90

Resumen de propuestas para intersección con Av. San Martin

	Situación Actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
NDS	D	B	C	B
Demora	45.80	18.50	21.10	17.00
Relación v/c	1.14	0.88	0.87	0.70

Nota. Elaboración propia

A causa de que el verde vehicular coincide con el intervalo de verde del semáforo peatonal es importante verificar en la propuesta seleccionada el cumplimiento del periodo mínimo de luz verde para el cruce de peatones, dicha verificación se realiza según la metodología propuesta en el acápite 1.6.3.1.

Analizando el tránsito peatonal de la intersección debido a la presencia de una iglesia y del local principal de la Sunat, se toma para efectos de cálculo una velocidad promedio de una persona anciana igual a 1.17 m/s la cual se obtiene de la Figura A4 del anexo, de esta manera se busca proteger al usuario más vulnerable.

A continuación, se muestra en la Tabla 91 y Tabla 92 el cumplimiento del tiempo mínimo de cruce para los peatones en las propuestas seleccionadas como óptimas.

Tabla 91

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal – Primera mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	54	**16 <54 CUMPLE**
Av. San Martin	9.0		7	8	2	13	28	**13 <28 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Tabla 92

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Segunda mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	48	**16 <48 CUMPLE**
Av. San Martin	9.0		7	8	2	13	19	**13 <19 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Las propuestas seleccionadas brindan mejores condiciones de servicio en la intersección de análisis además cumplen con el tiempo mínimo de fase peatonal por lo tanto son seguras para los usuarios que crucen la intersección con la Av. San Martin.

4.1.2.4. Intersección con Jr. Tonsman. Según las opciones evaluadas la mejor solución es la propuesta 3, la cual restringe el acceso de los mototaxis. Esta propuesta permite alcanzar una reducción de 43.20 segundos en la demora de la intersección.

Cabe indicar que actualmente existe la ordenanza municipal N.º 229-01 que impide el acceso de los mototaxis a la Av. Miguel Grau, pero no es respetada ya que existe un tránsito normal de estas unidades por dicha avenida, la propuesta que se plantea incorpora un nuevo diseño semafórico y evalúa el comportamiento que tendría la intersección si realmente se respeta dicha ordenanza.

La segunda mejor alternativa de solución para la intersección es la propuesta 1 la cual implementa un nuevo ciclo semafórico y brinda una disminución de 39.40 segundos en el tiempo de la demora.

Ambas propuestas mejoran el nivel de servicio pasando de E a B. La ventaja de ambas propuestas es que no demandan de gastos económicos porque no se necesita cambiar la tecnología semafórica actual.

A continuación, podemos visualizar la Tabla 93 donde comparamos los parámetros obtenidos con cada propuesta:

Tabla 93

Resumen de propuestas para intersección con Jr. Tonsman

	Situación Actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
NDS	E	B	B	B
Demora	55.90	16.50	18.50	12.70
Relación v/c	1.08	0.81	0.85	0.57

Nota. Elaboración propia

A causa de que el verde vehicular coincide con el intervalo de verde del semáforo peatonal es importante verificar en la propuesta seleccionada el cumplimiento del periodo mínimo de luz verde para el cruce de peatones, dicha verificación se realiza según la metodología propuesta en el acápite 1.6.3.1.

Analizando el tránsito peatonal de la intersección debido a la presencia de un hospital y de diferentes consultorios médicos se toma para efectos de cálculo una velocidad promedio de una persona con dificultad para caminar igual a 1.04 m/s la cual se obtiene de la Figura A4 del anexo, de esta manera se busca proteger al usuario más vulnerable.

A continuación, se muestra en la Tabla 94 y Tabla 95 el cumplimiento del tiempo mínimo de cruce para los peatones en las propuestas seleccionadas como óptimas.

Tabla 94

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal - Primera mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.04	7	12	2	17	50	**17 <50 CUMPLE**
Jr. Tonsman	7.0		7	7	2	12	20	**12 <20 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Tabla 95

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatona l- Segunda mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.04	7	12	2	17	32	**17 <32 CUMPLE**
Jr. Tonsman	7.0		7	7	2	12	20	**12 <20 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Las propuestas seleccionadas brindan mejores condiciones de servicio en la intersección de análisis además cumplen con el tiempo mínimo de fase peatonal por lo tanto son seguras para los usuarios que crucen la intersección con el Jr. Tonsman.

4.1.2.5. Intersección con Av. Gullman. Según las opciones evaluadas la mejor solución es la propuesta 2, esta propuesta integra cambios en la geometría de la intersección, nuevas fases y la ordenanza del anillo vial, por lo tanto, se restringe el acceso de los mototaxis en el acceso este es decir en la Av. Miguel Grau.

Cabe señalar que actualmente existe la ordenanza municipal N.º 229-01 que impide el acceso de los mototaxis a la Av. Miguel Grau, pero no es respetada ya que existe un tránsito normal de estas unidades por dicha avenida, la propuesta que se plantea incorpora modificaciones en la geometría, en el diseño semafórico y evalúa el comportamiento que tendría la intersección si realmente se respeta dicha ordenanza.

La segunda mejor alternativa de solución para la intersección es la propuesta 1, esta considera una nueva tecnología semafórica con nuevas fases y cambios en la geometría actual.

Actualmente, las condiciones no son favorables en esta intersección por lo que es necesario reestructurar la tecnología semafórica e implementar nuevas modificaciones.

A continuación, podemos visualizar la Tabla 96 donde comparamos los parámetros obtenidos con cada propuesta:

Tabla 96

Resumen de propuestas para intersección con Av. Gullman

	Situación Actual	Propuesta 1	Propuesta 2
NDS	F	C	C
Demora	195.90	30.90	28.10
Relación v/c	1.62	0.81	0.66

Nota. Elaboración propia

A causa de que el verde vehicular coincide con el intervalo de verde del semáforo peatonal es importante verificar en la propuesta seleccionada el cumplimiento del periodo mínimo de luz verde para el cruce de peatones, dicha verificación se realiza según la metodología propuesta en el acápite 1.6.3.1.

Analizando el tránsito peatonal de la intersección debido a la presencia de un importante centro comercial, diferentes puntos de abasto y un grifo se toma para efectos de cálculo una velocidad promedio de una persona anciana igual a 1.17 m/s la cual se obtiene de la Figura A4 del anexo, de esta manera se busca proteger al usuario más vulnerable.

A continuación, se muestra en la Tabla 97 y Tabla 98 el cumplimiento del tiempo mínimo de cruce para los peatones en las propuestas seleccionadas como óptimas

Tabla 97

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal- primera mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	37	**16 <37 CUMPLE**
Av. Gullman	9.9		7	8	2	13	33	**13 <33 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Tabla 98

Cálculo de tiempo mínimo para cruce peatonal- segunda mejor propuesta

	Tiempo de cruce peatonal							
	Distancia (m)	Velocidad peatón (m/s)	Tiempo Mínimo de cruce peatonal (s)	Verde intermitente (NPI)	Tiempo de Ámbar (s)	Tiempo de cruce peatonal (s)	Intervalo de verde vehicular (s)	
Av. Miguel Grau	12.8	1.17	7	11	2	16	39	**16 <39 CUMPLE**
Av. Gullman	9.9		7	8	2	13	33	**13 <33 CUMPLE**

Nota. Elaboración propia

Las propuestas seleccionadas brindan mejores condiciones de servicio en la intersección de análisis además cumplen con el tiempo mínimo de fase peatonal por lo tanto son seguras para los usuarios que crucen la intersección con la Av. Gullman.

4.1.3. Análisis de propuestas de mejora con sincronización semafórica

Considerando que la Av. Grau es una arteria principal, en la cual durante la hora pico se presentan un alto volumen de demanda y trafico moviéndose en sentido este hacia oeste es decir de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman, para analizar los diferentes escenarios de sincronización semafórica se han considerado los siguientes parámetros: el tiempo de viaje, el retraso total, combustible consumido, la emisión del CO y el índice de rendimiento.

<u>Sincronización semafórica del tráfico con los volúmenes de flujo actuales</u>

En la Tabla 99 se ha evaluado la Av. Miguel Grau sin restricción de vehículos tal como pasa en la actualidad bajo este escenario se evalúan dos alternativas, en la primera tenemos

la sincronización balanceada en ambos sentidos de la avenida y como segunda alternativa esta la sincronización tomando en cuenta la dirección de mayor congestionamiento vehicular en la hora de máxima demanda vehicular.

Tabla 99

Resumen de parámetros con sincronización de semáforos - Tráfico actual

	Sincronización semafórica tráfico actual				
	Tiempo de viaje (hr)	retraso total (hr)	combustible consumido (l)	Emisiones CO (kg)	Indice de rendimiento
Sin sincronización	396	316	1204	22.39	341.7
Sincronización balanceada	147	74	525	9.76	95
Sincronización máx congestionamiento	153	81	548	10.19	103.3

Nota. Elaboración propia

De la Tabla anterior se puede definir que la mejor propuesta para la Av. Miguel Grau es la sincronización balanceada, porque presenta mejoras en los parámetros descritos en tabla 70 del acápite 3.6.1, siendo importante tanto para los conductores como para los peatones.

Evaluando los parámetros se contemplan mayores beneficios en la sincronización balanceada proporcionando 249 horas menos de viaje en comparación a la situación actual donde no existe sincronización semafórica, esto implica reducción en los tiempos de retraso por lo tanto la Av. Miguel Grau sería una vía arterial más rápida.

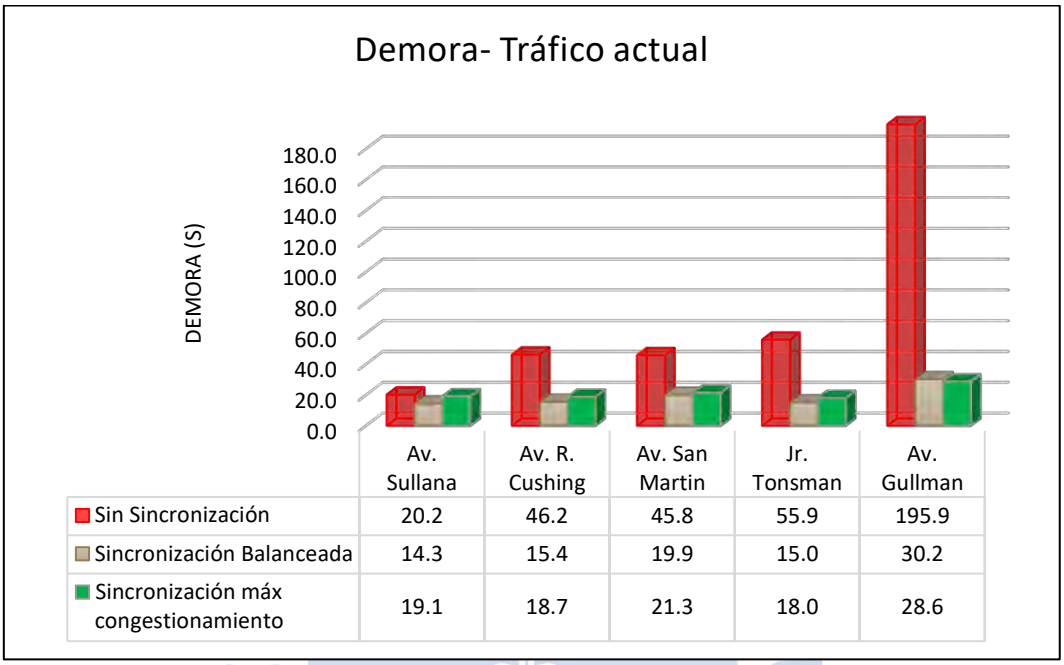
La sincronización balanceada se muestra como la alternativa más económica y de menor impacto en el sistema ambiental ahorrando 679 litros de combustible con lo que se logra reducir la emisión de CO en 12.63 kg sin embargo con la sincronización en una sola dirección se ahorra 656 litros y se reduce la emisión de CO en 12.20 kg, al tener menos combustible consumido se reduce la emisión de CO, por ello es importante reducirlo ya que uno de los principales gases invernaderos.

Dentro de las propuestas planteadas se observa que la cantidad de recursos consumidos por los vehículos que circulan en el tramo estudiado (índice de rendimiento) mejoran en la sincronización balanceada en 72.19% en comparación al sistema actual sin mejora alguna.

En la Figura 145 se muestra de manera gráfica como es el comportamiento de las demoras al implementar un sistema sincronizado de dispositivos de control.

Figura 145

Diagrama de demoras con propuestas de sincronización semafórica



	Av. Sullana	Av. R. Cushing	Av. San Martin	Jr. Tonsman	Av. Gullman
Sin Sincronización	20.2	46.2	45.8	55.9	195.9
Sincronización Balanceada	14.3	15.4	19.9	15.0	30.2
Sincronización máx congestionamiento	19.1	18.7	21.3	18.0	28.6

Nota. Elaboración propia

El desempeño actual de la Av. Miguel Grau no es favorable debido a que se presentan tiempos elevados en las demoras para cada intersección siendo la Av. Gullman la que obtiene los mayores valores por lo tanto es necesario optimizar el funcionamiento de la red semafórica. En la Figura 145 se refleja como ambos sistemas de sincronización mejoran el problema en los tiempos perdidos por demoras, siendo la sincronización balanceada la más adecuada bajo circunstancias de tráfico actual, ya que se reduce el tiempo de demora en 5.90 segundos en la Av. Sullana, en 30.8 segundos para la Av. Richard Cushing, en 25.9 segundos en la Av. San Martin, en 40.9 segundos para el Jr. Tonsman y en la intersección con Av. Gullman presenta una reducción de 165.7 segundos.

A continuación, se muestra la Tabla 100 la cual nos muestra el porcentaje de variación en las demoras para cada intersección de estudio al implementar un sistema de sincronización semafórica.

Tabla 100

Variación porcentual en las demoras con tráfico actual

PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN DEMORAS- TRÁFICO ACTUAL					
INTERSECCIÓN	Sin sincronización	Sincronización Balanceada	Variación (%)	Sincronización máx congestión	Variación (%)
Con Av. Sullana	20.2	14.3	**29.21**	19.1	**5.45**
Con Av. Richard Cushing	46.2	15.4	**66.67**	18.7	**59.52**
Con Av. San Martin	45.8	19.9	**56.55**	21.3	**53.49**
Con Jr. Tonsman	55.9	15	**73.17**	18	**67.80**
Con Av. Gullman	195.9	30.2	**84.58**	28.6	**85.40**

Nota. Elaboración propia

Analizando la Tabla 100 se puede observar que los valores en las demoras mejoran en general para cada intersección con la sincronización balanceada, siendo la Av. Gullman la que obtiene un mayor porcentaje de reducción, seguida por el Jr. Tonsman y la Av. Richard Cushing, estas tres intersecciones son las que presentan mayor reducción en las demoras, cabe señalar que en campo son estas las que presentaban mayor congestionamiento

Implementar una sincronización en la dirección con mayor tráfico brinda menores porcentajes de variación; sin embargo, es una buena alternativa ya que presenta mejoras para la Av. Miguel Grau, analizando el porcentaje de variación se observa que estos son mayores a partir de la Av. Richard Cushing en adelante esto es importante ya que se alcanzan intersecciones con menos tiempos de pare en toda la Av. Miguel Grau.

<u>Sincronización semafórica del tráfico con anillo vial de mototaxis</u>

En la Tabla 101 se ha evaluado la Av. Miguel Grau bajo la ordenanza del anillo vial el cual restringe el tránsito de mototaxis, por ello se observan dos alternativas la primera con una sincronización balanceada en ambos sentidos de la avenida y la segunda sincronización toma en cuenta la dirección de mayor congestionamiento vehicular en la hora de estudio.

En la Tabla 101 se visualizan los principales resultados obtenidos bajo los parámetros seleccionados para cada alternativa.

Tabla 101

Parámetros obtenidos con la sincronización de semáforos - Anillo vial

	Sincronización semafórica con anillo vial				
	Tiempo de viaje (hr)	retraso total (hr)	combustible consumido (l)	Emisiones CO (kg)	Indice de rendimiento
Sin sincronización	396	316	1204	22.39	341.7
Sincronización balanceada	113	54	405	7.54	68.8
Sincronización máx congestionamiento	113	54	412	7.66	71

Nota. Elaboración propia

Tomando en cuenta la ordenanza del anillo vial (Municipalidad Provincial de Piura, Ordenanza Municipal 229-01-CMPP de 2020) entre la Av. Gullman y la Av. Sullana, los resultados mejoran mucho más con respecto a la Tabla 99, ya que, se cuenta con menor volumen vehicular.

En la Tabla 101 se pueden visualizar valores muy similares para ambas sincronizaciones por lo que ambas funcionan de manera correcta si se implementan en el trayecto de la Av. Miguel Grau.

Dentro de las propuestas planteadas se puede visualizar que la cantidad de recursos consumidos por los vehículos que circulan en el tramo estudiado (índice de rendimiento) mejoran en la sincronización balanceada en 79.87% y en 79.25 % en la sincronización con mayor congestionamiento por lo tanto se concluye que ambos sistemas funcionan con buenos rendimientos donde la diferencia es de solo 0.62% entre las dos opciones estudiadas. Ambas alternativas dan mejores resultados en comparación al sistema actual.

Evaluando los parámetros para el tiempo de viaje se visualizan buenos resultados para ambos tipos de sincronización pues proporciona 283 horas menos de viaje en comparación a la situación actual donde no existe sincronización semafórica, esta reducción en gran parte es producto de la disminución en los tiempos de retraso y número de paradas, mejorar el tiempo de viaje convierte a la Av. Miguel Grau en una vía arterial más rápida.

La sincronización balanceada se presenta como la alternativa más económica y de menor impacto en el sistema ambiental ahorrando 799 litros de combustible con lo que se

logra reducir la emisión de CO en 14.85 kg; sin embargo, con la sincronización en una sola dirección se ahorra 792 litros y se reduce la emisión de CO en 14.73 kg, al tener menos combustible consumido se reduce la emisión de CO por ello es importante reducir este gas ya que uno de los principales gases invernaderos.

A continuación, se muestra la Tabla 102 con las demoras calculadas para intersección y como es su variación para cada escenario evaluado.

Tabla 102

Variación en las demoras con anillo vial

PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN DEMORAS- ANILLO VIAL					
INTERSECCIÓN	Sin sincronización	Sincronización Balanceada	Variación (%)	Sincronización máx congestión	Variación (%)
Con Av. Sullana	20.2	14.2	**29.70**	18.5	**8.42**
Con Av. Richard Cushing	46.2	9.6	**79.22**	9.9	**78.57**
Con Av. San Martin	45.8	14.9	**67.47**	17.1	**62.66**
Con Jr. Tonsman	55.9	9.70	**82.65**	9.9	**82.29**
Con Av. Gullman	195.9	30.3	**84.53**	25	**87.24**

Nota. Elaboración propia

Se puede observar cómo los valores en las demoras mejoran para cada intersección al aplicar las alternativas de sincronización, las variaciones obtenidas en ambos sistemas son muy similares excepto en la Av. Sullana.

Con la sincronización balanceada, la Av. Gullman obtiene un mayor porcentaje de reducción siendo de 84.53%, seguido por el Jr. Tonsman, la Av. Richard Cushing, la Av. San Martin y finalmente se encuentra la Av. Sullana. Este comportamiento era de esperarse, ya que tal como se verifico en campo y en los aforos vehiculares obtenidos el volumen de mototaxis que ingresa a la Av. Miguel Grau es denso en las tres primeras intersecciones mencionadas anteriormente.

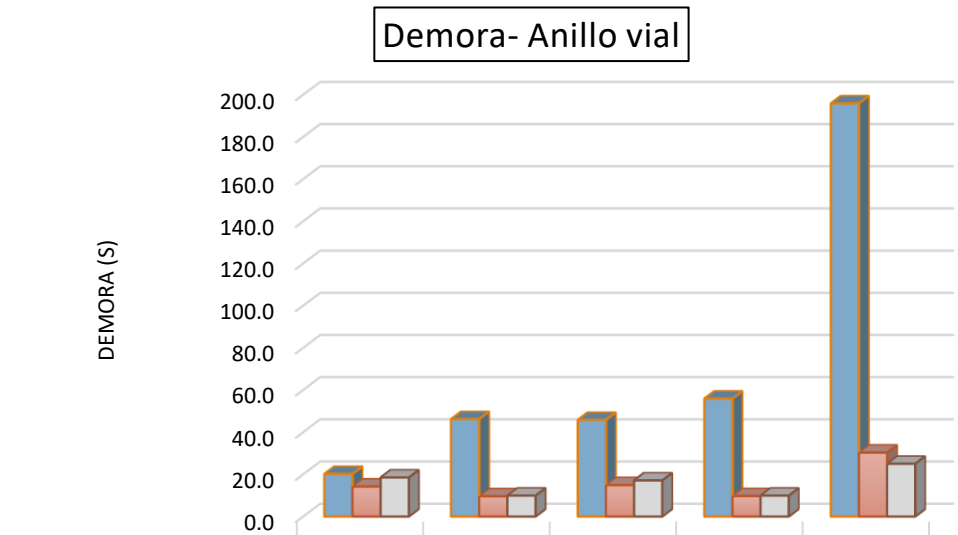
Implementar una sincronización en la dirección con mayor tráfico brinda porcentajes de variación similares a balanceada sin embargo es una buena alternativa ya que se observa que estas variaciones son mayores a partir de la Av. Richard Cushing en adelante lo cual indica que sincronizar los semáforos en la dirección con mayor congestionamiento proporciona una

vía arterial más fluida por la reducción de tiempo de para y demoras en el sentido que más problemas de tránsito presenta.

En la Figura 146 se muestra de manera gráfica en como las demoras actuales se reducen drásticamente al implementar un sistema integrado de anillo vial con una red de semáforos sincronizados.

Figura 146

Diagrama de demoras - Sincronización semafórica – Anillo vial



	Av. Sullana	Av. R. Cushing	Av. San Martin	Jr. Tonsman	Av. Gullman
Sin Sincronización	20.2	46.2	45.8	55.9	195.9
Sincronización Balanceada	14.2	9.6	14.9	9.7	30.3
Sincronización máx congestionamiento	18.5	9.9	17.1	9.9	25.0

Nota. Elaboración propia

En la actualidad la Av. Miguel Grau cuenta con un sistema vehicular saturado el cual no brinda condiciones adecuadas de servicio por ello se presentan tiempos elevados en las demoras para cada intersección siendo la Av. Gullman la que obtiene los mayores valores por lo tanto es necesario optimizar el funcionamiento de la red semafórica. En la Figura 146 se refleja como los sistemas de sincronización mejoran la problemática en los tiempos perdidos por demoras, al implementar y ejecutar de manera correcta el anillo vial la sincronización balanceada aparece como la más adecuada ya que se reduce el tiempo de demora en 6 segundos en la Av. Sullana, en 36.6 segundos para la Av. Richard Cushing, en 30.9 segundos

en la Av. San Martin, en 46.2 segundos para el Jr. Tonsman y en la intersección con Av. Gullman presenta una reducción de 165.6 segundos.

Como se ha podido comprobar las alternativas de sincronización aportan importantes reducciones en los tiempos de las demoras para todas las intersecciones, con esto logramos que la Av. Miguel Grau alcance nuevas características de servicio.

A continuación, se muestra en la Tabla 103 un resumen de los niveles de servicio que existen actualmente en la zona de estudio y los nuevos valores para los niveles de servicio que se obtiene al implementar un sistema de sincronización semafórica.

Tabla 103

Resumen en los niveles de servicio para la Av. Miguel Grau

		NIVELES DE SERVICIO			
		Tráfico Actual		Anillo vial	
INTERSECCIÓN	Nivel de servicio Actual	Sincronización Balanceada	Sincronización con mayor congestión	Sincronización Balanceada	Sincronización con mayor congestión
Con Av. Sullana	C	B	B	B	B
Con Richard Cushing	D	B	B	A	A
Con Av. San Martin	D	B	C	B	B
Con Jr. Tonsman	E	B	B	A	A
Con Av. Gullman	F	C	C	C	C

Nota. Elaboración propia

Observando la Tabla 103 podemos concluir que tanto para tráfico actual y para anillo vial la sincronización semafórica permite obtener niveles de servicio de mejor calidad comparados con los que se encuentran actualmente.

Integrar propuestas de planificación vehicular como la ordenanza municipal del anillo vial con la sincronización semafórica brinda mejores niveles de servicio en comparación a las demás alternativas de sincronización.

4.1.4. Análisis de escenarios futuros con incremento vehicular

Para la evaluación del tramo de estudio ante nuevas condiciones se ha tomado en cuenta dos puntos de análisis el primero consiste en el comportamiento de las intersecciones usando las alternativas de solución y el segundo punto de vista toma en cuenta la sincronización semafórica.

4.1.4.1. Escenario futuro: análisis de propuestas con crecimiento de parque automotor. Un correcto diseño debe considerar parámetros de volúmenes actuales, así como también debe tener en cuenta el crecimiento vehicular que ocurrirá en los años venideros por lo tanto para poder garantizar el correcto funcionamiento de las propuestas presentadas en esta investigación se utiliza un método de cálculo para estimar el crecimiento del tránsito publicado en la Resolución Directoral 03-2018-MTC/14 de 2018 de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Analizando el método se proyecta una relación de la tasa de crecimiento poblacional y la tasa del producto bruto interno (PBI) para luego encontrar un factor por cada año de vida útil; se toman estos valores ya que son un indicador de desarrollo que influye de gran manera en el parque automotor. Para efectos de cálculo, se busca conocer el desempeño del diseño para un periodo de 5 y 10 años debido a que conforme transcurren los años los reglamentos, manuales o planes urbanísticos pueden cambiar mejorando la zona de estudio como también puede pasar lo contrario. A continuación, en la Tabla 104 se muestran los factores de crecimiento obtenidos.

Tabla 104

Factor de crecimiento de tránsito

$P_f = P_0(1+T_c)^n$	**Tc poblacional (%)**	1	1
	Tc PBI (%)	3.8	3.8
N	0	5	10
Año	**2021**	**2026**	**2031**
Veh. Livianos (97.44%)	1	1.0510	1.1046
Veh.Pesados (2.56%)	1	1.2050	1.4520
%Crecimiento Total	**1**	**1.0550**	**1.1135**

Nota. Elaboración propia

Como parte del cálculo para obtener los factores se han tomado los porcentajes de vehículos pesados y livianos de la intersección entre la Av. Miguel Grau con Av. Gullman, ya que es la que presenta un mayor congestionamiento en comparación a las demás intersecciones, por ello, es el escenario más crítico; evaluar estas condiciones de trabajo en todas las intersecciones permite obtener factores de ajuste más conservadores.

Los factores de crecimiento de tránsito calculados serán ingresados en el programa Synchro 8.0 para conocer el comportamiento de las propuestas en el futuro y cuáles serían sus niveles de servicio en el tramo de estudio.

En la Tabla 105 se muestran los niveles de servicio y entre paréntesis las demoras obtenidas bajo el escenario actual y los resultados con el tráfico futuro, a 5 y 10 años.

Tabla 105

Niveles de servicio y demoras de soluciones a futuro

NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA GLOBAL A FUTURO					
INTERSECCION	ESCENARIOS	Situación actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Av. Sullana	5 Años	C (21.10)	B (17.40)	C (20.40)	B (14.60)
	10 Años	C (22.20)	B (19.10)	C (22.70)	B (15.60)
Av. Richard Cushing	5 Años	E (66.80)	C (23.00)	B (15.60)	-
	10 Años	F (98.70)	C (31.90)	B (16.90)	-
Av. San Martin	5 Años	E (57.50)	C (22.40)	C (25.00)	B (18.10)
	10 Años	E (73.20)	C (30.70)	C (33.10)	B (19.90)
Jr. Tonsman	5 Años	F (82.00)	B (18.50)	C (21.00)	B (13.30)
	10 Años	F (124.90)	C (22.00)	C (25.90)	B (14.00)
Av. Gullman	5 Años	F (233.90)	C (32.50)	C (28.80)	-
	10 Años	F (280.70)	D (35.10)	C (29.90)	-

Nota. Elaboración propia

Se logra visualizar como los niveles de servicio pueden alcanzar valores de E y F conforme transcurran los años en la mayoría de las intersecciones si no se aplican mejoras en el funcionamiento de los dispositivos de control actuales.

Analizando el comportamiento de las propuestas en la Av. Miguel Grau a futuro, las que mejor desempeño tienen son: la propuesta 3 en la Av. Sullana, la propuesta 2 en la Av. Richard Cushing, la propuesta 3 para la intersección con Av. San Martin, la propuesta 3 en el Jr. Tonsman y la propuesta 2 para la Av. Gullman.

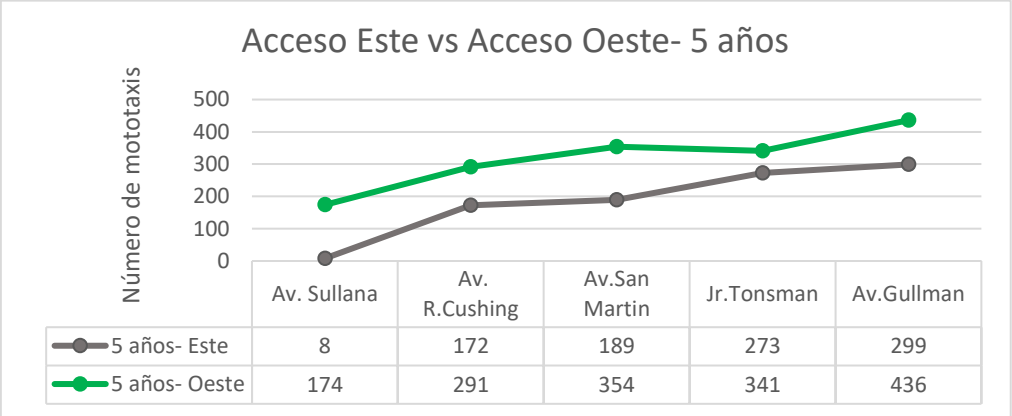
Se ha realizado el mismo procedimiento para conocer cómo actúa la sincronización semafórica ante el incremento vehicular en un futuro para diferentes situaciones como es la del volumen actual, es decir sin restricción de vehículos y cómo se comporta ante la aplicación

de la ordenanza del anillo vial para mototaxis; ya que, actualmente, es una de las unidades más usadas para transitar.

Analizando la información obtenida en el aforo vehicular podemos estimar el impacto a futuro que tendría la circulación de estas unidades vehiculares en la Av. Miguel Grau. A continuación, se muestra el crecimiento de mototaxis para 5 y 10 años en los accesos este y oeste para cada intersección (ver Figura 147 y 148), ya que estos son los que forman el recorrido de la Av. Miguel Grau.

Figura 147

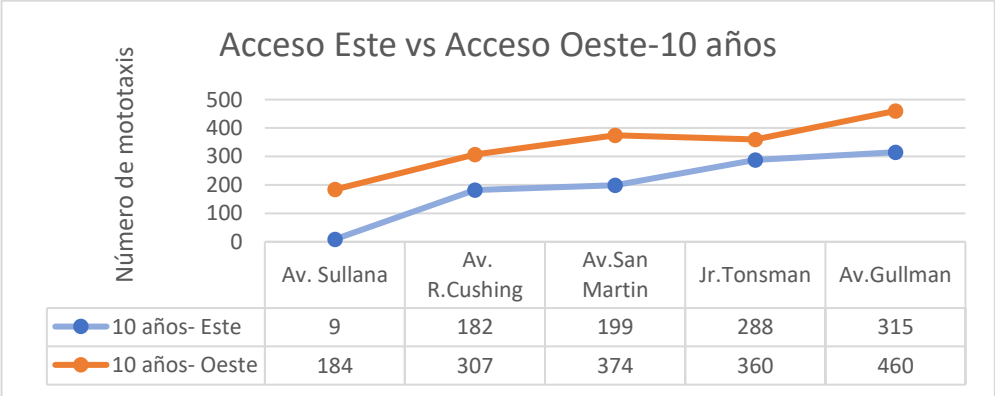
Incremento de mototaxis a futuro en acceso este y oeste - 5 Años



Nota. *Elaboración propia*

Figura 148

Incremento de mototaxis a futuro en acceso este y oeste- 10 Años



Nota. Elaboración propia

Transcurrido el periodo de 5 y 10 años se espera que el número de mototaxis que se desplaza por la Av. Miguel Grau sea mayor en los accesos oeste de todas las intersecciones tal

como se muestra en la Figura 147 y 148 además se puede determinar como en la Av. Gullman se presentan los valores más altos en ambos accesos.

Como se observa en la Tabla 106 se estima que en 5 años circulen de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman (este-oeste) un aproximado de 941 mototaxis mientras que en el sentido contrario (oeste-este) se calcula un total de 1596 mototaxis transitando en la hora punta, mientras que a 10 años transitarán un total de 993 mototaxis en sentido de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman y un total de 1685 en sentido contrario en la hora de mayor congestionamiento.

Tabla 106

Volumen esperado de mototaxis a futuro

	Sentido de circulación	# de mototaxis en Av. Miguel Grau
5 años	este-oeste	941
	oeste-este	1596
10 años	este-oeste	993
	oeste-este	1685

Nota. Elaboración propia

Como se evidencia en el análisis, el volumen de mototaxis que recorren la zona de estudio es de gran consideración bajo condiciones futuras, esto es un indicador del impacto positivo que tiene el anillo vial para controlar el congestionamiento en la Av. Miguel Grau. actualmente y en situaciones venideras.

A continuación, en la Tabla 107 se muestran los niveles de servicio y tiempos en las demoras obtenidas para cada intersección al integrar el anillo vial y la sincronización semafórica

Tabla 107

Niveles de servicio y demoras a futuro para la sincronización de semáforos

NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA GLOBAL A FUTURO					
INTERSECCION	ESCENARIOS	Sincronización Volumen actual		Sincronizacion -Anillo Vial	
		Direccion con mayor congestionamieto	Sincronizacion Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronizacion Balanceada
Av. Sullana	5 Años	B (19.90)	B (14.90)	B (18.60)	B (14.60)
	10 Años	C (20.90)	B (15.60)	B (18.90)	B (15.10)
Av. Richard Cushing	5 Años	C (22.00)	B (18.20)	B (10.70)	A (9.90)
	10 Años	C (28.00)	C (23.50)	B (11.90)	B (10.60)
Av. San Martin	5 Años	C (22.90)	C (22.00)	B (18.10)	B (16.70)
	10 Años	C (25.60)	C (25.70)	B (19.50)	B (17.90)
Jr. Tonsman	5 Años	B (19.40)	B (15.50)	B (10.40)	A (10.00)
	10 Años	C (21.20)	B (16.50)	B (10.90)	B (10.30)
Av. Gulhman	5 Años	C (31.60)	C (34.20)	C (26.70)	C (33.10)
	10 Años	D (37.40)	D (42.40)	C (29.30)	D (37.70)

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 107 se muestra cómo se desempeña cada sincronización semafórica bajo los escenarios en condiciones futuras de tránsito, si no realizamos ninguna restricción vehicular y mantenemos el tráfico que actualmente recorre la Av. Miguel Grau de manera general se observa que la sincronización balanceada presenta mejores resultados en comparación a la sincronización tomando el sentido de mayor congestionamiento, los niveles de servicio obtenidos son aceptables, ya que incorporan nuevas condiciones de tránsito vehicular, aún con el transcurrir del tiempo las intersecciones se pueden mantener estos niveles tal como se puede apreciar al contrastar los valores entre 5 y 10 años.

Implementar el anillo vial permite obtener nuevos valores de servicio ya que al tener menor volumen vehicular transitando por la Av. Miguel Grau origina un mayor desempeño de la vía. Comparando las sincronizaciones propuestas, la balanceada es la que da menores tiempos de demoras por lo tanto hay mayor fluidez lo que genera nuevos y mejores niveles de servicio.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el comportamiento de las velocidades que se lograrán en el periodo de estudio. En la Tabla 108 se muestran las velocidades esperadas.

Tabla 108

Velocidades esperadas para 5 y 10 años

VELOCIDADES A FUTURO (km/h)									
Periodo de tiempo		5 años				10 años			
INTERSECCION	ESCENARIOS	Sincronización Volumen actual		Sincronizacion -Anillo Vial		Sincronización Volumen actual		Sincronizacion -Anillo Vial	
		Sincronizacion Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto
Av. Sullana	este-oeste	20.7	20.35	20.65	20.05	20.6	20.3	20.55	20
	oeste-este	25.85	23.2	25.55	22.9	25.75	23	25.45	22.9
Av. Richard Cushing	este-oeste	22.45	22.05	24.8	25.45	21.35	20.95	24.65	25.3
	oeste-este	23.9	22.75	26.1	24.65	22.9	21.85	25.8	24.2
Av. San Martin	este-oeste	23.65	24.05	24.95	23.25	22.4	23.05	24.45	22.65
	oeste-este	23.8	25.2	24.15	23.3	23.75	24.05	24.1	23.25
Jr. Tonsman	este-oeste	23.2	23.8	24.35	25.8	23	23.5	24.1	25.7
	oeste-este	24.85	22.5	26.8	24.55	24.65	22.1	26.15	24.3
Av. Gullman	este-oeste	20.55	20.45	21.3	21.4	19.4	19.4	20.7	20.8
	oeste-este	21.7	21.25	20.85	20.75	21.35	20.9	20.5	20.5

Nota. Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 108 conforme se llega al tiempo máximo de estudio, las velocidades tienden a disminuir debido al aumento de los vehículos en 5.5 % para 5 años y de 11.35% para 10 años como se muestra en la Tabla 104. A pesar del incremento vehicular esperado incorporar un sistema de sincronización semafórica en la Av. Miguel Grau ayuda a que las velocidades en casi todas intersecciones se mantengan entre 20 m/s y 30 m/s, esta última ha sido elegida como velocidad de diseño.

En la investigación se ha tomado la dirección de este a oeste como la dirección de mayor congestionamiento por lo que es el sentido del flujo con menores valores de velocidad conforme transcurran los años lo cual era de esperarse, esta reducción de velocidad es más evidente cuando usamos un sistema de sincronización balanceada en cambio cuando usamos la sincronización dándole prioridad a este sentido las velocidades en ambos sentidos se mantienen más próximas.

De todos los accesos estudiados el este de la Av. Gullman es el que presenta los valores de velocidad más reducidos esto se debe a que por ser una intersección compleja demanda de un sistema sincronizado tanto en la Av. Gullman como en la Av. Miguel Grau, con ello los niveles de servicio y velocidades tendrían valores más adecuados en ambas direcciones.

A continuación, se presenta la Tabla 109 donde se puede visualizar las variaciones que sufre la velocidad respecto a la velocidad de diseño para 5 y 10 años respectivamente.

Tabla 109

Porcentaje de variación en las velocidades a futuro

PORCENTAJE DE VARIACIÓN RESPECTO A LA VELOCIDAD DE DISEÑO (30 KM/H)									
Periodo de tiempo		5 años				10 años			
		Sincronización Volumen actual		Sincronizacion -Anillo Vial		Sincronización Volumen actual		Sincronizacion -Anillo Vial	
INTERSECCION	ESCENARIOS	Sincronizacion Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto	Sincronización Balanceada	Direccion con mayor congestionamieto
Av. Sullana	este-oeste	31.00	32.17	31.17	33.17	31.33	32.33	31.50	33.33
	oeste-este	13.83	22.67	14.83	23.67	14.17	23.33	15.17	23.67
Av. Richard Cushing	este-oeste	25.17	26.50	17.33	15.17	28.83	30.17	17.83	15.67
	oeste-este	20.33	24.17	13.00	17.83	23.67	27.17	14.00	19.33
Av. San Martin	este-oeste	21.17	19.83	16.83	22.50	25.33	23.17	18.50	24.50
	oeste-este	20.67	16.00	19.50	22.33	20.83	19.83	19.67	22.50
Jr. Tonsman	este-oeste	22.67	20.67	18.83	14.00	23.33	21.67	19.67	14.33
	oeste-este	17.17	25.00	10.67	18.17	17.83	26.33	12.83	19.00
Av. Gullman	este-oeste	31.50	31.83	29.00	28.67	35.33	35.33	31.00	30.67
	oeste-este	27.67	29.17	30.50	30.83	28.83	30.33	31.67	31.67

Nota. Elaboración propia

Analizando la Tabla 109 podemos observar la variación porcentual de las velocidades respecto a la velocidad de diseño conforme transcurran los años que se han planteado para la investigación, comparando los escenarios y alternativas propuestas se puede deducir que para 5 y 10 años la sincronización balanceada tendrá los valores más bajos de variación por lo que es la que puede mantener velocidades en los accesos más próximos a la 30 km/h.

Capítulo 5. Ciclovía en Av. Miguel Grau

5.1. Propuesta técnica con ciclovía.

Actualmente se vienen desarrollando proyectos que buscan implementar y fomentar un sistema alternativo de transporte, entre ellos tenemos:

- ✓ Mejoramiento del servicio de movilidad urbana de la avenida Grau y su prolongación de los distritos de Piura y Veintiséis de octubre, provincia y departamento de Piura. (Timaná, 2021)
- ✓ Plan de Desarrollo Urbano de los Distritos de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 (Municipalidad Provincial de Piura, 2014).

Tomando en cuenta la proyección a futuro es necesario considerar la integración de estos proyectos de manera que se busca la implementación de una ciclovía. Por ello, se analiza el comportamiento de una ciclovía en la Av. Miguel Grau frente a diferentes condiciones de trabajo en el tramo de estudio.

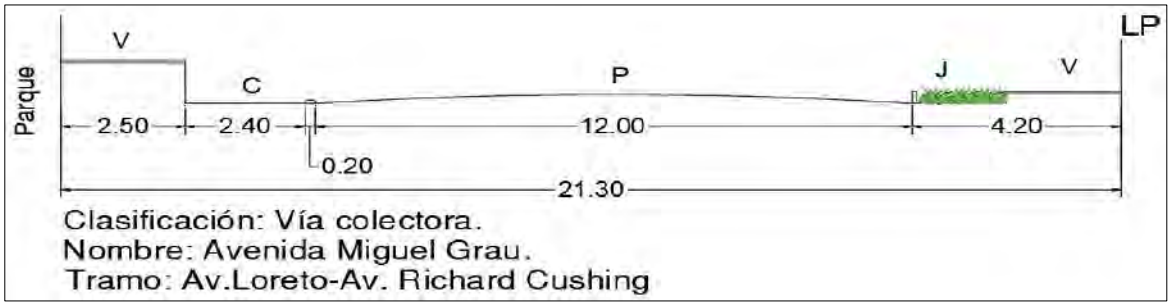
La calzada de la Av. Miguel Grau cuenta con un ancho de 12.80 m en gran parte de su recorrido ante ello se propone, implementar una ciclovía en el lado de izquierdo de la avenida debido a que hay mayor continuidad de las áreas verdes y uniformidad en las dimensiones de la vereda, además tomando ese lado no se obstruye el paso del hospital ni el del grifo.

Se modificaron las dimensiones de los carriles los cuales, actualmente, tienen un ancho de 3.20 m, pero con el funcionamiento de la ciclovía tendrán un ancho de 3.00 m.

A continuación, en la Figura 149, Figura 150, Figura 151 y Figura 152 se muestran las diferentes secciones viales en diferentes tramos de la zona de estudio.

Figura 149

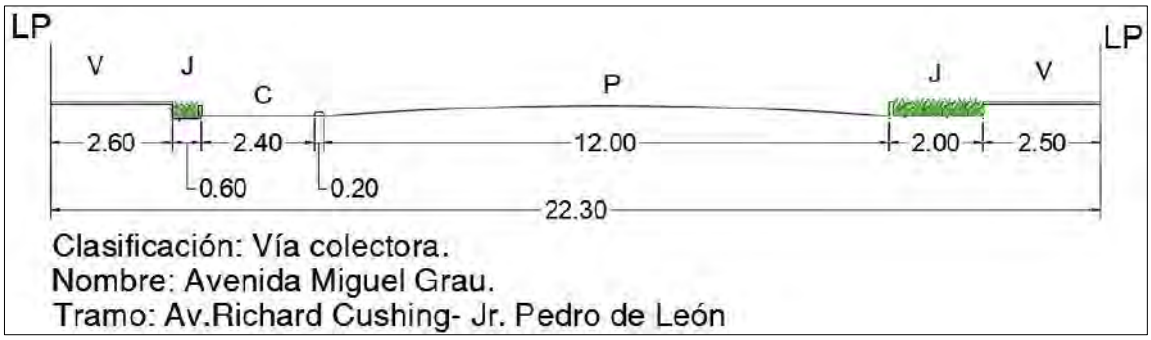
Sección vial de ciclovía, tramo Av. Loreto hasta Av. Richard Cushing



Nota. Elaboración propia

Figura 150

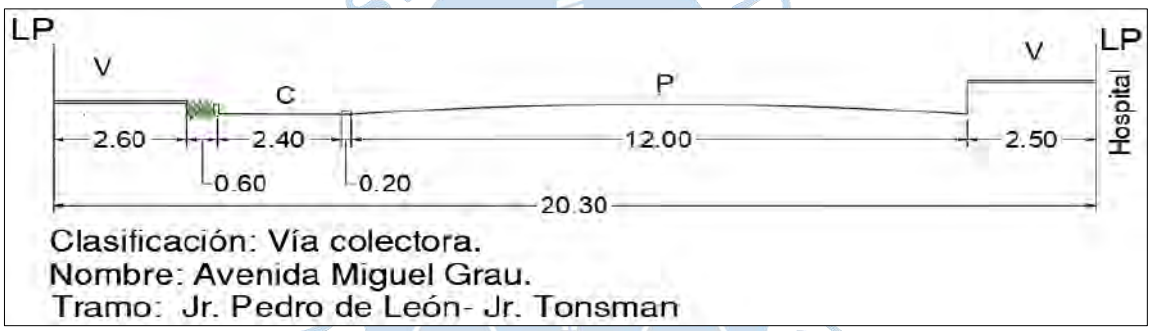
Sección vial de ciclovía, tramo Av. Richard Cushing hasta Jr. Pedro de León



Nota. Elaboración propia

Figura 151

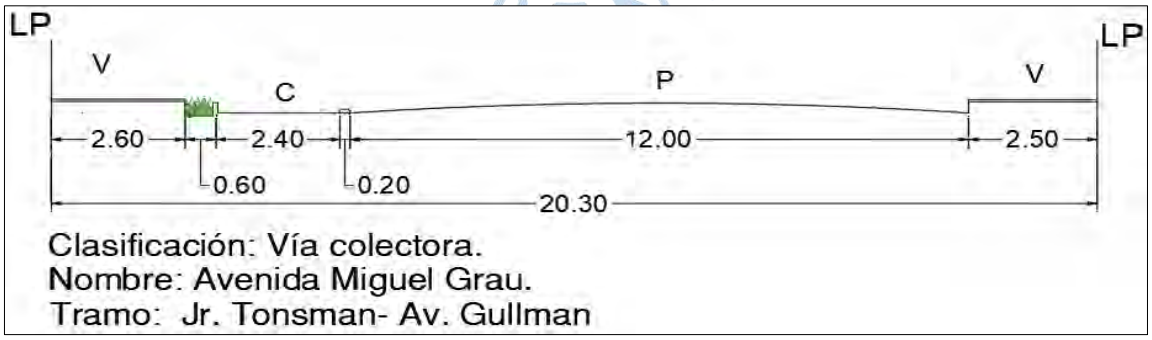
Sección vial de ciclovía, tramo Jr. Pedro de León hasta Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia

Figura 152

Sección vial de ciclovía, tramo Jr. Tonsman hasta Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

La ciclovía tendrá dos sentidos de circulación cumpliendo con la medida mínima de circulación de la tabla 110 la cual se ha obtenido de la norma de Colombia (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016), ya que en nuestro país no se cuentan con especificaciones técnicas para el dimensionamiento en el diseño de ciclovías.

Tabla 110

Dimensiones carril de ciclo vía

	1 SENTIDO DE CIRCULACIÓN (m)	1 SENTIDO MÁS ADELANTAMIENTO (m)	2 SENTIDOS DE CIRCULACIÓN (m)
Mínima	1,40	1,60	2,20
Recomendable	1,60	2,00	2,60

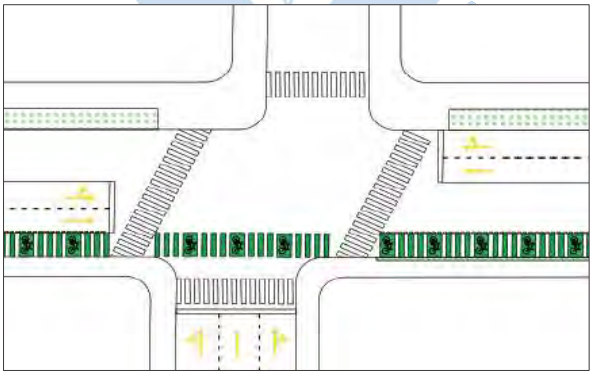
Nota. Ministerio de Transportes de Colombia (2016. p. 95)

A partir de lo planteado para el diseño para un mejor entendimiento de la trayectoria de la ciclovía en la Av. Miguel Grau se muestra a continuación, el recorrido del carril utilizado para la ciclovía en todas las intersecciones, este carril usado se visualiza de color verde en cada vista de planta.

- Intersección con Av. Sullana: Inicio de ciclovía.

Figura 153

Vista de planta intersección con Av. Sullana



Nota. Elaboración propia

- Intersección con Av. Richard Cushing:

Figura 154

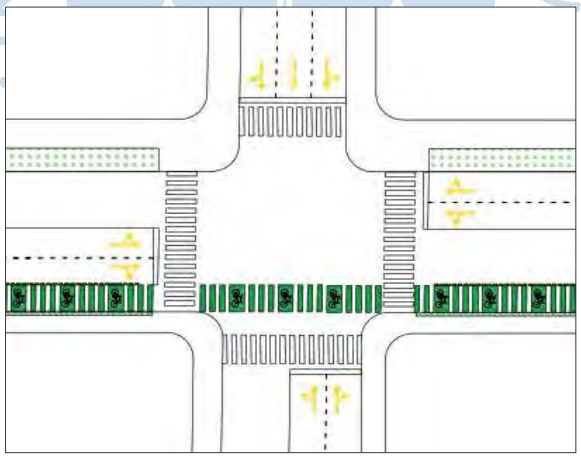
Vista de planta intersección con Av. Richard C

Nota. Elaboración propia

- Intersección con Av. San Martin:

Figura 155

Vista de planta intersección con Av. San Martin

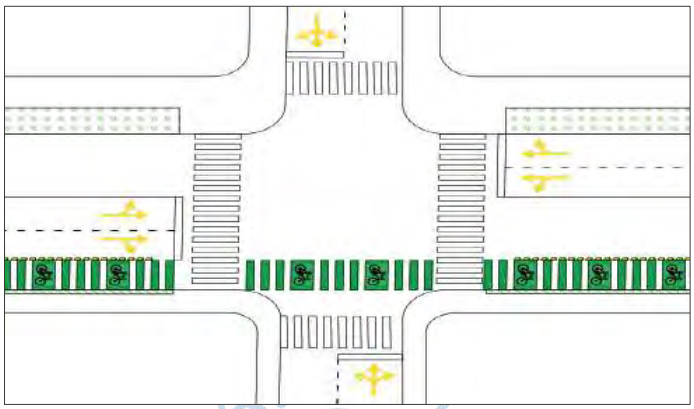


Nota. Elaboración propia

- Intersección con Jr. Tonsman:

Figura 156

Vista de planta intersección con Jr. Tonsman



Nota. Elaboración propia

- Intersección con Av. Gullman:

La ciclovía recorre la Av. Miguel Grau, debido a las condiciones geométricas es posible la continuidad de la ciclovía hasta la Av. Prolongación Miguel Grau. Tal como se muestra en la Figura 157.

Figura 157

Vista de planta intersección con Av. Gullman

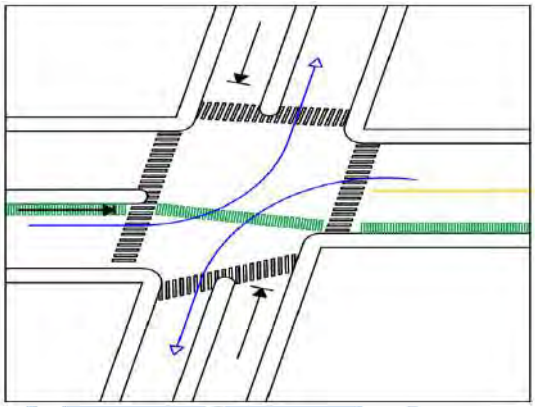
Nota. Elaboración propia

A continuación, se muestra el orden de las fases vehiculares y su interacción con la fase que permite el movimiento de los ciclistas por la ciclovía.

La primera fase permite el giro a la izquierda de los accesos de la Av. Miguel Grau mientras el flujo de los demás accesos permanece detenido al igual que el movimiento de los ciclistas, tal como se observa en la Figura 158.

Figura 158

Primera fase vehicular

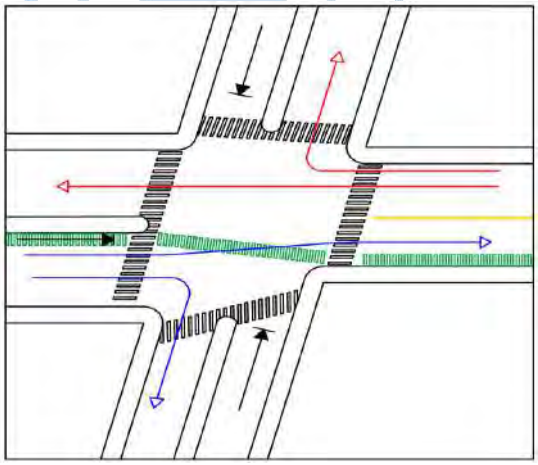


Nota. Elaboración propia

La segunda fase vehicular permite el movimiento del flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau a excepción de los giros a la izquierda, se restringe el flujo vehicular en la Av. Gullman al igual que el movimiento de los ciclistas en la ciclovía, tal y como se aprecia en la Figura 159.

Figura 159

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau

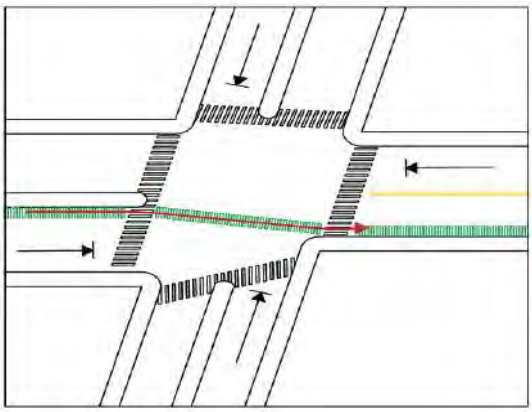


Nota. Elaboración propia

Culminada la segunda fase vehicular, inicia el tránsito de los ciclistas por la ciclovía cruzando la intersección de manera segura ya que durante este tiempo se restringe la circulación vehicular en los accesos de la Av. Gullman y la Av. Miguel Grau tal como se visualiza en la Figura 160.

Figura 160

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau

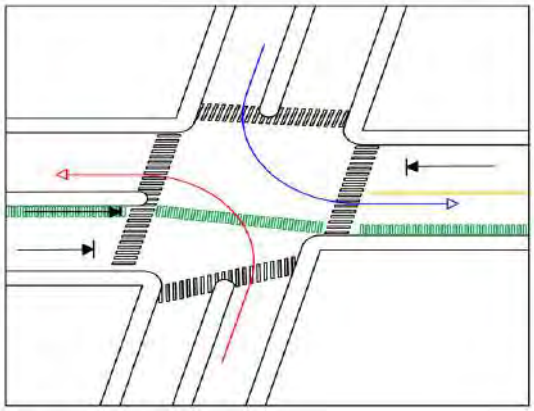


Nota. Elaboración propia

La tercera fase vehicular permite el giro a la izquierda en los accesos de la Av. Gullman, mientras que el flujo en los accesos de la Av. Miguel Grau permanece restringido, así como el pase de ciclistas por la ciclovía, tal y como se aprecia en la Figura 161.

Figura 161

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau

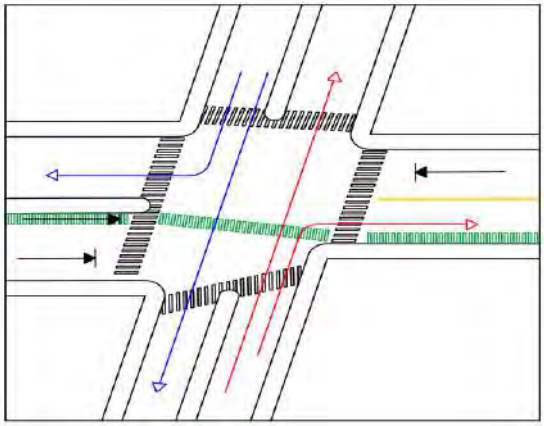


Nota. Elaboración propia

La cuarta fase graficada en la Figura 162 permite el flujo en los accesos de la Av. Gullman a excepción de los giros a la izquierda, el flujo de la Av. Miguel Grau permanece detenido al igual que el pase de ciclistas por la ciclovía.

Figura 162

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau

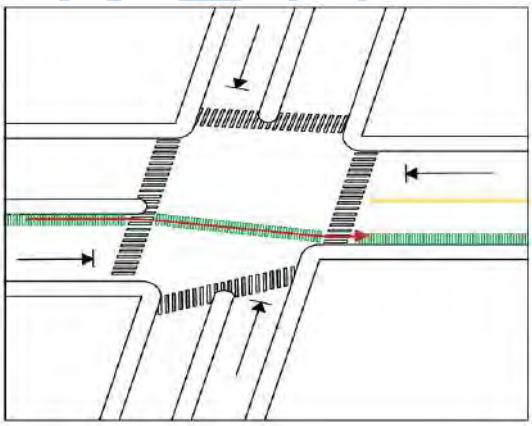


Nota. Elaboración propia

Finalizada la cuarta fase vehicular se da paso al movimiento de los ciclistas por la ciclovía cruzando la intersección de manera segura; durante este tiempo se prohíbe la circulación vehicular proveniente de los accesos de la Av. Gullman y la Av. Miguel Grau tal como se visualiza en la Figura 163.

Figura 163

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau



Nota. Elaboración propia

Bajo las condiciones de diseño, el inicio de la ciclovía tendría la siguiente perspectiva:

Figura 164

Propuesta de ciclovía intersección con Av. Sullana

Nota. Elaboración propia

Así mismo en la Figura 165 se representa la implementación de la ciclovía en la intersección con Av. Gullman.

Figura 165

Propuesta de ciclovía intersección con Av. Gullman

Nota. Elaboración propia

Elementos segregadores:

Son usados para separar los carriles usados por los ciclistas del flujo vehicular, estos elementos varían según las necesidades de separación o del espacio que se disponga por lo que pueden colocarse tachones, bordillos, hitos, mobiliario urbano como bancas o zonas verdes.

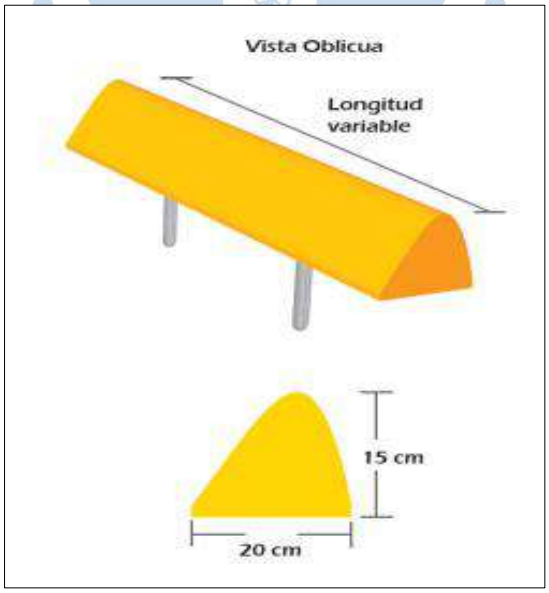
La elección de los elementos a implementar en la ciclovía depende también del costo, bajo este enfoque entre los más económicos encontramos a los bordillos que impiden el ingreso de motocicletas.

Los bordillos (ver figura 166) pueden ser de concreto o plástico, su instalación es de manera alternada con una distancia variable entre 0.50 m a 1.00 m, esto con el fin de permitir la canalización de los ciclistas que puedan incorporarse o salir de la ciclovía. Estos elementos deben brindar una adecuada visibilidad más aún de noche por ello es necesario que se adhieran bandas refractivas.

La ciclovía que recorre la Av. Miguel Grau usará bordillos de concreto y estarán separados a 0.50 m.

Figura 166

Bordillos separadores



Nota. Tomado del Manual de Señalización Vial de Colombia (2015; citado en Ministerio de Transportes de Colombia, 2016, p. 165)

5.1.1 Evaluación de ciclovía con Synchro 8.0.

Para analizar esta propuesta se ha modelado en el software Synchro 8.0 la ciclovía, para ello se mantiene el número de carriles, pero cambian de dimensión tal como se ha mencionado anteriormente. A continuación, en la Figura 167 se muestra la vista de planta de las intersecciones con la ciclovía la cual es señalada mediante las líneas de color amarillo.

Figura 167

Propuesta de ciclovía en Av. Miguel Grau

Nota. Elaboración propia

Se observa que la ciclovía es discontinua en la intersección con Av. Gullman debido a que del lado oeste en la Av. Prolongación Miguel Grau se optaría por colocar la ciclovía en el área verde. Ante esta problemática se ha considerado en el diseño semafórico de la intersección una nueva fase que se desarrollará en el tiempo de todo rojo, esto permite que los vehículos se detengan en todos los accesos de la intersección y los ciclistas crucen de manera segura.

Esta fase tendrá un tiempo de 6 segundos el cual fue calculado tomando la velocidad promedio de un ciclista igual a 18 km/ h la cual fue tomada del Plan de movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura (Martínez et al., 2019), otro dato usado fueron las distancias que deben recorrer los ciclistas para cruzar por completo las intersecciones estudiadas las cuales podemos encontrar en la Figura 92, Figura 100, Figura103, Figura 111 y Figura 118 del capítulo 3.

La implementación de esta fase tendrá un mayor beneficio, ya que permite el paso de bicicletas y evita el conflicto con peatones.

Incorporar fases adicionales para un sistema que cuenta con una ciclovía puede aumentar los retrasos en los vehículos generando conflictos de tráfico, por ello, actualmente se opta por utilizar semáforos para ciclistas basados en la demanda de esta manera se evita activar una fase cuando no haya usuarios en la ciclovía, la ventaja de estos semáforos es que se logran reducir las demoras y los retrasos que puedan generarse al incorporar nuevas fases.

Definida la geometría de la ciclovía y las consideraciones de diseño se han evaluado diferentes escenarios y cuál sería la mejor sincronización de semáforos para cada uno, de esta manera se busca mostrar el comportamiento de la Av. Miguel Grau frente a distintas posibilidades de trabajo. Los escenarios que se evalúan son los siguientes:

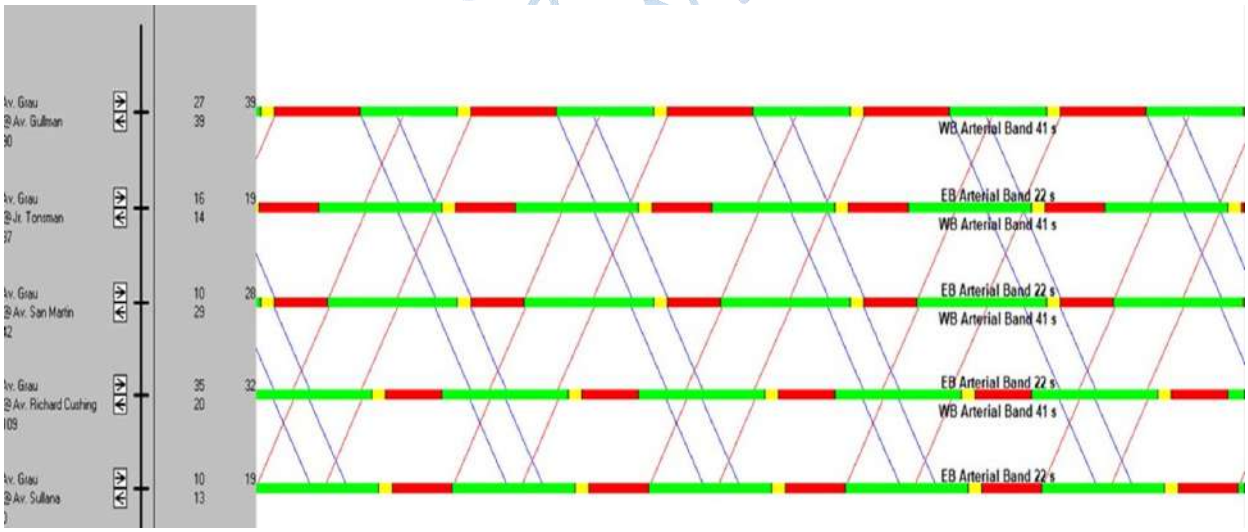
Primer escenario: Volumen de tráfico actual

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de tráfico al implementar una nueva fase para la ciclovía en cada intersección se optó por la sincronización de semáforos en ambos sentidos ya que es con la que se obtienen los mejores valores de servicio.

Se observa en el diagrama de la Figura 168 de tiempo versus espacio de la sincronización semafórica que se logra una correcta secuencia de tiempos de verde para ambos sentidos de circulación de la Av. Miguel Grau, se utiliza un ancho de banda igual a 41 segundos para los vehículos que se dirigen de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman y una banda con 22 segundos para los vehículos que circulan en sentido contrario.

Figura 168

Diagrama tiempo espacio - Sincronización volumen actual con ciclovía



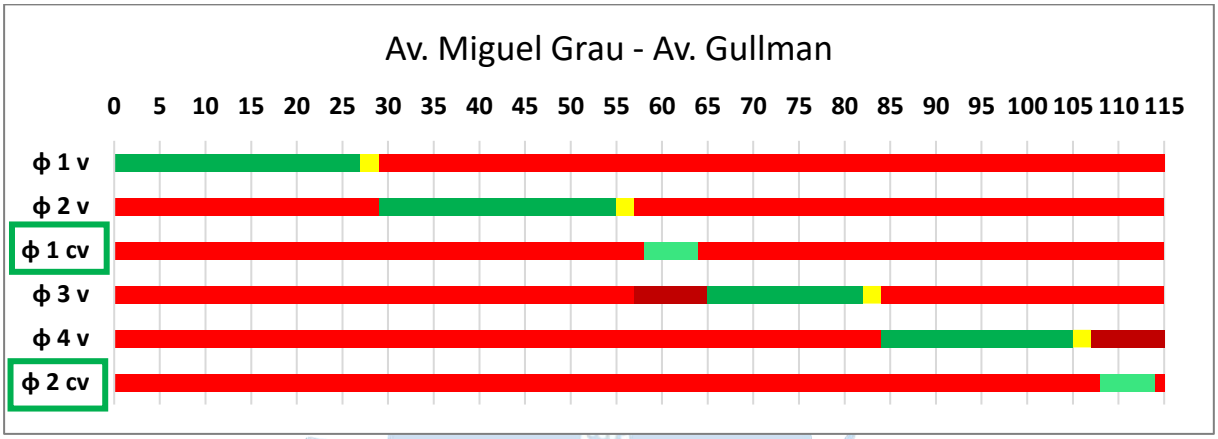
Nota. Elaboración propia

A continuación, para una mejor visualización se muestra en la Figura 169 el ciclo semafórico para la intersección con la Av. Gullman ya que es donde se presenta la discontinuidad de la Av. Miguel Grau.

En la Figura 169 se puede apreciar la interacción de las 4 fases vehiculares (Φ1v, Φ2v, Φ3v, Φ4v) con las fases de la ciclovía (Φ1cv, Φ2cv).

Figura 169

Ciclo semafórico del primer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman

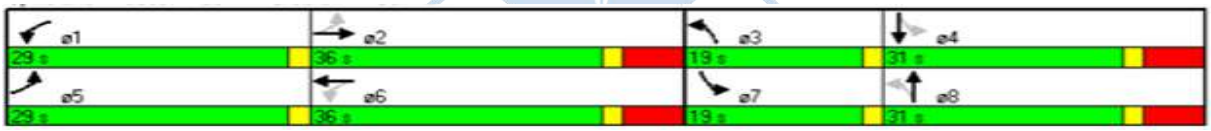


Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 115 segundos como se muestra en la Figura 170.

Figura 170

Ciclo semafórico del primer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 111 se muestran los intervalos de tiempo para cada fase semafórica

Tabla 111

Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman.

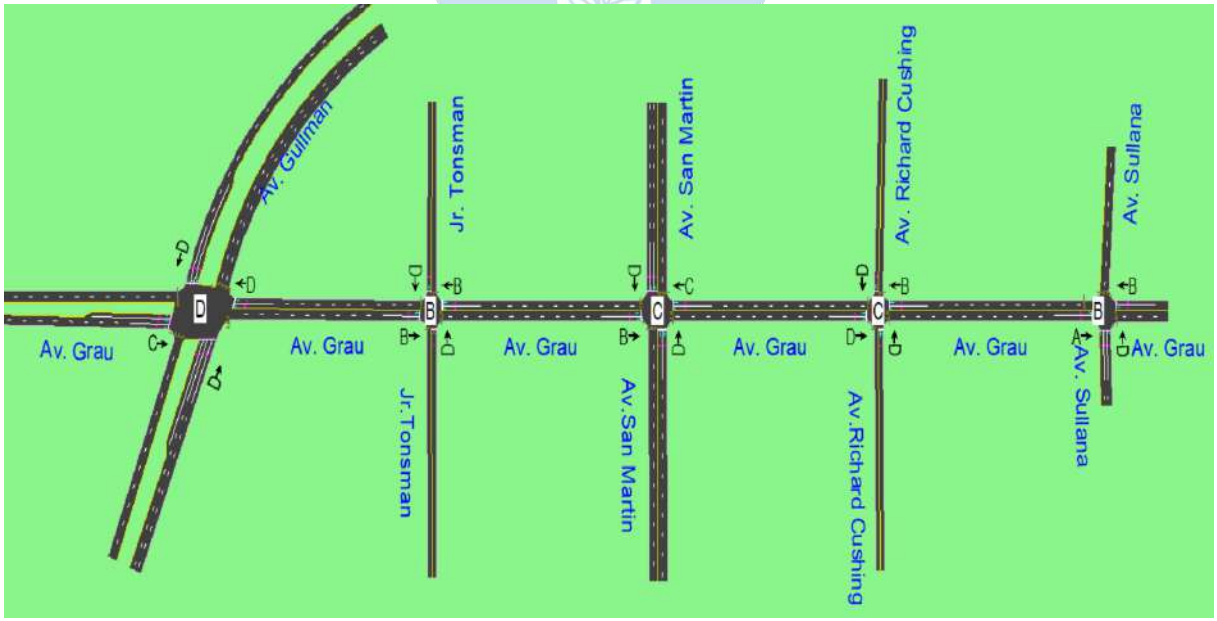
Tiempos semafóricos (Seg)				
Vehicular	**FASE 1**	**FASE 2**	**FASE 3**	**FASE 4**
Verde	27	26	17	21
Amarillo	2	2	2	2
Todo Rojo	0	8	0	8
Tiempo por fase	29	36	19	31
Ciclo total	115			
Ciclovía	**FASE 1**		**FASE 2**	
Verde	6		6	
Rojo	109		109	
Ciclo total	115			

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 171 se muestran los niveles servicio obtenidos en cada intersección, así como los valores para cada acceso.

Figura 171

Niveles de servicio por acceso - Volumen actual ciclovía



Nota. Elaboración propia

Integrar la sincronización balanceada de semáforos junto al funcionamiento de una ciclovía permite obtener los niveles de servicio que se muestran en la Figura 171, la Av. Miguel Grau obtiene valores B y C en la mayoría de sus accesos a excepción de la Intersección con Av. Gullman donde se obtiene un nivel D, para que esta intersección tenga mejor desempeño es recomendable sincronizar los semáforos en sentido de la Av. Gullman.

En la Tabla 112 se muestran los niveles de servicio y la relación v/c como parámetros para analizar el comportamiento de la ciclovía cuando no hay restricción alguna de vehículos como ocurre actualmente.

Tabla 112

Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con volumen de tráfico actual

INTERSECCION	ESCENARIOS	Propuesta Volumen Actual	5 Años	10 Años
Av. Sullana	Nivel de servicio	B (19.40)	C (20.70)	C (22.70)
	Relacion v/c	0.77	0.81	0.85
Av. Richard Chushing	Nivel de servicio	C (32.00)	D (42.10)	E (63.90)
	Relacion v/c	0.86	0.92	1.02
Av. San Martin	Nivel de servicio	C (28.30)	C (34.30)	D (51.30)
	Relacion v/c	0.88	0.95	1.02
Jr. Tonsman	Nivel de servicio	B (18.80)	C (20.50)	C (22.40)
	Relacion v/c	0.72	0.76	0.81
Av. Gullman	Nivel de servicio	D (39.10)	D (47.20)	E (60.20)
	Relacion v/c	0.97	1.03	1.10

Nota. Elaboración propia

Bajo condiciones actuales de tránsito vehicular se obtienen buenos niveles de servicio en las intersecciones, ya que el tiempo en las demoras disminuye. Otro aspecto importante a señalar es que las intersecciones trabajan por debajo de su máxima capacidad al implementar un carril de ciclovía en la Av. Miguel Grau.

Las condiciones de tránsito se mantienen favorables para un periodo de 5 años, pero se evidencia que a pesar de alcanzar niveles de servicio casi estables hay un mayor aumento en las demoras, la intersección donde se alcanza el mayor aumento de tiempo en las demoras

es con las Av. Richard Cushing logrando un incremento de 10 segundos. A 5 años las intersecciones se están acercando a utilizar su máxima capacidad tal como lo demuestra la relación v/c.

Para 10 años tres de las cinco intersecciones superan los niveles máximos de capacidad además alcanzan valores de servicio menos aceptables como es el caso de la Av. Richard Cushing, Av. San Martin y la Av. Gullman.

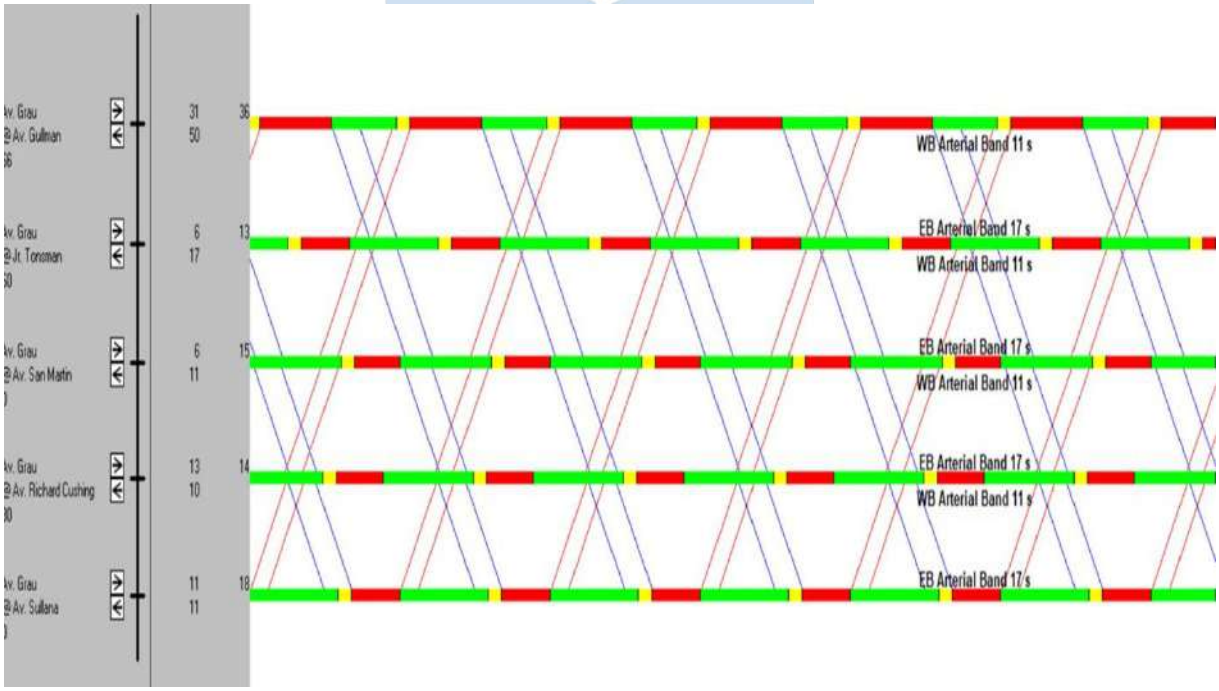
Segundo escenario: Anillo vial de mototaxis.

En este escenario se evalúa el funcionamiento que tendría la Av. Miguel Grau al trabajar la ciclovía junto a la ordenanza del anillo vial para motos mototaxis.

Como parte del análisis para tener mejores resultados es necesario optar por tener la sincronización balanceada de semáforos. A continuación, se muestra, en a Figura 172 el diagrama tiempo espacio obtenido con el sentido del flujo de análisis.

Figura 172

Diagrama tiempo espacio - Sincronización con anillo vial y ciclovía



Nota. Elaboración propia

Se observa en el diagrama de tiempo versus espacio de la sincronización semafórica que se logra una correcta secuencia de tiempos de verde para ambos sentidos de circulación de la Av. Miguel Grau, se utiliza un ancho de banda igual a 11 segundos para los vehículos que

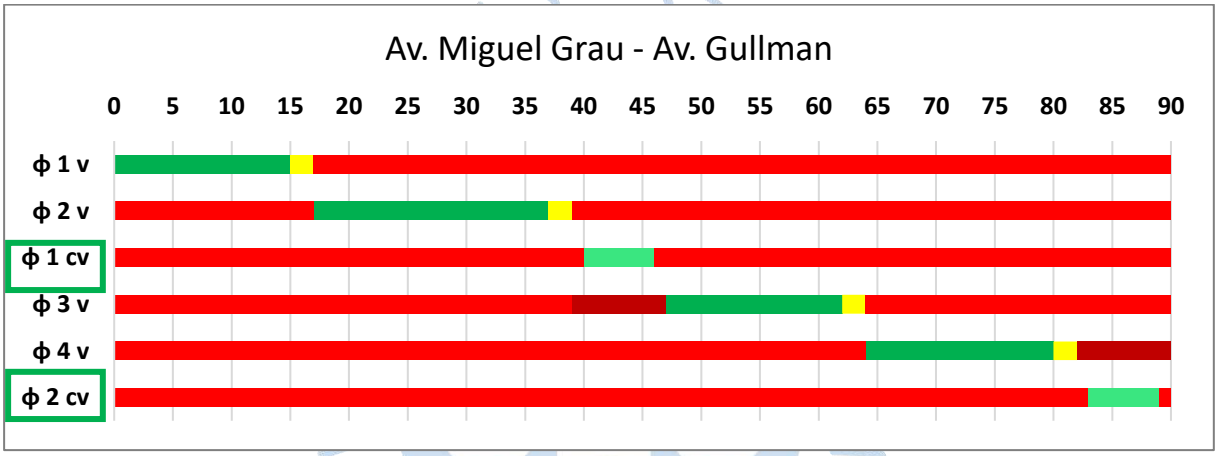
se dirigen de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman y una banda con 17 segundos para los vehículos que circulan en sentido contrario.

A continuación, para una mejor visualización se muestra en la Figura 173 el ciclo semafórico para la intersección con la Av. Gullman ya que es donde se presenta la discontinuidad de la Av. Miguel Grau.

En la Figura 173 se puede apreciar la interacción de las 4 fases vehiculares (Φ1v, Φ2v, Φ3v, Φ4v) con las fases de la ciclovía (Φ1cv, Φ2cv).

Figura 173

Ciclo semafórico del segundo escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman

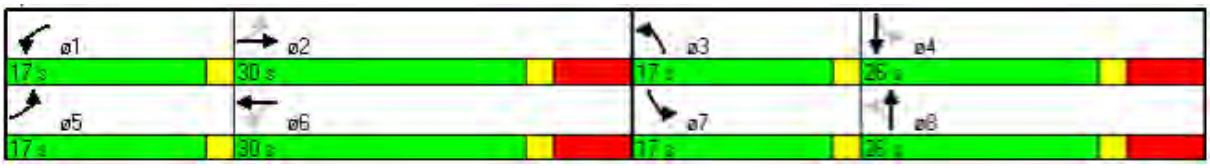


Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 90 segundos como se muestra en la Figura 174.

Figura 174

Ciclo semafórico del segundo escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 113 se muestran los intervalos de tiempo para cada fase semafórica

Tabla 113

Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman.

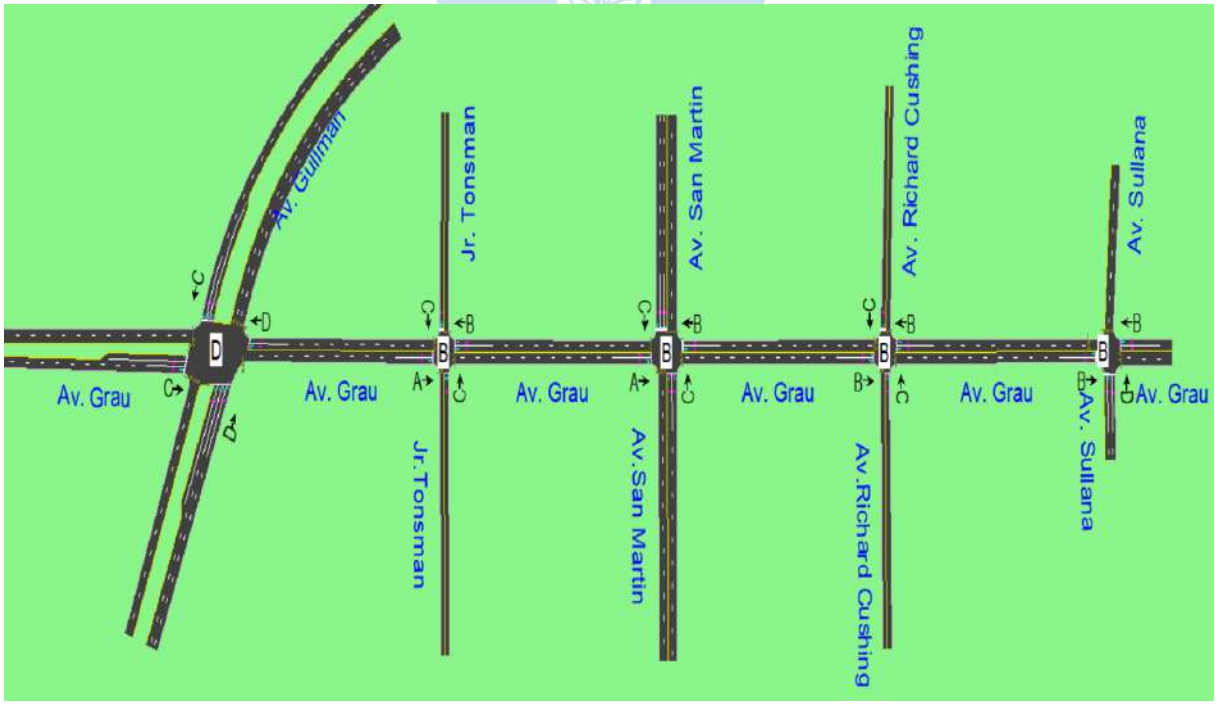
Tiempos semafóricos (Seg)				
Vehicular	**FASE 1**	**FASE 2**	**FASE 3**	**FASE 4**
Verde	15	20	15	16
Amarillo	2	2	2	2
Todo Rojo	0	8	0	8
Tiempo por fase	17	30	17	26
Ciclo total	90			
Ciclovía	**FASE 1**		**FASE 2**	
Verde	6		6	
Rojo	84		84	
Ciclo total	90			

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 175, se muestran los niveles servicio obtenidos en cada intersección, así como los niveles de servicio para cada acceso.

Figura 175

Niveles de servicio por acceso - Volumen actual - Ciclovía



Nota. Elaboración propia

El anillo vial permite un mejor control del tránsito y un mejor desarrollo de la ciclovía en su recorrido como se visualiza en la Figura 175, en la mayoría de los accesos de la Av. Miguel Grau se obtienen valores de servicio A y B en ambas direcciones del flujo. Cuatro de las cinco intersecciones de estudio alcanzan un nivel B de servicio global.

En la Tabla 114 se muestran los niveles de servicio y la relación v/c como parámetros para analizar el comportamiento de la ciclovía al implementar el anillo vial de motos lineales y mototaxis.

Tabla 114

Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con anillo vial

INTERSECCION	ESCENARIOS	Propuesta Volumen Actual	5 Años	10 Años
Av. Sullana	Nivel de servicio	B (17.60)	B (18.10)	B (18.90)
	Relacion v/c	0.70	0.74	0.78
Av. Richard Chushing	Nivel de servicio	B (13.60)	B (14.90)	B (16.60)
	Relacion v/c	0.73	0.77	0.82
Av. San Martin	Nivel de servicio	B (15.40)	B (16.30)	B (17.50)
	Relacion v/c	0.68	0.72	0.78
Jr. Tonsman	Nivel de servicio	B (13.00)	B (13.30)	B (13.60)
	Relacion v/c	0.56	0.59	0.63
Av. Gullman	Nivel de servicio	D (35.50)	D (41.10)	D (51.80)
	Relacion v/c	0.90	0.96	1.04

Nota. Elaboración propia

Evaluando la implementación del anillo vial para mototaxis se presentan niveles de servicio B en la mayoría de las intersecciones para un periodo de 5 años, lo cual indica que Los conductores lograrán mantener la velocidad deseada para la sincronización.

Podemos conocer como mejora el servicio y las demoras para las intersecciones cuando se implementan nuevos criterios de planificación en los vehículos que circulan por la Av. Miguel Grau, esto ayuda a que no se sobrepase la máxima capacidad de cada intersección lo cual es importante ya que habrá una mayor interacción entre vehículos, ciclistas y peatones.

El tener un sistema de sincronización balanceada permite alcanzar buenos niveles de servicios aún a 10 años.

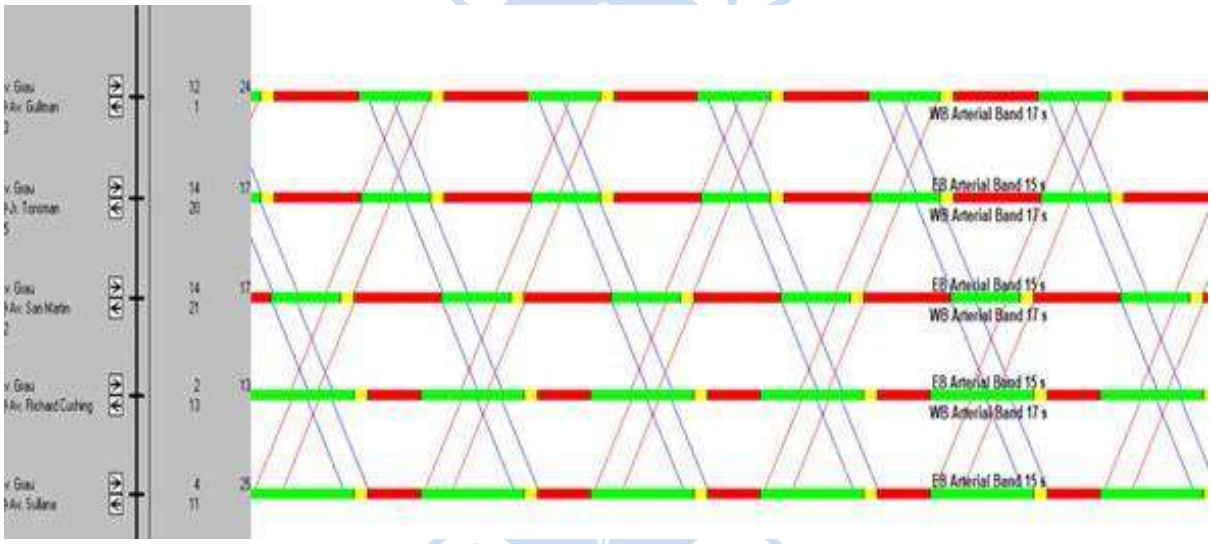
Los resultados para este escenario son más favorables que en el escenario anterior.

Tercer escenario: Restricción de vehículos particulares:

En esta opción se busca una eventual propuesta de planificación futura, en ella se propone una ruta de desvío para los vehículos particulares dando prioridad al trayecto del transporte público conformado por buses que recorren el tramo estudiado. A continuación, en la Figura 176 se muestra la sincronización semafórica en el tramo de estudio.

Figura 176

Diagrama tiempo espacio - Sincronización con restricción particulares



Nota. Elaboración propia

Tomando en cuenta un plan que priorice el recorrido del transporte público se ha proyectado en la Figura 177 el desvió que tendrían los vehículos particulares que transitan por la Av. Miguel Grau, aquellos que se dirigen de la Av. Sullana hacia la Av. Gullman, al llegar a la Av. Richard Cushing se desviarían hacia la Av. Bolognesi mientras que los vehículos que se dirigen en dirección contraria se van a dirigir hacia la Av. Sánchez Cerro. Tomando estas medidas se mejorarían las condiciones para el transporte público en la Av. Miguel Grau con la implementación de una ciclovía.

Figura 177

Propuesta con desvío vehicular

Nota. Elaboración propia

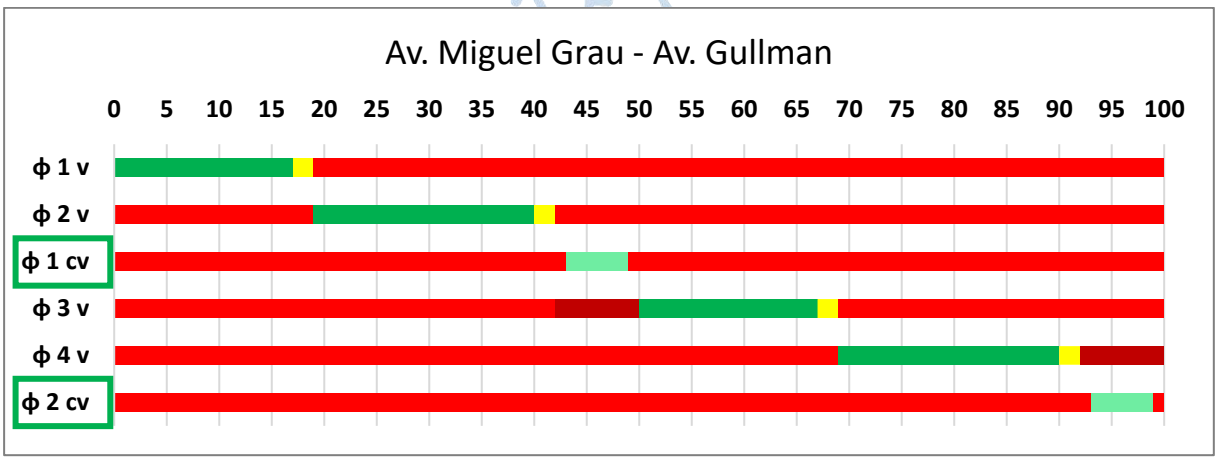
El diagrama de tiempo versus espacio muestra una buena sincronización en el tramo que sólo transitan los buses encargados de brindar el transporte público, además se logra sincronizar de manera simultánea el tráfico.

A continuación, para una mejor visualización se muestra en la Figura 178 el ciclo semafórico para la intersección con la Av. Gullman ya que es donde se presenta la discontinuidad de la Av. Miguel Grau.

En la Figura 178 se puede apreciar la interacción de las 4 fases vehiculares (Φ1v, Φ2v, Φ3v, Φ4v) con las fases de la ciclovía (Φ1cv, Φ2cv).

Figura 178

Ciclo semafórico del tercer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman

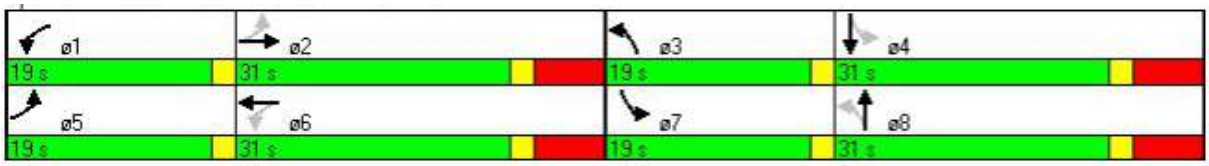


Nota. Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de 100 segundos como se muestra en la Figura 179.

Figura 179

Ciclo semafórico del tercer escenario con ciclovía de la Av. Miguel Grau con Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 115 se muestran los intervalos de tiempo para cada fase semafórica

Tabla 115

Tiempo para cada fase semafórica, intersección Av. Miguel Grau con Av. Gullman.

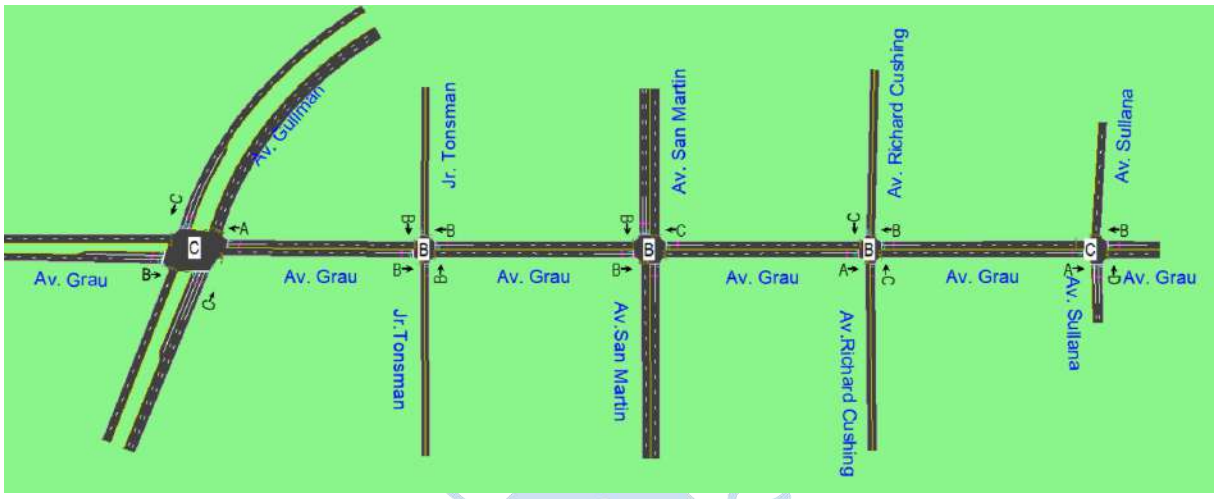
Tiempos semafóricos (Seg)				
Vehicular	**FASE 1**	**FASE 2**	**FASE 3**	**FASE 4**
Verde	17	21	17	21
Amarillo	2	2	2	2
Todo Rojo	0	8	0	8
Tiempo por fase	19	31	19	31
Ciclo total	100			
Ciclovia	**FASE 1**		**FASE 2**	
Verde	6		6	
Rojo	94		94	
Ciclo total	100			

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 180 se muestran los niveles servicio obtenidos en cada intersección, así como los valores para cada acceso.

Figura 180

Niveles de servicio por acceso - Volumen actual - Ciclovía



Nota. Elaboración propia

Esta propuesta de planificación ayuda a crear un corredor que tenga como prioridad el transporte público, lo interesante de esta propuesta es que se puede reducir el número de taxis o colectivos que transitan la Av. Miguel Grau pues se fomenta un transporte con mayor capacidad para transportar al usuario, además se contará con una avenida que brindará mejores condiciones de tránsito tal como se ve en la Figura 180, se alcanzan niveles de servicio A y B en la mayor parte de los accesos.

En la Tabla 116 se muestran los niveles de servicio y la relación v/c como parámetros para analizar el comportamiento de la ciclovía con propuesta de desvío de vehículos particulares.

Tabla 116

Resumen de parámetros obtenidos de la sincronización con desvío de vehículos particulares

INTERSECCION	ESCENARIOS	Propuesta Volumen Actual	5 Años	10 Años
Av. Sullana	Nivel de servicio	C (24.60)	C (25.40)	C (26.60)
	Relacion v/c	0.72	0.76	0.80
Av. Richard Chushing	Nivel de servicio	B (12.70)	B (13.30)	B (14.50)
	Relacion v/c	0.68	0.72	0.76
Av. San Martin	Nivel de servicio	B (17.50)	B (17.60)	B (17.70)
	Relacion v/c	0.11	0.11	0.12
Jr. Tonsman	Nivel de servicio	B (17.20)	B (17.40)	B (17.50)
	Relacion v/c	0.08	0.09	0.09
Av. Gullman	Nivel de servicio	C (24.10)	C (25.20)	C (26.60)
	Relacion v/c	0.81	0.79	0.83

Nota. Elaboración propia

Los valores obtenidos permiten observar cómo bajo la propuesta de restricción de vehículos particulares si aplicamos un plan de desvío se obtienen buenos niveles de servicio al implementar una ciclovía.

Se logra disminuir la demora y mejorar el nivel de servicio en la intersección con Av. Gullman la cual presenta problemas de congestionamiento vehicular además presenta menor relación v/c en comparación con las anteriores propuestas.

Las intersecciones entre la Av. San Martin y el Jr. Tonsman tienen un mejor desempeño lo cual se ve reflejado en los valores de la relación v/c.

Esta propuesta tiene buenos valores de servicio en el tiempo proyectado de diseño, lo que nos permite concluir que es una buena alternativa al integrarla con el uso de la ciclovía en la Av. Miguel Grau.

Conclusiones

Se realizó el diagnóstico actual de la Av. Miguel Grau encontrándose condiciones deficientes de servicio, así como también una falta de control en la gestión vehicular esto origina problemas de congestionamiento por lo que urge mejorar el servicio de movilidad urbana.

El trabajo ha servido para concluir que los tipos de semáforos que se están usado no son reglamentarios, ya que no se encuentran estipulados en ninguna norma técnica del país, por lo tanto, no se deberán utilizar en las alternativas de solución propuestas en esta investigación.

Tras el análisis de los resultados con el HCM 2010 (Transportation Research Board, 2010) y Synchro 8.0 concluimos que influye mucho la simulación de un sistema conformado por diferentes intersecciones semaforizadas y los resultados que se obtienen al analizar intersecciones aisladas ya que en ambas cambia su comportamiento por diferentes factores de análisis.

La intersección entre la Av. Miguel Grau y Av. Gullman es la que tiene mayor demanda vehicular en las horas punta, por ello es necesario mejorar el desempeño de los semáforos en las intersecciones previas a esta intersección, esta intersección no puede trabajar como si fuera aislada por su compleja demanda.

Para mejorar la intersección con la Av. Gullman es indispensable sincronizar la red de semáforos que conforman esta importante vía, aplicando esta metodología en la Av. Miguel Grau tanto como en la Av. Gullman se logrará un mayor rendimiento de esta intersección reduciendo las demoras alcanzando niveles de servicio óptimos.

Se concluye que con una adecuada gestión de tránsito en las intersecciones mediante la sincronización semafórica se logran resultados muy buenos en la Av. Miguel Grau, si sumamos criterios de planificación urbana como es la ordenanza del anillo vial hay condiciones más favorables de trabajo.

La sincronización que tiene mejores resultados en la Av. Miguel Grau es la que integra el anillo vial con la sincronización balanceada ya sea en condiciones actuales como en condiciones futuras.

Se concluye que es posible implementar una ciclovía en la Av. Miguel Grau la cual tendrá un correcto desempeño frente a diferentes escenarios a pesar de modificar la geometría de la avenida.

Recomendaciones

Como todo diseño se recomienda tener en cuenta que implementar una red de semáforos coordinados involucra realizar en los primeros meses de funcionamiento un monitoreo del sistema, esto con el fin de recopilar información que ayude a una mejor calibración de la sincronización propuesta

Es recomendable que los conductores circulen por la Av. Miguel Grau con la velocidad de diseño y respeten los tiempos del ciclo semafórico propuestos, no obedecer las indicaciones de diseño generará un descontrol en las demoras ocasionando nuevamente malestar y congestionamiento vehicular producto de la falta de orden al usar este sistema de coordinación en los semáforos que se encuentran en la vía de estudio.

Es importante la intervención de la Municipalidad Provincial de Piura para capacitar mediante campañas de información a los conductores sobre el sistema de trabajo, como funciona este método y como disminuye la carga vehicular de la zona. Otro punto importante es el control del tipo de vehículos que pueden transitar por esta vía, es cierto que hoy en día hay restricciones, pero la falta de control hace que esto no se respete en la realidad.

Es recomendable adaptar la normativa de tránsito vigente de manera que incluya unidades vehiculares que se utilizan en el tránsito local, esto mejoraría la confiabilidad de los diferentes proyectos usando programas de simulación.

A largo plazo es recomendable aplicar el plan maestro de transporte que prioriza el transporte público con mayor capacidad a fin de disminuir la cantidad de autos colectivos que circulan por la zona y que toma en cuenta futuros sistemas alternativos de transporte como las ciclovías.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Referencias bibliográficas

Alvarado, V. y Valle, E. (2019). *Propuesta de gestión de tránsito para la reducción del congestionamiento en la Av. Alfredo Benavides entre los Tramos Ovalo Higuereta y Av. Velasco Astete en el Distrito de Santiago de Surco utilizando el programa de simulación Synchro 8.0 [*Tesis de Licenciatura. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas] http://hdl.handle.net/10757/628231

Araujo, J. y Burneo, C. (2020). *Modelamiento del Tránsito y Diseño Geométrico de la Av. Andrés Avelino Cáceres-Sector Castilla*, Piura [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. https://hdl.handle.net/11042/4519

Campomanes, A. y Lopez, J. (2019). *Reducción de la congestión vehicular a través de la implementación de la Ola Verde en la Av. Caminos del Inca en el tramo comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz en el distrito de Surco* [Tesis de lîcenciatura, Universidad Peruana de ciencias Aplicadas]. http://hdl.handle.net/10757/626381

Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (1994). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones* (7ma ed.). Ediciones Alfaomega.

Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones* (8va ed.). Ediciones Alfaomega.

Castillo, R. (2020). *Diagnóstico del tráfico y optimización del diseño geométrico de una intersección con semáforos* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. https://hdl.handle.net/11042/4491

Chávez, V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. VCHI S.A*. https://limacap.org/normatividad-2019/transportes/Manual%20VCHI%20(2005).pdf

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2006, 10 de febrero). Reglamento nacional de infraestructura vial. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. https://www.proviasdes.gob.pe/Normas/Proyecto.pdf

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2017, 1 agosto de 2017). Resolución Directoral nº 05-2007-MTC/14. Por el cual se aprobó y anexó adjunto el Manual de seguridad vial. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2016, 31 de mayo).Resolución Directorial Nº16-2016-MTC/14. Por el cual se aprobó y contiene el Manual de dispositivos de control de tránsito automor para las calles y carreteras. Ministerio de Transportes y comunicaciones.

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018, 30 de enero). Resolución Directorial 03-2018-MTC/14. Por la cual se aprobó y contiene el Manual de carreteras: Diseño geométrico. El Peruano nº 14396. https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-manual-de-carreteras-diseno-geometrico-dg-2018-resolucion-directoral-n-03-2018-mtc14-1614481-1/

Henríquez, J. (2019). *Propuesta de mejora vial en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman en la ciudad de Piura, Piura* [Tesis de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://hdl.handle.net/20.500.12759/4691

Martínez, E., Gómez, M., Marín, A., Álvarez, M., Moncholi, D., Romera, M., Nieves, G., Arriola, C., Ortiz, C. y Canseco, P. (2019). *Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura.* Perú . http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1414

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Viviendas y Contrucción. (2000, 3 de mayo). Resolución Ministerial Nº210-2000 MTC/15.02. Por la cual se aprobó y contiene el Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para las calles y carreteras.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2006, 24 de agosto). Directiva nº 002-2006-MTC/15. Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares. El Peruano nº326761. https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/282132-002-2006-mtc-15

Municipalidad Provincial de Piura. (2014). *Plan de Desarrollo Urbano de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032*. https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2016/04/Guia-cicloinfraestructura-Colombia-20160413-ISBN%20digital.pdf

Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. Pardo, C. y Sanz, A. (Eds.). Ministerio de Transporte de Colombia. https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2016/04/Guia-cicloinfraestructura-Colombia-20160413-ISBN%20digital.pdf

Municipalidad Provincial de Piura. (2020, 30 de octubre). Ordenanza Municipal 229-01-CMPP. Por lo cual se reduce el anillo vial señalando los límites en el que los mototaxis pueden circular en la ciudad de Piura. https://www.gob.pe/institucion/munipiura/normas-legales/1780438-229-01-cmpp

Otero, L. (2015). *Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A.Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura [*Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. https://hdl.handle.net/11042/2263

Rios, E. (2018). *Modelación del Tránsito y Propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infraworks y Synchro* [Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura]. https://hdl.handle.net/11042/3513

Silvera, M. (2020). *Evaluación operacional de una red compuesta por 5 intersecciones a través del HCM, Synchro y Vissim* [Tesis de maestría, Universidad de Piura]. https://hdl.handle.net/11042/4658

Timaná, J. (2017). *Apuntes del curso Caminos y Transportes.* Universidad de Piura, Piura.

Timaná, J. (2021.) Mejoramiento del servicio de movilidad urbana de la avenida Grau y su prolongación de los distritos de Piura y Veintiseis de Octubre, provincia y departamento de Piura.

Transportation Research Board (2010). *Highway Capacity Manual 2010.* Washington D.C. Transportation Research Board of the National Academies.

Zapata, J. (2020). *Nivel de Servicio y Mejoramiento de Diseño Geométrico en Avenida Prolongación Grau de la ciudad de Piura* [Tesis de maestria, Universidad Privada Antenor Orrego] https://hdl.handle.net/20.500.12759/6948.

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Apéndices

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Apéndice A. Aforo vehicular

OBSERVADOR MÓVIL

Tabla A1

Aforo ida-mañana-lunes 05/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 10:30:00 A 11:50:00

SENTIDO Av.Sullana - Av. Gullman DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	41	23	52	0	10	3	0	3	14	3	2	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	209	184
3	53	40	94	0	23	4	0	2	20	1	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	183	188
5	43	33	56	0	15	4	2	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	172	195
7	65	46	82	0	10	5	0	4	15	5	5	0	1	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	192	199
9	73	50	106	1	18	8	0	3	16	7	8	0	5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	203	185
11	50	44	68	0	13	2	1	3	10	5	4	0	0	1	0	0	2	2	1	0	2	0	0	1	179	174
13	66	37	59	0	15	4	0	2	15	4	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	192	193
15	41	25	73	0	14	1	0	1	6	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	175	156

Nota. Elaboración propia.

Tabla A2

Aforo ida-tarde-lunes 05/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 12:40:00 A 01:50:00

SENTIDO Av.Sullana - Av. Gullman DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	58	38	68	1	10	2	0	3	5	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	183	197
3	61	43	72	0	15	4	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	175	188
5	55	37	68	0	7	3	0	3	4	1	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	179	195
7	50	36	58	1	8	2	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	206
9	54	25	73	0	10	1	1	4	4	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	192	185
11	56	41	66	0	12	2	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	200	163
13	44	29	59	0	9	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	176	186
15	42	30	50	0	13	3	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	173	200

Nota. Elaboración propia.

Tabla A3

Aforo ida-noche-lunes 05/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 06:40:00 A 07:55:00

SENTIDO Av. Sullana- Av. Gullman DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	36	27	61	0	10	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	170	195
3	43	35	69	0	11	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	1	4	4	0	2	0	0	0	179	181
5	59	43	76	0	5	5	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	209
7	52	38	86	1	6	3	0	3	8	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	1	0	0	192	180
9	61	41	83	0	11	2	0	3	4	1	3	0	0	0	0	0	1	0	4	0	1	0	0	0	186	199
11	58	46	76	2	9	2	1	4	6	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	183	184
13	50	38	63	0	10	6	1	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	195	173
15	54	44	56	1	4	1	0	3	10	1	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	2	0	0	0	180	180

Nota. Elaboración propia.

Tabla A4

Aforo vuelta-mañana-lunes 05/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av.Gullman HORA: 10:30:00 A 11:50:00

SENTIDO Av. Gullman - Av. Sullana DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	37	30	63	0	14	7	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	184	209
4	60	47	52	0	20	3	0	3	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	188	183
6	50	42	75	0	21	2	1	3	7	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	195	172
8	70	50	98	1	26	5	0	4	12	4	3	0	4	0	0	0	4	1	1	1	1	0	0	0	199	192
10	57	40	85	0	20	6	0	4	6	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	185	203
12	42	34	65	0	14	2	1	3	8	1	5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	174	179
14	55	39	72	0	16	3	0	2	5	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	193	192
16	58	48	60	0	23	1	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	156	175

Nota. Elaboración propia.

Tabla A5

Aforo vuelta-tarde-lunes 05/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av.Gullman HORA: 12:40:00 A 01:50:00

SENTIDO Av. Gullman -Av Sullana DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	57	41	82	0	12	3	0	2	2	1	4	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	197	183
4	60	38	66	2	8	2	0	4	4	1	1	0	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	188	175
6	63	40	76	0	13	4	1	3	6	1	0	0	1	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	195	179
8	50	43	69	0	15	5	3	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	175
10	47	32	71	1	12	0	0	3	4	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	185	192
12	43	40	64	0	15	3	2	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	163	200
14	51	35	59	0	10	1	0	3	5	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	186	176
16	56	26	54	1	12	3	0	1	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	200	173

Nota. Elaboración propia.

Tabla A6

Aforo vuelta-noche-lunes 05/04/2021

Av. Sullana - Av.Gullman — HORA: 06:40:00 — A — 07:55:00

SENTIDO: Av. Gullman-Av Sullana — DIA: Lunes 5/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	53	29	57	1	8	3	1	2	5	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	195	170
4	67	43	62	0	7	1	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	181	179
6	59	49	79	0	5	4	1	4	8	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	209	192
8	68	56	83	0	4	2	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	192
10	66	66	90	0	6	1	0	2	6	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	199	186
12	59	38	62	0	7	0	1	3	7	1	3	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	1	184	183
14	50	40	60	0	6	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	1	173	195
16	54	35	54	0	10	2	0	1	6	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	180	180

Nota. Elaboración propia.

Tabla A7

Aforo ida-mañana-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 10:30:00 A 11:45:00

SENTIDO Av.Sullana - Av. Gullman DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	42	31	64	0	19	3	0	2	7	4	2	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	183	198
3	33	25	57	2	14	3	0	4	3	4	1	0	0	4	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	195	200
5	48	20	61	1	21	6	1	3	3	4	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	187	183
7	42	26	82	0	15	2	0	3	5	2	3	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0	215	197
9	36	25	75	1	15	4	2	2	6	1	0	0	0	0	0	2	2	2	3	0	0	0	0	1	193	178
11	42	29	60	0	30	3	0	4	7	5	2	0	0	0	0	0	1	5	3	0	0	0	0	0	169	190
13	50	30	63	0	15	1	0	1	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186	189
15	35	21	58	1	18	0	0	2	7	4	1	0	0	2	0	1	1	1	2	0	0	0	0	1	174	193

Nota. Elaboración propia

Tabla A8

Aforo ida-tarde-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 01:00:00 A 02:00:00

SENTIDO Av.Sullana - Av. Gullman DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	37	25	64	0	18	1	0	1	9	1	1	0	0	0	0	0	1	12	1	0	0	0	0	0	188	175
3	39	20	60	0	9	2	0	3	8	2	1	0	0	0	0	0	2	1	2	0	1	0	0	0	173	154
5	45	31	60	0	20	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	0	0	0	0	0	147	175
7	51	37	56	0	13	0	0	2	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	173	187
9	52	31	73	1	18	3	0	2	12	2	3	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0	200	151
11	38	35	51	0	15	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	163	172
13	45	34	46	0	9	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	1	154	180
15	23	18	38	0	13	0	0	2	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	165	173

Nota. Elaboración propia

Tabla A9

Aforo ida-noche-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av. Gullman HORA: 06:40:00 A 08:10:00

SENTIDO Av. Sullana- Av. Gullman DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
1	42	29	54	0	10	1	0	1	2	0	2	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	180	180
3	51	38	71	0	21	0	2	2	2	3	1	0	0	0	0	1	3	1	2	0	1	0	0	0	173	174
5	45	35	66	1	14	2	0	3	5	0	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	169	187
7	48	32	65	0	18	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	195	200
9	36	36	56	0	16	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	183	194
11	47	30	51	0	12	4	1	2	3	1	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	1	177	182
13	41	31	47	1	19	3	0	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	198	174
15	45	28	53	0	15	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	173	182

Nota Elaboración propia

Tabla A10

Aforo vuelta-mañana-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av.Gullman HORA: 10:30:00 A 11:45:00

SENTIDO Av. Gullman - Av. Sullana DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	43	37	63	1	17	4	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198	183
4	32	38	86	0	18	5	0	3	4	2	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	200	195
6	53	15	66	0	26	4	0	3	11	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	183	187
8	48	25	62	1	21	1	0	3	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	197	215
10	50	43	71	0	26	0	0	3	4	2	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	178	193
12	49	33	68	3	28	5	0	3	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	190	169
14	45	36	54	0	22	2	0	1	11	1	2	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	189	186
16	43	30	50	0	19	1	0	3	8	2	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	193	174

Nota. Elaboración propia

Tabla A11

Aforo vuelta-tarde-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av.Gullman HORA: 01:00:00 A 02:00:00

SENTIDO Av. Gullman -Av Sullana DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	40	29	53	0	6	2	0	2	7	1	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	175	188
4	22	25	42	1	11	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	4	0	0	0	154	173
6	40	24	52	0	13	1	1	3	7	1	2	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	175	147
8	57	40	66	0	17	0	1	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	187	173
10	39	31	60	0	10	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	151	200
12	38	26	53	0	12	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	172	163
14	45	30	48	1	7	2	0	2	7	0	2	0	0	0	0	0	1	1	2	0	2	1	0	0	180	154
16	37	34	42	0	6	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	173	165

Nota. Elaboración propia

Tabla A12

Aforo vuelta-noche-sábado 10/04/2021

TRAMO Av. Sullana - Av.Gullman HORA: 06:40:00 A 08:10:00

SENTIDO Av. Gullman-Av Sullana DIA: Sabado 10/04/2021

N	X								Y1								Y2								Tf (Seg)	Tc (Seg)
	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO	MTL	MTTX	AU	ST.WAGON	CAMIONETA	COMBI	CAM 2E	MICRO		
	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00	0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	2.00	5.00	4.00		
2	41	40	60	0	22	1	0	1	8	4	3	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1	0	0	0	180	180
4	39	27	42	0	13	2	1	1	7	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	174	173
6	42	38	56	0	14	2	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	187	169
8	45	31	61	0	12	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	200	195
10	36	30	47	0	12	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	194	183
12	43	32	52	1	8	2	0	1	7	1	2	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	182	177
14	40	25	57	0	10	3	0	1	2	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	1	174	198
16	43	38	59	0	16	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	0	0	0	0	2	182	173

Nota. Elaboración propia

AFORO VEHICULAR

Tabla A13

Aforo con Av. Sullana

INTERSECCIÓN: AV. MIGUEL GRAU / AV. SULLANA

DÍA Y FECHA: lunes 17/05/21

HORA PUNTA: 12:30-1:30 PM

VÍA	O-D		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TRAYLER	TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
			CLASIFICACIÓN VEHICULAR																
			PICK UP/SUV	PANEL	RURAL Combi						2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	TODOS	TODOS		
factores p/ VE			0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
Av. Grau	3-4	00-15	86	0	82	4	32	2	2	5	0	0	1	1	0	0	0	215	159
		15-30	90	0	97	2	30	1	1	6	0	0	5	0	0	0	0	232	184
		30-45	96	2	96	4	34	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	240	165
		45-60	93	1	108	1	35	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	247	172
	2-4	00-15	9	14	19	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	26
		15-30	6	17	20	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	27
		30-45	10	22	19	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	29
		45-60	9	23	20	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	33
	4-3	00-15	92	1	125	3	40	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	269	188
		15-30	104	0	137	2	38	3	5	1	0	0	1	0	0	0	0	291	198
		30-45	87	1	110	0	42	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	247	168
		45-60	82	1	122	2	44	1	4	0	0	0	3	0	0	0	0	259	189
	2-3	00-15	1	0	3	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12
		15-30	1	0	4	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15	18
		30-45	2	0	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	14
		45-60	2	0	5	0	10	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	19	22
			770	82	973	18	345	11	29	22	0	0	15	1	0	0	0	2266	1604
			33.98%	3.62%	42.94%	0.79%	15.23%	0.49%	1.28%	0.97%	0.00%	0.00%	0.66%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
Av. Sullana	3-1	00-15	2	1	6	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	13
		15-30	5	2	5	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	14
		30-45	1	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	14
		45-60	4	2	4	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	14
	4-1	00-15	29	40	37	2	26	0	1	7	0	0	3	0	0	0	0	145	123
		15-30	32	45	32	0	22	0	1	7	0	1	3	0	0	0	0	143	121
		30-45	36	38	35	2	22	0	1	7	0	0	2	0	0	0	0	143	114
		45-60	38	39	38	1	16	0	1	6	0	1	2	0	0	0	0	142	111
	2-1	00-15	62	89	29	1	20	0	0	3	0	2	2	0	0	0	0	208	122
		15-30	65	90	26	0	23	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	208	106
		30-45	66	78	14	0	19	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	183	98
		45-60	68	70	32	1	20	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	196	107
			408	494	266	7	199	0	7	36	0	5	17	0	0	0	0	1439	957
			28.35%	34.33%	18.49%	0.49%	13.83%	0.00%	0.49%	2.50%	0.00%	0.35%	1.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

Nota. Elaboración propia

Tabla A14

Aforo con Av. Richard Cushing

INTERSECCIÓN: AV. MIGUEL GRAU / AV. RICHARD CUSHING

DÍA Y FECHA: lunes 17/05/21

HORA PUNTA: 12:30-1:30 PM

VÍA	O-D		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TRAYLER	TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
			CLASIFICACIÓN VEHICULAR																
			PICK UP/SUV	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	TODOS	TODOS		
factores p/ VE			0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
Av. Grau	3-4	00-15	91	20	89	4	23	0	1	5	0	0	1	1	0	0	0	235	159
		15-30	93	26	110	2	32	1	1	6	0	0	4	0	0	0	0	275	201
		30-45	108	33	87	4	30	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	268	163
		45-60	100	33	113	1	35	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	291	189
	2-4	00-15	1	10	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	13
		15-30	5	7	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13
		30-45	1	7	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	9
		45-60	2	12	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13
	1-4	00-15	4	6	3	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	17	14
		15-30	2	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6
		30-45	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11	8
		45-60	3	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4
	4-3	00-15	118	50	133	5	50	0	3	6	0	0	4	0	0	0	0	369	257
		15-30	115	50	156	2	56	0	5	7	1	1	1	0	0	0	0	394	281
		30-45	119	56	125	3	46	2	6	8	0	0	3	0	0	0	0	368	258
		45-60	116	54	139	2	49	1	3	6	0	1	3	0	0	0	0	374	260
	2-3	00-15	6	4	20	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	26
		15-30	3	4	15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	23
		30-45	4	4	13	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	22
		45-60	2	3	10	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	21
	1-3	00-15	4	0	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	10
		15-30	2	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6
		30-45	5	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	7
		45-60	4	3	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	13
			912	405	1072	26	373	6	22	48	1	2	18	1	0	0	0	2886	1976
			31.60%	14.03%	37.14%	0.90%	12.92%	0.21%	0.76%	1.66%	0.03%	0.07%	0.62%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
Av. Richard Cushing	2-1	00-15	2	9	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	14
		15-30	0	11	7	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	19
		30-45	4	9	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9
		45-60	4	15	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	16
	3-1	00-15	5	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7
		15-30	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	8
		30-45	1	1	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12
		45-60	6	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	8
	4-1	00-15	0	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
		15-30	0	3	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7
		30-45	0	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7
		45-60	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
	1-2	00-15	7	16	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	12
		15-30	10	16	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	11
		30-45	4	19	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	10
		45-60	8	17	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	13
	3-2	00-15	6	9	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	11
		15-30	7	12	2	0	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	28	21
		30-45	10	10	5	2	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	32	25
		45-60	19	16	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	16
	4-2	00-15	12	15	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	20
		15-30	7	17	15	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	41	26
		30-45	10	19	22	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	54	34
		45-60	13	11	17	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	25
			135	228	122	7	96	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	595	349
			22.69%	38.32%	20.50%	1.18%	16.13%	0.00%	0.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

Nota. Elaboración propia

Tabla A15

Aforo con Av. Richard Cushing

INTERSECCIÓN: AV. MIGUEL GRAU / AV. SAN MARTIN

DÍA Y FECHA: lunes 17/05/21

HORA PUNTA: 12:30-1:30 PM

factores p/ VE			0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
VÍA	O-D		CLASIFICACIÓN VEHICULAR															TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
			MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TRAYLER		
							PICK UP/SUV	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	TODOS	TODOS		
Av. Grau	3-4	00-15	87	29	86	4	20	0	0	5	0	0	2	1	0	0	0	234	159
		15-30	92	40	104	1	20	1	1	5	0	0	4	0	0	0	0	268	184
		30-45	101	45	79	3	32	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	266	160
		45-60	98	43	112	1	39	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	302	195
	2-4	00-15	13	18	17	0	9	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	60	41
		15-30	14	20	17	0	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	64	38
		30-45	21	21	18	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	72	40
		45-60	25	22	15	1	5	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	71	44
	1-4	00-15	2	13	8	1	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	32	25
		15-30	3	8	10	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	21
		30-45	4	9	8	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	19
		45-60	5	11	9	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	31	23
	4-3	00-15	127	76	130	9	40	0	3	7	0	0	4	0	0	0	0	396	263
		15-30	121	72	144	1	45	0	5	6	0	1	3	0	0	0	0	398	270
		30-45	133	69	116	4	32	1	6	5	0	0	3	0	0	0	0	369	233
		45-60	120	72	129	4	35	0	3	5	0	1	1	0	0	0	0	370	232
	2-3	00-15	1	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	10
		15-30	5	10	5	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	23	16
		30-45	8	9	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	14
		45-60	10	8	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	18
	1-3	00-15	13	7	26	0	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	73	57
		15-30	10	5	21	1	18	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	58	52
		30-45	13	6	27	1	20	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	70	57
		45-60	14	0	19	0	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	49	38
			1040	621	1126	32	413	6	27	51	0	2	22	1	0	0	0	3341	2209
			31.13%	18.59%	33.70%	0.96%	12.36%	0.18%	0.81%	1.53%	0.00%	0.06%	0.66%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
Av. San Martin	1-2	00-15	27	26	12	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	76	41
		15-30	16	23	10	0	10	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	63	46
		30-45	18	20	9	0	9	0	1	3	0	0	2	0	0	0	0	62	52
		45-60	6	12	10	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	39	29
	3-2	00-15	20	4	15	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	37
		15-30	22	5	16	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	37
		30-45	27	6	17	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	41
		45-60	29	7	19	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	40
	4-2	00-15	6	10	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	15
		15-30	5	13	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	13
		30-45	5	12	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	16
		45-60	7	12	9	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	17
			188	150	136	7	113	1	3	4	0	0	6	0	0	0	0	608	384
			30.92%	24.67%	22.37%	1.15%	18.59%	0.16%	0.49%	0.66%	0.00%	0.00%	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

Nota. Elaboración propia

Tabla A16

Aforo con Jr. Tonsman

INTERSECCIÓN: AV. MIGUEL GRAU / JR.TONSMAN

DÍA Y FECHA: lunes 17/05/21

HORA PUNTA: 12:30-1:30 PM

VÍA	O-D		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TRAYLER	TOTAL VEH.	TOTAL VEH. EQUIV.
factores p/ VE			0.25	0.33	0.80	0.80	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
			CLASIFICACIÓN VEHICULAR																
							PICK UP/SUV	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	TODOS	TODOS		
Av. Grau	3-4	00-15	88	41	85	5	22	0	3	6	0	0	2	1	0	0	0	253	175
		15-30	87	48	111	1	25	1	1	5	0	0	4	0	0	0	0	283	196
		30-45	103	51	83	4	29	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	277	166
		45-60	113	57	116	2	33	2	2	5	0	0	3	0	0	0	0	333	216
	2-4	00-15	7	12	8	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	31	22
		15-30	7	10	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	17
		30-45	14	11	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	13
		45-60	9	10	7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28	15
	1-4	00-15	3	9	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	14
		15-30	2	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	11
		30-45	1	11	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	10
		45-60	2	13	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	14
	4-3	00-15	126	76	137	11	32	0	3	5	0	0	4	0	0	0	0	394	254
		15-30	115	70	147	2	32	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0	375	233
		30-45	123	71	118	5	10	1	8	5	0	0	4	0	0	0	0	345	220
		45-60	120	88	131	5	29	0	4	5	0	1	1	0	0	0	0	384	236
	2-3	00-15	5	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5
		15-30	3	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6
		30-45	6	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	7
		45-60	4	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5
	1-3	00-15	4	10	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13
		15-30	7	11	8	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	31	21
		30-45	8	8	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	13
		45-60	5	6	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	10
			962	640	1024	37	239	4	29	40	0	2	20	1	0	0	0	2998	1892
			32.09%	21.35%	34.16%	1.23%	7.97%	0.13%	0.97%	1.33%	0.00%	0.07%	0.67%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
Jr. Tonsman	2-1	00-15	5	7	6	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21	16
		15-30	6	5	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	10
		30-45	5	7	8	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25	17
		45-60	6	5	6	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21	13
	3-1	00-15	8	15	14	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	44	30
		15-30	17	16	12	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	25
		30-45	13	11	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	21
		45-60	12	12	11	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	21
	4-1	00-15	3	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7
		15-30	2	1	2	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	10
		30-45	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6
		45-60	3	1	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	11
	1-2	00-15	0	14	3	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	18	9
		15-30	3	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5
		30-45	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5
		45-60	2	8	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7
	3-2	00-15	4	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7
		15-30	2	2	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7
		30-45	3	3	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7
		45-60	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5
	4-2	00-15	4	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7
		15-30	4	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5
		30-45	9	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8
		45-60	8	3	1	0	3	0	0	0	0	0		0	0	0	0	15	7
			128	144	99	4	65	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	449	266
			28.51%	32.07%	22.05%	0.89%	14.48%	0.00%	1.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

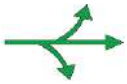
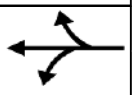
Nota. Elaboración propia

Apéndice B. Cálculos HCM 2010

- **Av. Miguel Grau- Av. Sullana**

Tabla B1

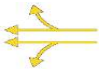
Ajuste de Volumen

Información General	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021			
12:30-1:30 pm			
Ajuste de Volumen			
Volumen Izquierda V_{IZQ} (Veh/h)	115	469	0
Volumen Directo, V_{DIR} (Veh/h)	433	743	680
Volumen Derecha, V_{DER} (Veh/h)	66	0	55
Volumen, V (Veh/h)	614	1212	735
Factor de Hora Pico, PHF	0.95	0.95	0.93
Tasa de Flujo Ajustado Izquierda $V_{P=}V_{IZQ}/PHF$ (Veh/h)	121	494	0
Tasa de Flujo Ajustado Directo, $V_{P=}V_{DIR}/PHF$ (Veh/h)	456	782	731
Tasa de Flujo Ajustado Derecha, $V_{P=}V_{DER}/PHF$ (Veh/h)	69	0	59
Tasa de Flujo Ajustado en el grupo de carriles $V_{P=}V/PHF$	646	1276	790
Proporción de Giros			
Proporción de Giros a la Izquierda (P_{LT})	0.187	0.387	0.000
Proporción de Giros a la Derecha (P_{RT})	0.107	0.000	0.075

Nota. Elaboración propia

Tabla B2

Ajuste de flujo de saturación

Información General	**S-N**			**O-E**			**E-O**		
Lunes 17/05/2021									
12:30-1:30 pm									
Grupo de movimiento									
TAZA DE FLUJO DE SATURACIÓN									
Flujo de saturación ideal, **So** (v/h/c)		1900			1900			1900	
Factor de ajuste por ancho de carril, **fw**		1.10			0.96			0.96	
Factor de ajuste por vehiculos pesados, **fhv**		0.87			0.85			0.86	
Factor de ajuste por pendiente, **fg**		1			1			1	
Factor de ajuste por estacionamiento, **fp**		1			1			1	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, **fbb**		1			1			1	
Factor de ajuste por tipo de area, **fa**		0.9			0.9			0.9	
Factor de ajuste por utilizacion de carril, **flu**		1			1			1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, **FLT**		0.92			0.92			1	
Factor de ajuste por giro a la derecha, **FRT**		0.75			1			0.75	
Factor de ajuste por pea para giros a la izq, **FLpb**		0.98			0.82			1	
Factor de ajuste por pea para giros a la der, **FRpb**		0.97			1			0.99	
FLUJO DE SATURACION AJUSTADO, S (veh/h)		1072			1047			1042	

Nota. Elaboración propia.

Tabla B3

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda

Información General	**S-N**	**O-E**
Lunes 17/05/2021		
12:30-1:30 pm		
Giros a la izquierda		
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	29	49
Volumen peatonal, V_{ped}	90	147
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	248	240
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ $si, (V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ $si\ (1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.124	0.120
Volumen vehicular opuesto, Vo	0	680
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1
Tiempo de verde permitido del acceso, $g_p(s)$	27	45
Tiempo de verde acceso opuesto, $g_q(s)$	0	0
Tiempo de verde giro a la izquierda, $g_u(s)$	27	45
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg}\left(1 - \frac{0.5g_q}{g_{ped}}\right), si\ g_q < g_{ped}$	0.124	0.120
$OCC_r = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q}(OCC_{pedu})^{\varepsilon^{-5V_o/3600}}$	0.133	0.477
$A_{pbt} = 1 - OOC_r\ si\ N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)\ si\ N_{rec} > N_{tum}$	0.867	0.523
Proporción de giros a la izquierda, (P_{LT})	0.187	0.387
$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.975	0.815

Nota. Elaboración propia

Tabla B4

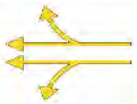
Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha

Información General	**S-N**	**E-O**
Lunes 17/05/2021		
12:30-1:30 pm		
Giros a la izquierda		
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	29	49
Volumen peatonal, V_{ped}	160	203
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	441	331
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ $si, (V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ $si\ (1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.221	0.166
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1
$OCC_r = \left({}^{g_{ped}}/_{g}\right) * OCC_{ped}$	0.237	0.180
$A_{pbt} = 1 - OOC_r\ si\ N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)\ si\ N_{rec} > N_{tum}$	0.763	0.820
Proporción de giros a la derecha, (P_{LT})	0.107	0.075
$f_{Rpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.975	0.986

Nota. Elaboración propia

Tabla B5

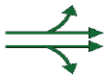
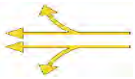
Análisis de capacidad

Información General	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021			
12:30-1:30 pm			
Grupo de movimiento			
Análisis de Capacidad			
Fase	2	1	1
Tipo de Fase	Prefijada	Prefijada	Prefijada
Número de carriles	2	2	2
Tasa de flujo ajustado, V (Veh/h)	646	1276	790
Tasa de flujo de saturación, S (Veh/h)	1072	1047	1042
Longitud del Ciclo, C (s)	80	80	80
Tiempo perdido $t_L(s)$, $t_L = l_1 + Y - e$	6	6	6
Tiempo de verde efectivo $g(s)$, g= $G + Y - t_L$	27	45	45
Proporción de verde, g/C	0.338	0.563	0.563
Capacidad del grupo de carriles C= N*S(g/C) (Veh/h)	724	1178	1172
Relación v/c, X	0.8929	1.0826	0.6741
Relación de flujo, v/S	0.3013	0.6090	0.3792
Grupo de carriles/fase crítico (a)	x	x	
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos $Y_c = \sum(grupos\,de\,carriles\,críticos)$ (v/S)	0.9103		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	12		
Grado de saturación crítico, $X_C = \frac{Y_c * C}{C - L}$	1.071		

Nota. Elaboración propia

Tabla B6

Demora y nivel de servicio

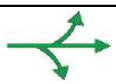
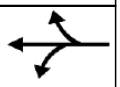
Información General	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021			
12:30-1:30 pm			
Grupo de movimiento			
Demoras y Nivel de servicio			
Tasa de Flujo ajustado del acceso	646	1276	790
Relación de verde, g/C	0.338	0.563	0.563
Capacidad del grupo de carriles , C_i (veh/h)	724	1178	1172
Relación de volumen a capacidad, $X_i = V_i/C_i$	0.893	1.083	0.674
Proporción de llegada durante verde, P_i	0.449	0.186	0.563
Calibración de demora incremental, K	0.5	0.5	0.5
Ciclo total de la intersección	80	80	80
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)	25.129	19.580	12.332
Tipo de llegada	3	1	3
fPA	1.15	0.93	0.93
Factor de ajuste por progresión, PF	0.957	1.861	1.000
Demora incremental, $d2$ (s/veh)	15.648	51.599	3.109
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)	0	0	0
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	39.688	88.045	15.441
Nivel de servicio del movimiento	D	F	B
Demora en toda la intersección, d_i (s/veh)	51.166		
Nivel de servicio global de la intersección	**D**		

Nota. Elaboración propia

- **Av. Miguel Grau- Av. Richard Cushing**

Tabla B7

Ajuste de Volumen

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Ajuste de Volumen				
Volumen Izquierda, V_{IZQ} (Veh/h)	32	48	32	73
Volumen Directo, V_{DIR} (Veh/h)	46	58	1056	712
Volumen Derecha, V_{DER} (Veh/h)	36	92	105	35
Volumen, V (Veh/h)	114	198	1193	820
Factor de Hora Pico, PHF	0.79	0.9	0.95	0.89
Tasa de Flujo Ajustado Izquierda, $V_{P=}V_{IZQ}/PHF$ (Veh/h)	41	53	34	82
Tasa de Flujo Ajustado Directo, $V_{P=}V_{DIR}/PHF$ (Veh/h)	58	64	1112	800
Tasa de Flujo Ajustado Derecha, $V_{P=}V_{DER}/PHF$ (Veh/h)	46	102	111	39
Tasa de Flujo Ajustado en el grupo de carriles $V_{P=}V/PHF$	144	220	1256	921
Proporción de Giros				
Proporción de Giros a la Izquierda (P_{LT})	0.281	0.242	0.027	0.089
Proporción de Giros a la Derecha (P_{RT})	0.316	0.465	0.088	0.043

Nota. Elaboración propia

Tabla B8

Ajuste de flujo de saturación

Información General	N-S			S-N			O-E			E-O		
Lunes 17/05/2021												
12:30-1:30 pm												
Grupo de carriles												
TAZA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Flujo de saturación ideal, **So** (v/h/c)		1900			1900			1900			1900	
Factor de ajuste por ancho de carril, **fw**		1			1			0.96			0.96	
Factor de ajuste por vehiculos pesados, **fhv**		0.92			1			0.86			0.86	
Factor de ajuste por pendiente, **fg**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por estacionamiento, **fp**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, **fbb**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por tipo de area, **fa**		0.9			0.9			0.9			0.9	
Factor de ajuste por utilizacion de carril, **flu**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, **FLT**		0.92			0.92			0.92			0.92	
Factor de ajuste por giro a la derecha, **FRT**		0.75			0.75			0.85			0.85	
Factor de ajuste por pea para giros a la izq, **FLpb**		0.95			0.96			0.99			0.94	
Factor de ajuste por pea para giros a la der, **FRpb**		0.96			0.92			0.99			0.996	
FLUJO DE SATURACION AJUSTADO, S (veh/h)		984			1052			1075			1031	

Nota. Elaboración propia

Tabla B9

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda

Información General	**N-S**	**S-N**	**E-O**	**O-E**
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	31	31	47	47
Volumen peatonal, V_{ped}	109	87	93	146
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	281	225	158	249
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.141	0.112	0.079	0.124
Volumen vehicular opuesto, Vo	58	46	712	1056
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1	1
Tiempo de verde permitido del acceso, $g_p(s)$	27	27	43	43
Tiempo de verde acceso opuesto, $g_q(s)$	0	0	0	0
Tiempo de verde giro a la izquierda, $g_u(s)$	27	27	43	43
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg}\left(1 - \frac{0.5g_q}{g_{ped}}\right)$, si $g_q < g_{ped}$	0.141	0.112	0.079	0.124
$OCC_r = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q}(OCC_{pedu})^{\varepsilon^{-5V_o/3600}}$	0.188	0.148	0.425	0.676
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.812	0.852	0.575	0.324
Proporción de giros a la izquierda, (P_{LT})	0.281	0.242	0.027	0.089
$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.947	0.964	0.989	0.940

Nota. Elaboración propia

Tabla B10

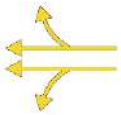
Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha.

Información General	**N-S**	**S-N**	**E-O**	**O-E**
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	31	31	47	47
Volumen peatonal, V_{ped}	87	109	146	93
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	225	281	249	158
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.112	0.141	0.124	0.079
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1	1
$OCC_r = \left({}^{g_{ped}}/_{g}\right) * OCC_{ped}$	0.129	0.161	0.136	0.087
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.871	0.839	0.864	0.913
Proporción de giros a la derecha, (P_{LT})	0.316	0.465	0.088	0.043
$f_{Rpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.959	0.925	0.988	0.996

Nota. Elaboración propia

Tabla B11

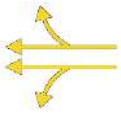
Análisis de capacidad

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Análisis de Capacidad				
Fase	2	2	1	1
Tipo de Fase	Prefijada	Prefijada	Prefijada	Prefijada
Número de carriles	1	1	2	2
Tasa de flujo ajustado, V (Veh/h)	144	220	1256	921
Tasa de flujo de saturación, S (Veh/h)	984	1052	1075	1031
Longitud del Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo perdido $t_L(s)$, $t_L = l_1 + Y - e$	6	6	6	6
Tiempo de verde efectivo $g(s)$, $g = G + Y - t_L$	27	27	43	43
Proporción de verde, g/C	0.338	0.338	0.538	0.538
Capacidad del grupo de carriles C= N*S(g/C) (Veh/h)	332	355	1156	1108
Relación v/c, X	0.4347	0.6194	1.0866	0.8314
Relación de flujo, v/S	0.1467	0.2091	0.5840	0.4469
Grupo de carriles/fase crítico (a)		x	x	
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos $Y_c = \sum(grupos\ de\ carriles\ críticos)$ (v/S)		0.7931		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	12			
Grado de saturación crítico, $X_C = \frac{Y_c * C}{C - L}$	0.933			

Nota. Elaboración propia

Tabla B12

Demora y nivel de servicio

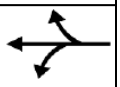
Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Demoras y Nivel de servicio				
Tasa de Flujo ajustado del acceso	144	220	1256	921
Relación de verde, g/C	0.338	0.338	0.538	0.538
Capacidad del grupo de carriles, C_i (veh/h)	332	355	1156	1108
Relación de volumen a capacidad, $X_i = V_i/C_i$	0.435	0.619	1.087	0.831
Proporción de llegada durante verde, P_i	0.449	0.449	0.177	0.177
Calibración de demora incremental, K	0.5	0.5	0.5	0.5
Ciclo total de la intersección	80	80	80	80
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)	20.575	22.197	18.500	15.469
Tipo de llegada	4	4	1	1
fPA	1.15	1.15	0.93	0.93
Factor de ajuste por progresión, PF	0.957	0.957	1.779	1.779
Demora incremental, $d2$ (s/veh)	4.103	7.886	53.260	7.307
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)	0	0	0	0
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	23.786	29.121	86.165	34.822
Nivel de servicio del movimiento	C	C	F	C
Demora en toda la intersección, d_i (s/veh)	59.072			
Nivel de servicio global de la intersección	**E**			

Nota. Elaboración propia

- **Av. Miguel Grau- Av. San Martin**

Tabla B13

Ajuste de Volumen

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Ajuste de Volumen				
Volumen Izquierda, V_{IZQ} (Veh/h)	204	163	0	155
Volumen Directo, V_{DIR} (Veh/h)	168	0	998	698
Volumen Derecha, V_{DER} (Veh/h)	88	58	61	0
Volumen, V (Veh/h)	460	221	1059	853
Factor de Hora Pico, PHF	0.9	0.89	0.94	0.91
Tasa de Flujo Ajustado Izquierda, $V_{P=}V_{IZQ}/PHF$ (Veh/h)	227	183	0	170
Tasa de Flujo Ajustado Directo, $V_{P=}V_{DIR}/PHF$ (Veh/h)	187	0	1062	767
Tasa de Flujo Ajustado Derecha, $V_{P=}V_{DER}/PHF$ (Veh/h)	98	65	65	0
Tasa de Flujo Ajustado en el grupo de carriles $V_{P=}V/PHF$	511	248	1127	937
Proporción de Giros				
Proporción de Giros a la Izquierda (P_{LT})	0.443	0.738	0.000	0.182
Proporción de Giros a la Derecha (P_{RT})	0.191	0.262	0.058	0.000

Nota. Elaboración propia

Tabla B14

Ajuste de flujo de saturación

Información General	**N-S**			**S-N**			**O-E**			**E-O**		
Lunes 17/05/2021												
12:30-1:30 pm												
Grupo de movimiento												
TAZA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Flujo de saturación ideal, **So** (v/h/c)		1900			1900			1900			1900	
Factor de ajuste por ancho de carril, **fw**		0.96			0.93			0.96			0.96	
Factor de ajuste por vehiculos pesados, **fhv**		0.85			0.91			0.87			0.88	
Factor de ajuste por pendiente, **fg**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por estacionamiento, **fp**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, **fbb**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por tipo de area, **fa**		0.9			0.9			0.9			0.9	
Factor de ajuste por utilizacion de carril, **flu**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, **FLT**		0.92			0.75			1			0.75	
Factor de ajuste por giro a la derecha, **FRT**		0.85			0.75			0.85			1	
Factor de ajuste por pea para giros a la izq, **FLpb**		0.94			0.91			1			0.88	
Factor de ajuste por pea para giros a la der, **FRpb**		0.98			0.96			1			1	
FLUJO DE SATURACION AJUSTADO, S (veh/h)		995			719			1198			948	

Nota. Elaboración propia

Tabla B15

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm			
Giros a la izquierda			
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	31	31	46
Volumen peatonal, V_{ped}	93	76	137
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	240	196	238
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ $si, (V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ $si\ (1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.120	0.098	0.119
Volumen vehicular opuesto, Vo	0	168	998
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1
Tiempo de verde permitido del acceso, $g_p(s)$	27	42	42
Tiempo de verde acceso opuesto, $g_q(s)$	0	0	0
Tiempo de verde giro a la izquierda, $g_u(s)$	27	42	42
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg}\left(1 - \frac{0.5g_q}{g_{ped}}\right), si\ g_q < g_{ped}$	0.120	0.098	0.119
$OCC_r = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q}(OCC_{pedu})^{\varepsilon^{-5V_o/3600}}$	0.138	0.117	0.643
$A_{pbt} = 1 - OOC_r\ si\ N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)\ si\ N_{rec} > N_{tum}$	0.862	0.883	0.357
Proporción de giros a la izquierda, (P_{LT})	0.443	0.738	0.182
$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.939	0.913	0.883

Nota. Elaboración propia

Tabla B16

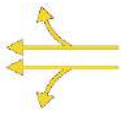
Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**
Lunes 17/05/2021			
12:30-1:30 pm			
Giros a la izquierda			
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	31	31	46
Volumen peatonal, V_{ped}	76	93	137
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	196	240	238
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ $si, (V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ $si\ (1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.098	0.120	0.119
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1
$OCC_r = \left({}^{g_{ped}}/_{g}\right) * OCC_{ped}$	0.113	0.138	0.130
$A_{pbt} = 1 - OOC_r\ si\ N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)\ si\ N_{rec} > N_{tum}$	0.887	0.862	0.870
Proporción de giros a la derecha, (P_{LT})	0.191	0.262	0.058
$f_{Rpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.978	0.964	0.992

Nota. Elaboración propia.

Tabla B17

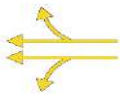
Análisis de capacidad

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Análisis de Capacidad				
Fase	2	2	1	1
Tipo de Fase	Prefijada	Prefijada	Prefijada	Prefijada
Número de carriles	2	2	2	2
Tasa de flujo ajustado, V (Veh/h)	511	248	1127	937
Tasa de flujo de saturación, S (Veh/h)	995	719	1198	948
Longitud del Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo perdido $t_L(s)$, $t_L = l_1 + Y - e$	6	6	6	6
Tiempo de verde efectivo $g(s)$, $g = G + Y - t_L$	27	27	42	42
Proporción de verde, g/C	0.338	0.338	0.525	0.525
Capacidad del grupo de carriles C= N*S(g/C) (Veh/h)	671	485	1258	996
Relación v/c, X	0.7612	0.5120	0.8957	0.9415
Relación de flujo, v/S	0.2569	0.1728	0.4702	0.4943
Grupo de carriles/fase crítico (a)	x			x
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos $Y_c = \sum(grupos\ de\ carriles\ críticos)$ (v/S)		0.7512		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	12			
Grado de saturación crítico, $X_C = \frac{Y_c * C}{C - L}$	0.884			

Nota. Elaboración propia

Tabla B18

Demora y nivel de servicio

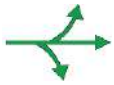
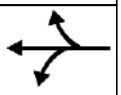
Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Demoras y Nivel de servicio				
Tasa de Flujo ajustado del acceso	511	248	1127	937
Relación de verde, g/C	0.338	0.338	0.525	0.525
Capacidad del grupo de carriles , C_i(veh/h)	671	485	1258	996
Relación de volumen a capacidad, $X_i = V_i/C_i$	0.761	0.512	0.896	0.942
Proporción de llegada durante verde, P_i	0.338	0.449	0.698	0.173
Calibración de demora incremental, K	0.5	0.5	0.5	0.5
Ciclo total de la intersección	80	80	80	80
Demora uniforme, $d1$(s/veh)	23.625	21.223	17.035	17.846
Tipo de llegada	3	4	4	1
fPA	1.15	1.15	0.93	0.93
Factor de ajuste por progresión, PF	1.000	0.957	0.731	1.741
Demora incremental, $d2$(s/veh)	7.954	3.827	10.108	17.487
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)	0	0	0	0
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	31.579	24.131	22.553	48.549
Nivel de servicio del movimiento	C	C	C	D
Demora en toda la intersección, d_i (s/veh)	32.956			
Nivel de servicio global de la intersección	**C**			

Nota. Elaboración propia

- **Av. Miguel Grau- Jr. Tonsman**

Tabla B19

Ajuste de Volumen

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Ajuste de Volumen				
Volumen Izquierda, V_{IZQ} (Veh/h)	49	67	34	26
Volumen Directo, V_{DIR} (Veh/h)	26	56	943	753
Volumen Derecha, V_{DER} (Veh/h)	57	23	27	97
Volumen, V (Veh/h)	132	146	1004	876
Factor de Hora Pico, PHF	0.89	0.85	0.94	0.90
Tasa de Flujo Ajustado Izquierda, $V_{P=}V_{IZQ}/PHF$ (Veh/h)	55	79	36	29
Tasa de Flujo Ajustado Directo, $V_{P=}V_{DIR}/PHF$ (Veh/h)	29	66	1003	837
Tasa de Flujo Ajustado Derecha, $V_{P=}V_{DER}/PHF$ (Veh/h)	64	27	29	108
Tasa de Flujo Ajustado en el grupo de carriles $V_{P=}V/PHF$	148	172	1068	973
Proporción de Giros				
Proporción de Giros a la Izquierda (P_{LT})	0.371	0.459	0.034	0.030
Proporción de Giros a la Derecha (P_{RT})	0.432	0.158	0.027	0.111

Nota. Elaboración propia.

Tabla B20

Ajuste de flujo de saturación

Información General	**N-S**			**S-N**			**O-E**			**E-O**		
Lunes 17/05/2021												
12:30-1:30 pm												
Grupo de movimiento												
TAZA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Flujo de saturación ideal, **So** (v/h/c)		1900			1900			1900			1900	
Factor de ajuste por ancho de carril, **fw**		0.99			0.99			0.96			0.96	
Factor de ajuste por vehiculos pesados, **fhv**		1			0.94			0.80			0.86	
Factor de ajuste por pendiente, **fg**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por estacionamiento, **fp**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, **fbb**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por tipo de area, **fa**		0.9			0.9			0.9			0.9	
Factor de ajuste por utilizacion de carril, **flu**		1			1			1			1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, **FLT**		0.92			0.92			0.92			0.92	
Factor de ajuste por giro a la derecha, **FRT**		0.85			0.85			0.85			0.85	
Factor de ajuste por pea para giros a la izq, **FLpb**		0.96			0.96			0.98			1	
Factor de ajuste por pea para giros a la der, **FRpb**		0.97			0.99			1			0.98	
FLUJO DE SATURACION AJUSTADO, S (veh/h)		1186			1178			998			1059	

Nota. Elaboración propia

Tabla B21

Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la izquierda

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	39	39	39	39
Volumen peatonal, V_{ped}	70	62	154	145
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	144	127	316	297
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.072	0.064	0.158	0.149
Volumen vehicular opuesto, Vo	56	26	753	943
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1	1
Tiempo de verde permitido del acceso, $g_p(s)$	35	35	35	35
Tiempo de verde acceso opuesto, $g_q(s)$	0	0	0	0
Tiempo de verde giro a la izquierda, $g_u(s)$	35	35	35	35
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg}\left(1 - \frac{0.5g_q}{g_{ped}}\right)$, si $g_q < g_{ped}$	0.072	0.064	0.158	0.149
$OCC_r = \frac{g_{ped} - g_q}{g_p - g_q}(OCC_{pedu})^{\varepsilon^{-5V_o/3600}}$	0.097	0.078	0.583	0.666
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.903	0.922	0.417	0.334
Proporción de giros a la izquierda, (P_{LT})	0.432	0.459	0.034	0.030
$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.958	0.964	0.980	0.980

Nota. Elaboración propia

Tabla B22

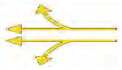
Estimación de factores por peatones para giros permitidos a la derecha

Información General	**N-S**	**S-N**	**O-E**	**E-O**
Lunes 17/05/2021 12:30-1:30 pm				
Giros a la izquierda				
Longitud de Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo de verde para peatones, $g_{ped}(s)$	39	39	39	39
Volumen peatonal, V_{ped}	62	70	145	154
$V_{pedg} = V_{ped}(\frac{C}{g_p})$	127	144	297	316
$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$ si, $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{1000}$ si $(1000 < V_{pedg} \leq 5000)$	0.064	0.072	0.149	0.158
Número de Carriles de recepción, N_{rec}	1	1	1	1
Número de Carriles de giro, N_{tum}	1	1	1	1
$OCC_r = \left({}^{g_{ped}}/_{g}\right) * OCC_{ped}$	0.071	0.080	0.166	0.176
$A_{pbt} = 1 - OOC_r$ si $N_{rec} = N_{tum}$ $A_{pbt} = 1 - 0.6(OOC_r)$ si $N_{rec} > N_{tum}$	0.929	0.920	0.834	0.824
Proporción de giros a la derecha, (P_{LT})	0.371	0.158	0.027	0.111
$f_{Rpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbt})$	0.974	0.987	0.996	0.981

Nota. Elaboración propia

Tabla B23

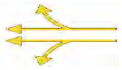
Análisis de capacidad

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Análisis de Capacidad				
Fase	2	2	1	1
Tipo de Fase	Prefijada	Prefijada	Prefijada	Prefijada
Número de carriles	1	1	2	2
Tasa de flujo ajustado, V (Veh/h)	148	172	1068	973
Tasa de flujo de saturación, S (Veh/h)	1186	1178	998	1059
Longitud del Ciclo, C (s)	80	80	80	80
Tiempo perdido $t_L(s)$, $t_L = l_1 + Y - e$	6	6	6	6
Tiempo de verde efectivo $g(s)$, g= $G + Y - t_L$	35	35	35	35
Proporción de verde, g/C	0.438	0.438	0.438	0.438
Capacidad del grupo de carriles C= N*S(g/C) (Veh/h)	519	515	873	926
Relación v/c, X	0.2858	0.3332	1.2236	1.0507
Relación de flujo, v/S	0.1251	0.1458	0.5353	0.4597
Grupo de carriles/fase crítico (a)		x	x	
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos $Y_c = \sum(grupos\ de\ carriles\ críticos)$ (v/S)		0.681		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	12			
Grado de saturación crítico, $X_C = \frac{Y_c * C}{C - L}$	0.801			

Nota. Elaboración propia

Tabla B24

Demora y nivel de servicio

Información General	N-S	S-N	O-E	E-O
Lunes 17/05/2021				
12:30-1:30 pm				
Grupo de movimiento				
Demoras y Nivel de servicio				
Tasa de Flujo ajustado del acceso	148	172	1068	973
Relación de verde, g/C	0.438	0.438	0.438	0.438
Capacidad del grupo de carriles , C_i (veh/h)	519	515	873	926
Relación de volumen a capacidad, $X_i = V_i/C_i$	0.286	0.333	1.224	1.051
Proporción de llegada durante verde, P_i	0.582	0.582	0.582	0.731
Calibración de demora incremental, K	0.5	0.5	0.5	0.5
Ciclo total de la intersección	80	80	80	80
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)	14.465	14.816	22.500	22.500
Tipo de llegada	4	4	4	4
fPA	1.15	1.15	0.93	0.93
Factor de ajuste por progresión, PF	0.855	0.855	0.855	0.479
Demora incremental, $d2$ (s/veh)	1.383	1.735	110.865	43.789
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)	0	0	0	0
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	13.748	14.401	130.099	54.564
Nivel de servicio del movimiento	B	B	F	D
Demora en toda la intersección, d_i (s/veh)	83.243			
Nivel de servicio global de la intersección	**F**			

Nota. Elaboración propia

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Apéndice C. Cálculos de factores hora pico

Tabla C1

Factor hora pico- intersección con Av. Sullana.

Cálculo de Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) Av. Miguel Grau - Av.Sullana				
DÍA Y FECHA: Lunes 17/05/21 **HORA PUNTA:** 12:30-1:30 PM	**INTERVALO**	**TOTAL VEH. EQUIV.**	$q\ max_{15}$	$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q\ max\ 15)}$
SUR	00-15	160	**162**	**0.95**
	15-30	151		
	30-45	141		
	45-60	162		
TOTAL		**614**		
ESTE	00-15	172	**198**	**0.93**
	15-30	198		
	30-45	179		
	45-60	186		
TOTAL		**735**		
OESTE	00-15	311	**319**	**0.95**
	15-30	319		
	30-45	282		
	45-60	300		
TOTAL		**1212**		

Nota. Elaboración propia

Tabla C2

Factor hora pico- intersección con Av. Richard Cushing

Cálculo de Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) Av. Miguel Grau - Av. Richard Cushing				
DÍA Y FECHA: Lunes 17/05/21 **HORA PUNTA:** 12:30-1:30 PM	**INTERVALO**	**TOTAL VEH. EQUIV.**	$q\ max_{15}$	$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q\ max\ 15)}$
NORTE	00-15	36	**36**	**0.79**
	15-30	23		
	30-45	25		
	45-60	30		
TOTAL		**114**		
SUR	00-15	53	**55**	**0.90**
	15-30	55		
	30-45	40		
	45-60	50		
TOTAL		**198**		
ESTE	00-15	177	**230**	**0.89**
	15-30	230		
	30-45	200		
	45-60	213		
TOTAL		**820**		
OESTE	00-15	285	**314**	**0.95**
	15-30	314		
	30-45	299		
	45-60	295		
TOTAL		**1193**		

Nota. Elaboración propia

Tabla C3

Factor hora pico- intersección con Av. San Martin

Cálculo de Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) Av. Miguel Grau - Av. San Martin				
DÍA Y FECHA: Lunes 17/05/21 **HORA PUNTA:** 12:30-1:30 PM	**INTERVALO**	**TOTAL VEH. EQUIV.**	$q\ max_{15}$	$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q\ max\ 15)}$
NORTE	00-15	123	**128**	**0.90**
	15-30	119		
	30-45	128		
	45-60	90		
TOTAL		**460**		
SUR	00-15	51	**62**	**0.89**
	15-30	54		
	30-45	54		
	45-60	62		
TOTAL		**221**		
ESTE	00-15	196	**235**	**0.91**
	15-30	221		
	30-45	201		
	45-60	235		
TOTAL		**853**		
OESTE	00-15	278	**283**	**0.94**
	15-30	283		
	30-45	249		
	45-60	249		
TOTAL		**1059**		

Nota. Elaboración propia

Tabla C4

Factor hora pico- intersección con Jr. Tonsman

Cálculo de Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) Av. Miguel Grau - Jr.Tonsman				
DÍA Y FECHA: Lunes 17/05/21 **HORA PUNTA:** 12:30-1:30 PM	**INTERVALO**	**TOTAL VEH. EQUIV.**	$q\ max_{15}$	$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q\ max\ 15)}$
NORTE	00-15	36	**37**	**0.89**
	15-30	37		
	30-45	28		
	45-60	31		
TOTAL		**132**		
SUR	00-15	43	**43**	**0.85**
	15-30	33		
	30-45	37		
	45-60	33		
TOTAL		**146**		
ESTE	00-15	212	**242**	**0.90**
	15-30	228		
	30-45	194		
	45-60	242		
TOTAL		**876**		
OESTE	00-15	268	**268**	**0.94**
	15-30	248		
	30-45	234		
	45-60	254		
TOTAL		**1004**		

Nota Elaboración propia

Tabla C5

Factor hora pico- intersección con Av. Gullman

Cálculo de Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) Av. Miguel Grau - Av. Gullman				
DÍA Y FECHA: Lunes 17/05/21 **HORA PUNTA:** 12:30-1:30 PM	**INTERVALO**	**TOTAL VEH. EQUIV.**	$q\ max_{15}$	$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q\ max\ 15)}$
NORTE	00-15	116	**152**	**0.91**
	15-30	151		
	30-45	152		
	45-60	133		
TOTAL		**552**		
SUR	00-15	274	**324**	**0.89**
	15-30	269		
	30-45	324		
	45-60	286		
TOTAL		**1153**		
ESTE	00-15	229	**258**	**0.89**
	15-30	231		
	30-45	201		
	45-60	258		
TOTAL		**919**		
OESTE	00-15	308	**308**	**0.92**
	15-30	264		
	30-45	289		
	45-60	274		
TOTAL		**1135**		

Nota. Elaboración propia

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Apéndice D. Reportes Synchro

Reporte de la situación actual

Figura D1

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau — 01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.98			0.95				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2613	0	0	3068	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2677	0	0	2613	0	0	2991	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					17			16				
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		23.1			7.3			7.8			13.3	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	645	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.01	1.01	1.01	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	50.0	50.0			50.0		30.0	30.0				
Total Split (%)	62.5%	62.5%			62.5%		37.5%	37.5%				
Maximum Green (s)	44.0	44.0			44.0		24.0	24.0				
Yellow Time (s)	4.0	4.0			4.0		4.0	4.0				
All-Red Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0				
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			6.0				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
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 Eflct Green (s)		44.0			44.0			24.0				
Actuated g/C Ratio		0.55			0.55			0.30				
v/c Ratio		0.87			0.55			0.71				
Control Delay		20.0			13.1			29.4				
Queue Delay		0.0			0.0			0.0				
Total Delay		20.0			13.1			29.4				
LOS		B			B			C				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau 01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		20.0			13.1			29.4				
Approach LOS		B			B			C				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 80
Actuated Cycle Length: 80
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.87
Intersection Signal Delay: 20.2 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 96.5% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D2

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cush & Av. Grau 01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	32	1066	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.99			0.90			0.93	
Frt		0.987			0.994			0.937			0.962	
Flt Protected		0.999			0.996			0.988			0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2571	0	0	2654	0	0	1456	0	0	1501	0
Flt Permitted		0.904			0.639			0.892			0.847	
Satd. Flow (perm)	0	2324	0	0	1703	0	0	1283	0	0	1250	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		19			8			29			26	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			71.5	
Travel Time (s)		23.0			23.1			21.1			9.5	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	34	1112	111	82	800	39	53	64	102	46	58	41
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1257	0	0	921	0	0	219	0	0	145	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	48.0	48.0		48.0	48.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)	60.0%	60.0%		60.0%	60.0%		40.0%	40.0%		40.0%	40.0%	
Maximum Green (s)	42.0	42.0		42.0	42.0		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)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			6.0			6.0	
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			26.0			26.0	
Actuated g/C Ratio		0.52			0.52			0.32			0.32	
v/c Ratio		1.02			1.03			0.50			0.34	
Control Delay		47.3			54.4			23.5			19.5	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		47.3			54.4			23.5			19.5	

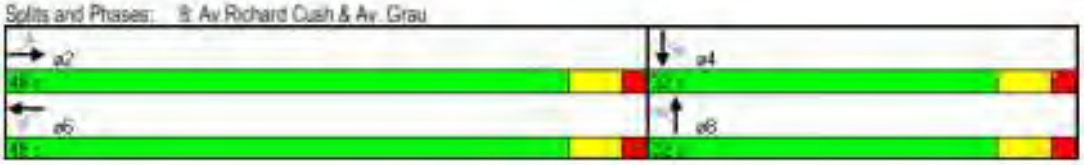
Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cush & Av. Grau

01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		D			D			C			B	
Approach Delay		47.3			54.4			23.5			19.5	
Approach LOS		D			D			C			B	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 80	
Actuated Cycle Length: 80	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green	
Natural Cycle: 65	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 1.03	
Intersection Signal Delay: 46.2	Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 96.7%	ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15	

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cush & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D3

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau

01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	*1.00	0.95
Ped Bike Factor		0.99			1.00			0.92			0.93	
Frt		0.991						0.961			0.971	
Flt Protected					0.991			0.964			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2646	0	0	2871	0	0	2755	0	0	2975	0
Flt Permitted					0.541			0.574			0.724	
Satd. Flow (perm)	0	2646	0	0	1560	0	0	1579	0	0	2106	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		12						35			41	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		23.6			23.0			21.9			16.8	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		48.0		48.0	48.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)		60.0%		60.0%	60.0%		40.0%	40.0%		40.0%	40.0%	
Maximum Green (s)		42.0		42.0	42.0		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	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Eflct Green (s)		42.0			42.0			26.0			26.0	
Actuated g/C Ratio		0.52			0.52			0.32			0.32	
v/c Ratio		0.81			1.16d			0.46			0.72	
Control Delay		19.0			93.8			21.6			28.6	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		19.0			93.8			21.6			28.6	

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau 01/09/2021

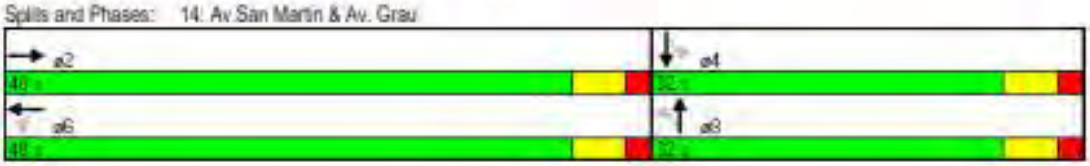
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			F			C			C	
Approach Delay		19.0			93.8			21.6			28.6	
Approach LOS		B			F			C			C	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 80	
Actuated Cycle Length: 80	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBT, Start of Green	
Natural Cycle: 80	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 1.14	
Intersection Signal Delay: 45.8	Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 108.8%	ICU Level of Service G
Analysis Period (min) 15	

* User Entered Value

d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 14: Av.San Martin & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D4

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman & Av. Grau

01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.99			0.95			0.95			0.93	
Frt		0.996			0.963			0.979			0.960	
Flt Protected		0.998			0.999			0.978			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2722	0	0	2618	0	0	1571	0	0	1518	0
Flt Permitted		0.856			0.854			0.807			0.817	
Satd. Flow (perm)	0	2330	0	0	2235	0	0	1253	0	0	1223	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		4			21			15			28	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		24.1			23.6			21.6			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	36	1003	29	29	837	108	79	66	27	64	29	55
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1068	0	0	974	0	0	172	0	0	148	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	40.0	40.0		40.0	40.0		40.0	40.0		40.0	40.0	
Total Split (%)	50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%		50.0%	50.0%	
Maximum Green (s)	34.0	34.0		34.0	34.0		34.0	34.0		34.0	34.0	
Yellow Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			6.0			6.0	
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 Eflct Green (s)		34.0			34.0			34.0			34.0	
Actuated g/C Ratio		0.42			0.42			0.42			0.42	
v/c Ratio		1.08			1.01			0.32			0.28	
Control Delay		75.9			47.4			15.9			13.7	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		75.9			47.4			15.9			13.7	
LOS		E			D			B			B	

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman & Av. Grau

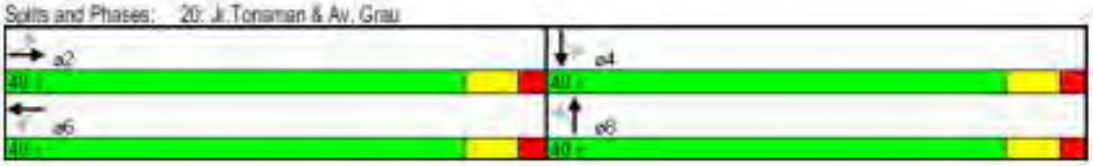
01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		75.9			47.4			15.9			13.7	
Approach LOS		E			D			B			B	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 80
Actuated Cycle Length: 80
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 1.08
Intersection Signal Delay: 55.9 Intersection LOS: E
Intersection Capacity Utilization 81.0% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D5

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.7	2.6	2.6	3.5	3.2	3.2
Storage Length (m)	0.0		0.0	0.0		0.0	47.0		0.0	36.0		0.0
Storage Lanes	0		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.94			0.99			0.92			0.93	
Frt		0.979			0.994			0.986			0.970	
Flt Protected		0.992			0.995			0.979			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	2832	0	0	3077	0	0	3824	0	0	3584	0
Flt Permitted		0.571			0.553			0.686			0.662	
Satd. Flow (perm)	0	1617	0	0	1710	0	0	2525	0	0	2379	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		30			6			15			11	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		22.4			24.1			22.2			30.8	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	864	174	104	889	39	547	631	117	126	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1234	0	0	1032	0	0	1295	0	0	606	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)		7.0			0.0			11.0			13.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.13	1.34	1.33	1.16	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	23.0	23.0		23.0	23.0		23.0	23.0		23.0	23.0	
Total Split (s)	47.0	47.0		47.0	47.0		40.0	40.0		40.0	40.0	
Total Split (%)	54.0%	54.0%		54.0%	54.0%		46.0%	46.0%		46.0%	46.0%	
Maximum Green (s)	40.0	40.0		40.0	40.0		33.0	33.0		33.0	33.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		7.0			7.0			7.0			7.0	
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			33.0			33.0	
Actuated g/C Ratio		0.46			0.46			0.38			0.38	
v/c Ratio		1.62			1.31			2.56dl			1.31dl	

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 01/09/2021

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		309.5			172.2			185.8			26.4	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		309.5			172.2			185.8			26.4	
LOS		F			F			F			C	
Approach Delay		309.5			172.2			185.8			26.4	
Approach LOS		F			F			F			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 87
Actuated Cycle Length: 87
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 150
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 1.62
Intersection Signal Delay: 195.9 Intersection LOS: F
Intersection Capacity Utilization 133.2% ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman

Nota. Elaboración propia

Reporte para Alternativa 1

Figura D6

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Grau & Av. Sullana

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.98			0.95				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2613	0	0	3068	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2677	0	0	2613	0	0	2991	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					19			16				
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		23.1			7.3			7.8			13.3	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.01	1.01	1.01	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	53.0	53.0			53.0		27.0	27.0				
Total Split (%)	66.3%	66.3%			66.3%		33.8%	33.8%				
Maximum Green (s)	49.0	49.0			49.0		23.0	23.0				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
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	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)		49.0			49.0			23.0				
Actuated g/C Ratio		0.61			0.61			0.29				
v/c Ratio		0.78			0.49			0.74				
Control Delay		13.1			9.6			31.3				
Queue Delay		0.0			0.0			0.0				
Total Delay		13.1			9.6			31.3				
LOS		B			A			C				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Grau & Av. Sullana 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		13.1			9.6			31.3				
Approach LOS		B			A			C				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 80
Actuated Cycle Length: 80
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.78
Intersection Signal Delay: 16.4 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 91.5% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Grau & Av. Sullana

Nota. Elaboración propia

Figura D7

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cush & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	32	1066	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.99			0.92			0.94	
Frt		0.987			0.994			0.937			0.962	
Flt Protected		0.999			0.996			0.988			0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2587	0	0	2659	0	0	1478	0	0	1511	0
Flt Permitted		0.913			0.725			0.899			0.879	
Satd. Flow (perm)	0	2362	0	0	1930	0	0	1320	0	0	1316	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		28			12			47			30	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			71.5	
Travel Time (s)		23.0			23.1			21.1			9.5	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	34	1112	111	82	800	39	53	64	102	46	58	41
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1257	0	0	921	0	0	219	0	0	145	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	43.0	43.0		43.0	43.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (%)	66.2%	66.2%		66.2%	66.2%		33.8%	33.8%		33.8%	33.8%	
Maximum Green (s)	39.0	39.0		39.0	39.0		18.0	18.0		18.0	18.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 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 Eflct Green (s)		39.0			39.0			18.0			18.0	
Actuated g/C Ratio		0.60			0.60			0.28			0.28	
v/c Ratio		0.88			0.79			0.55			0.38	
Control Delay		20.3			16.4			21.6			18.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		20.3			16.4			21.6			18.3	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cush & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		C			B			C			B	
Approach Delay		20.3			16.4			21.6			18.3	
Approach LOS		C			B			C			B	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 65	
Actuated Cycle Length: 65	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green	
Natural Cycle: 60	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.88	
Intersection Signal Delay: 18.9	Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 91.7%	ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15	

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cush & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D8

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.99			0.99			0.93			0.94	
Frt		0.991						0.961			0.971	
Flt Protected					0.991			0.964			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2648	0	0	2871	0	0	2577	0	0	4171	0
Flt Permitted					0.578			0.610			0.749	
Satd. Flow (perm)	0	2648	0	0	1666	0	0	1571	0	0	3065	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		16						63			77	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		23.6			23.0			21.9			16.8	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		52.0		52.0	52.0		23.0	23.0		23.0	23.0	
Total Split (%)		69.3%		69.3%	69.3%		30.7%	30.7%		30.7%	30.7%	
Maximum Green (s)		48.0		48.0	48.0		19.0	19.0		19.0	19.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		48.0			48.0			19.0			19.0	
Actuated g/C Ratio		0.64			0.64			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.66			0.88			0.92d			0.61	
Control Delay		10.7			23.2			23.5			24.6	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		10.7			23.2			23.5			24.6	

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			C			C			C	
Approach Delay		10.7			23.2			23.5			24.6	
Approach LOS		B			C			C			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 75
Actuated Cycle Length: 75
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBT, Start of Green
Natural Cycle: 65
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.88
Intersection Signal Delay: 18.5 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 99.6% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 14: Av.San Martin & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D9

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.99			0.97			0.96			0.95	
Frt		0.996			0.983			0.979			0.950	
Flt Protected		0.998			0.999			0.978			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2729	0	0	2646	0	0	1578	0	0	1531	0
Flt Permitted		0.900			0.906			0.816			0.826	
Satd. Flow (perm)	0	2456	0	0	2397	0	0	1285	0	0	1260	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		7			34			17			53	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		24.1			23.6			21.6			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	36	1003	29	29	837	108	79	66	27	64	29	55
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1068	0	0	974	0	0	172	0	0	148	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	36.0	36.0		36.0	36.0		24.0	24.0		24.0	24.0	
Total Split (%)	60.0%	60.0%		60.0%	60.0%		40.0%	40.0%		40.0%	40.0%	
Maximum Green (s)	32.0	32.0		32.0	32.0		20.0	20.0		20.0	20.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 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)		32.0			32.0			20.0			20.0	
Actuated g/C Ratio		0.53			0.53			0.33			0.33	
v/c Ratio		0.81			0.75			0.39			0.33	
Control Delay		18.2			15.1			17.0			12.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		18.2			15.1			17.0			12.3	
LOS		B			B			B			B	

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman & Av. Grau

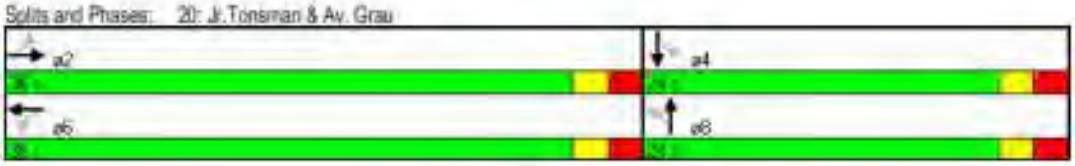
17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		18.2			15.1			17.0			12.3	
Approach LOS		B			B			B			B	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 60
Actuated Cycle Length: 60
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.81
Intersection Signal Delay: 16.5 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 77.7% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D10

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.93			0.98			0.90			0.91	
Frt		0.979			0.994			0.986			0.970	
Flt Protected		0.992			0.995			0.979			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	4213	0	0	3068	0	0	5465	0	0	3542	0
Flt Permitted		0.692			0.682			0.741			0.656	
Satd. Flow (perm)	0	2892	0	0	2088	0	0	3856	0	0	2318	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		35			4			20			34	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		22.4			24.1			22.2			30.8	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	864	174	104	889	39	547	631	117	126	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1234	0	0	1032	0	0	1295	0	0	606	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)		5.0			0.0			7.0			8.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	11.0	23.0		11.0	23.0		10.0	23.0		10.0	23.0	
Total Split (s)	40.0	43.0		40.0	43.0		30.0	37.0		30.0	37.0	
Total Split (%)	26.7%	28.7%		26.7%	28.7%		20.0%	24.7%		20.0%	24.7%	
Maximum Green (s)	38.0	39.0		38.0	39.0		28.0	33.0		28.0	33.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	2.0		0.0	2.0		0.0	2.0		0.0	2.0	
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		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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)		75.0			75.0			59.0			59.0	
Actuated g/C Ratio		0.50			0.50			0.39			0.39	
v/c Ratio		0.69			0.81			1.48dl			0.53	

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		25.4			31.7			35.5			30.5	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		25.4			31.7			35.5			30.5	
LOS		C			C			D			C	
Approach Delay		25.4			31.7			35.5			30.5	
Approach LOS		C			C			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 150
Actuated Cycle Length: 150
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 75
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.81
Intersection Signal Delay: 30.9 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 112.4% ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman

Nota. Elaboración propia

Reporte para Alternativa 2

Figura D11

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.98			0.98			0.96				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2620	0	0	3078	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2687	0	0	2620	0	0	3010	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					16			18				
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		173.2			54.9			65.4			99.7	
Travel Time (s)		23.1			7.3			8.7			13.3	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.01	1.01	1.01	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases	5	2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	10.0	22.0			22.0		23.0	23.0				
Total Split (s)	10.0	46.0			36.0		24.0	24.0				
Total Split (%)	14.3%	65.7%			51.4%		34.3%	34.3%				
Maximum Green (s)	8.0	42.0			32.0		20.0	20.0				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	0.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
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	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)		42.0			32.0			20.0				
Actuated g/C Ratio		0.60			0.46			0.29				
v/c Ratio		0.79			0.66			0.74				
Control Delay		15.1			17.6			28.1				
Queue Delay		0.0			0.0			0.0				
Total Delay		15.1			17.6			28.1				
LOS		B			B			C				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		15.1			17.6			28.1				
Approach LOS		B			B			C				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 70
Actuated Cycle Length: 70
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.79
Intersection Signal Delay: 18.9 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 91.5% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D12

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av. Richard Cushing & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	31	870	73	46	577	30	34	40	82	30	17	20
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.98			0.87			0.90	
Frt		0.989			0.993			0.929			0.960	
Flt Protected		0.998			0.996			0.989			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2576	0	0	2640	0	0	1412	0	0	1497	0
Flt Permitted		0.913			0.816			0.929			0.839	
Satd. Flow (perm)	0	2350	0	0	2153	0	0	1291	0	0	1218	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		17			10			63			24	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			141.0	
Travel Time (s)		20.7			20.8			19.0			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	33	916	77	52	648	34	38	44	91	38	22	25
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1026	0	0	734	0	0	173	0	0	85	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		28.0	28.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	59.0	59.0		59.0	59.0		31.0	31.0		31.0	31.0	
Total Split (%)	65.6%	65.6%		65.6%	65.6%		34.4%	34.4%		34.4%	34.4%	
Maximum Green (s)	55.0	55.0		55.0	55.0		27.0	27.0		27.0	27.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 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)		55.0			55.0			27.0			27.0	
Actuated g/C Ratio		0.61			0.61			0.30			0.30	
v/c Ratio		0.71			0.56			0.40			0.22	
Control Delay		15.3			12.2			18.9			19.4	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		15.3			12.2			18.9			19.4	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av. Richard Cushing & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			B			B			B	
Approach Delay		15.3			12.2			18.9			19.4	
Approach LOS		B			B			B			B	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 90
Actuated Cycle Length: 90
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.71
Intersection Signal Delay: 14.6 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 75.4% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15

Splits and Phases: 8: Av. Richard Cushing & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D13

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.99			1.00			0.93			0.94	
Frt		0.991						0.961			0.971	
Flt Protected					0.991			0.964			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2650	0	0	2871	0	0	2583	0	0	4177	0
Flt Permitted					0.555			0.617			0.753	
Satd. Flow (perm)	0	2650	0	0	1602	0	0	1596	0	0	3093	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		13						65			83	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		23.6			23.0			21.9			16.8	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		pm+pt	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2		1	6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		8.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		40.0		8.0	48.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (%)		57.1%		11.4%	68.6%		31.4%	31.4%		31.4%	31.4%	
Maximum Green (s)		36.0		6.0	44.0		18.0	18.0		18.0	18.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		0.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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		Lag		Lead								
Lead-Lag Optimize?		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)		36.0			44.0			18.0			18.0	
Actuated g/C Ratio		0.51			0.63			0.26			0.26	
v/c Ratio		0.82			0.87			0.88d			0.60	
Control Delay		20.8			20.6			21.4			22.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		20.8			20.6			21.4			22.3	

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		C			C			C			C	
Approach Delay		20.8			20.6			21.4			22.3	
Approach LOS		C			C			C			C	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 70	
Actuated Cycle Length: 70	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBT, Start of Green	
Natural Cycle: 65	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.87	
Intersection Signal Delay: 21.1	Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 99.8%	ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15	
* User Entered Value	
di Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.	

Splits and Phases: 14: Av.San Martin & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D14

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.99			0.96			0.96			0.95	
Frt		0.996			0.983			0.979			0.950	
Flt Protected		0.998			0.999			0.978			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2729	0	0	2646	0	0	1578	0	0	1531	0
Flt Permitted		0.912			0.918			0.824			0.831	
Satd. Flow (perm)	0	2487	0	0	2427	0	0	1298	0	0	1268	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		7			32			16			51	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		24.1			23.6			21.6			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	36	1003	29	29	837	108	79	66	27	64	29	55
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1068	0	0	974	0	0	172	0	0	148	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases	5	2		1	6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	8.0	22.0		8.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	8.0	30.0		8.0	30.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (%)	13.3%	50.0%		13.3%	50.0%		36.7%	36.7%		36.7%	36.7%	
Maximum Green (s)	6.0	26.0		6.0	26.0		18.0	18.0		18.0	18.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	2.0		0.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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)		30.0			30.0			18.0			18.0	
Actuated g/C Ratio		0.50			0.50			0.30			0.30	
v/c Ratio		0.85			0.78			0.43			0.36	
Control Delay		20.5			16.8			19.3			14.0	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		20.5			16.8			19.3			14.0	
LOS		C			B			B			B	

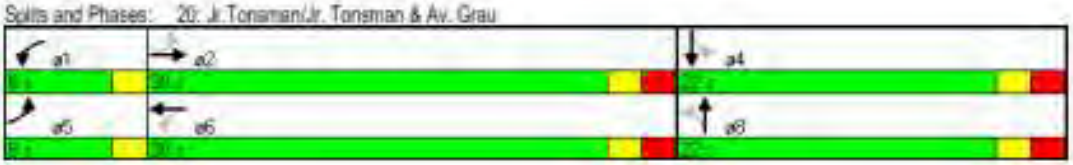
Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		20.5			16.8			19.3			14.0	
Approach LOS		C			B			B			B	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 60
Actuated Cycle Length: 60
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.85
Intersection Signal Delay: 18.5 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 77.7% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D15

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	608	160	68	600	27	487	562	74	84	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.91			0.97			0.90			0.91	
Frt		0.975			0.994			0.990			0.968	
Flt Protected		0.991			0.995			0.979			0.992	
Satd. Flow (prot)	0	4140	0	0	3068	0	0	5531	0	0	3488	0
Flt Permitted		0.713			0.759			0.740			0.695	
Satd. Flow (perm)	0	2898	0	0	2319	0	0	3875	0	0	2419	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		47			4			14			55	
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		22.4			24.1			22.2			30.8	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	661	174	76	674	30	547	631	83	92	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1031	0	0	780	0	0	1261	0	0	572	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)		5.0			0.0			7.0			8.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	11.0	23.0		11.0	23.0		10.0	23.0		10.0	23.0	
Total Split (s)	37.0	43.0		37.0	43.0		32.0	38.0		32.0	38.0	
Total Split (%)	24.7%	28.7%		24.7%	28.7%		21.3%	25.3%		21.3%	25.3%	
Maximum Green (s)	35.0	39.0		35.0	39.0		30.0	34.0		30.0	34.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	2.0		0.0	2.0		0.0	2.0		0.0	2.0	
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		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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)		72.0			72.0			62.0			62.0	
Actuated g/C Ratio		0.48			0.48			0.41			0.41	
v/c Ratio		0.61			0.61			1.39dl			0.46	

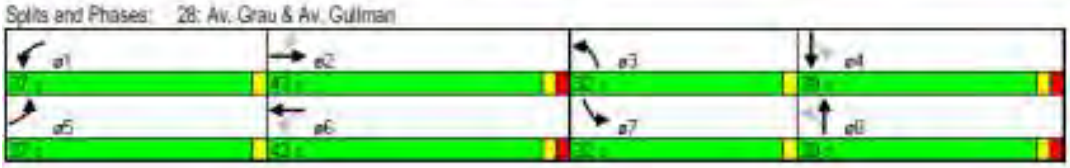
Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		24.8			26.8			32.1			26.5	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		24.8			26.8			32.1			26.5	
LOS		C			C			C			C	
Approach Delay		24.8			26.8			32.1			26.5	
Approach LOS		C			C			C			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 150
Actuated Cycle Length: 150
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 70
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.66
Intersection Signal Delay: 26.1 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 101.1% ICU Level of Service G
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

Reporte para Alternativa 3

Figura D16

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.97			0.98			0.95				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2613	0	0	3874	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2677	0	0	2613	0	0	3776	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					19			25				
Link Speed (k/h)		27			27			27			27	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		23.1			7.3			7.8			13.3	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.19	1.19	1.19	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	55.0	55.0			55.0		25.0	25.0				
Total Split (%)	68.8%	68.8%			68.8%		31.3%	31.3%				
Maximum Green (s)	51.0	51.0			51.0		21.0	21.0				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
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	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 Eflct Green (s)		51.0			51.0			21.0				
Actuated g/C Ratio		0.64			0.64			0.26				
v/c Ratio		0.75			0.47			0.64				
Control Delay		10.0			8.5			28.5				
Queue Delay		0.1			0.0			0.0				
Total Delay		10.1			8.5			28.5				
LOS		B			A			C				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

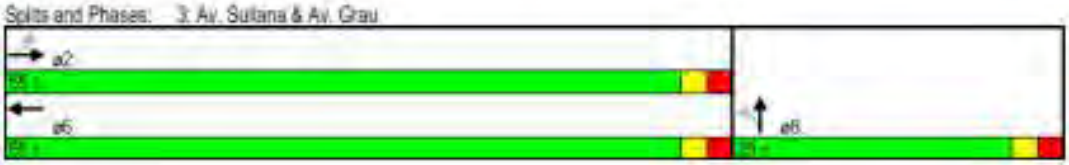
17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		10.1			8.5			28.5				
Approach LOS		B			A			C				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 80
Actuated Cycle Length: 80
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:EBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.75
Intersection Signal Delay: 14.0 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 85.7% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D17

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	775	40	123	550	0	118	0	39	186	168	70
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	*1.00	0.95
Ped Bike Factor		0.99			0.99			0.92			0.92	
Frt		0.993						0.963			0.975	
Flt Protected					0.991			0.964			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2650	0	0	2871	0	0	2754	0	0	2978	0
Flt Permitted					0.633			0.566			0.750	
Satd. Flow (perm)	0	2650	0	0	1817	0	0	1549	0	0	2158	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		10						44			30	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		21.3			20.7			19.7			15.1	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	824	43	135	604	0	133	0	44	207	187	78
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	867	0	0	739	0	0	177	0	0	472	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		56.0		56.0	56.0		34.0	34.0		34.0	34.0	
Total Split (%)		62.2%		62.2%	62.2%		37.8%	37.8%		37.8%	37.8%	
Maximum Green (s)		52.0		52.0	52.0		30.0	30.0		30.0	30.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		52.0			52.0			30.0			30.0	
Actuated g/C Ratio		0.58			0.58			0.33			0.33	
v/c Ratio		0.56			0.70			0.32			0.64	
Control Delay		13.5			13.3			18.6			28.4	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		13.5			13.3			18.6			28.4	

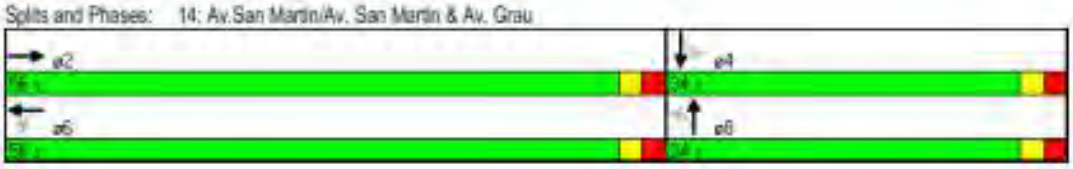
Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			B			B			C	
Approach Delay		13.5			13.3			18.6			28.4	
Approach LOS		B			B			B			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 90
Actuated Cycle Length: 90
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.70
Intersection Signal Delay: 17.0 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 87.6% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D18

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	28	720	16	20	589	66	43	43	13	38	10	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.99			0.97			0.96			0.94	
Frt		0.997			0.985			0.983			0.946	
Flt Protected		0.998			0.999			0.979			0.977	
Satd. Flow (prot)	0	2736	0	0	2659	0	0	1593	0	0	1522	0
Flt Permitted		0.916			0.925			0.861			0.848	
Satd. Flow (perm)	0	2502	0	0	2456	0	0	1364	0	0	1281	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		6			31			13			36	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		21.7			21.3			19.5			15.2	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	30	766	17	22	654	73	51	51	15	43	11	36
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	813	0	0	749	0	0	117	0	0	90	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	38.0	38.0		38.0	38.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (%)	63.3%	63.3%		63.3%	63.3%		36.7%	36.7%		36.7%	36.7%	
Maximum Green (s)	34.0	34.0		34.0	34.0		18.0	18.0		18.0	18.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 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 Eflct Green (s)		34.0			34.0			18.0			18.0	
Actuated g/C Ratio		0.57			0.57			0.30			0.30	
v/c Ratio		0.57			0.53			0.28			0.22	
Control Delay		15.3			9.4			16.5			12.2	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		15.3			9.4			16.5			12.2	
LOS		B			A			B			B	

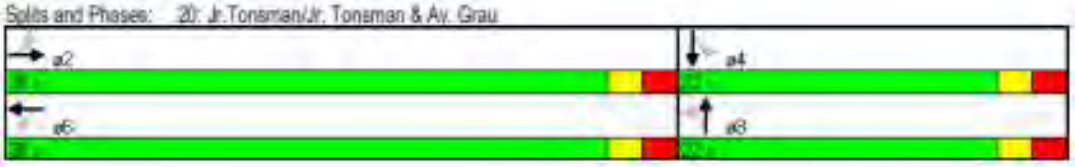
Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 17/07/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		15.3			9.4			16.5			12.2	
Approach LOS		B			A			B			B	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 60
Actuated Cycle Length: 60
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 45
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.57
Intersection Signal Delay: 12.7 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 65.6% ICU Level of Service C
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Reporte sincronización con volumen actual

Sincronización balanceada

Figura D19

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	86	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.98			0.93				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2609	0	0	3714	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2648	0	0	2609	0	0	3585	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					18			18				
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		20.8			6.6			7.0			12.0	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	79.0	79.0			79.0		31.0	31.0				
Total Split (%)	71.8%	71.8%			71.8%		28.2%	28.2%				
Maximum Green (s)	76.5	76.5			76.5		28.5	28.5				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	0.5	0.5			0.5		0.5	0.5				
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0				
Total Lost Time (s)		2.5			2.5			2.5				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
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)		76.5			76.5			28.5				
Actuated g/C Ratio		0.70			0.70			0.26				
v/c Ratio		0.69			0.43			0.69				
Control Delay		4.9			8.0			40.0				
Queue Delay		0.4			0.0			0.0				
Total Delay		5.3			8.0			40.0				
LOS		A			A			D				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		5.3			8.0			40.0				
Approach LOS		A			A			D				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBT, Start of Green, Master Intersection
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.69
Intersection Signal Delay: 14.3 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 85.7% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D20

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	32	1056	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.95			0.99			0.87			0.91	
Frt		0.987			0.994			0.937			0.962	
Flt Protected		0.999			0.996			0.988			0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2540	0	0	2645	0	0	1412	0	0	1479	0
Flt Permitted		0.903			0.677			0.894			0.814	
Satd. Flow (perm)	0	2292	0	0	1798	0	0	1241	0	0	1181	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		20			9			38			17	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			141.0	
Travel Time (s)		20.7			20.8			19.0			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	34	1112	111	82	800	39	53	64	102	46	58	41
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1257	0	0	921	0	0	219	0	0	145	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		28.0	28.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	78.0	78.0		78.0	78.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)	70.9%	70.9%		70.9%	70.9%		29.1%	29.1%		29.1%	29.1%	
Maximum Green (s)	74.0	74.0		74.0	74.0		27.0	27.0		27.0	27.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			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)		74.0			74.0			27.0			27.0	
Actuated g/C Ratio		0.67			0.67			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.81			0.76			0.68			0.48	
Control Delay		8.9			14.8			41.3			37.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		8.9			14.8			41.3			37.3	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		A			B			D			D	
Approach Delay		8.9			14.8			41.3			37.3	
Approach LOS		A			B			D			D	

Intersection Summary
Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 90 (82%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 75
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.81
Intersection Signal Delay: 15.4 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 92.6% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D21

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau — 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.98			0.99			0.90			0.91	
Frt		0.991						0.961			0.971	
Flt Protected					0.991			0.964			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2635	0	0	2871	0	0	2716	0	0	4131	0
Flt Permitted					0.560			0.587			0.728	
Satd. Flow (perm)	0	2635	0	0	1611	0	0	1575	0	0	2906	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		14						41			50	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		21.3			20.7			19.7			15.1	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		82.0		82.0	82.0		28.0	28.0		28.0	28.0	
Total Split (%)		74.5%		74.5%	74.5%		25.5%	25.5%		25.5%	25.5%	
Maximum Green (s)		78.0		78.0	78.0		24.0	24.0		24.0	24.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		78.0			78.0			24.0			24.0	
Actuated g/C Ratio		0.71			0.71			0.22			0.22	
v/c Ratio		0.60			0.82			1.20dl			1.09dl	
Control Delay		11.6			9.1			42.0			44.6	
Queue Delay		1.3			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		12.9			9.1			42.0			44.6	

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			A			D			D	
Approach Delay		12.9			9.1			42.0			44.6	
Approach LOS		B			A			D			D	

Intersection Summary
Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 102 (93%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 65
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.82
Intersection Signal Delay: 19.9 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 99.6% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D22

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau — 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.98			0.94			0.94			0.91	
Frt		0.996			0.983			0.979			0.960	
Flt Protected		0.998			0.999			0.978			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2712	0	0	2582	0	0	1562	0	0	1497	0
Flt Permitted		0.883			0.891			0.783			0.796	
Satd. Flow (perm)	0	2392	0	0	2298	0	0	1203	0	0	1172	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		5			25			8			26	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		21.7			21.3			19.5			15.2	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	36	1003	29	29	837	108	79	66	27	64	29	55
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1068	0	0	974	0	0	172	0	0	148	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	77.0	77.0		77.0	77.0		33.0	33.0		33.0	33.0	
Total Split (%)	70.0%	70.0%		70.0%	70.0%		30.0%	30.0%		30.0%	30.0%	
Maximum Green (s)	72.0	72.0		72.0	72.0		28.0	28.0		28.0	28.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
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)		72.0			72.0			28.0			28.0	
Actuated g/C Ratio		0.65			0.65			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.68			0.64			0.55			0.47	
Control Delay		8.1			14.4			41.6			34.0	
Queue Delay		0.1			0.4			0.0			0.0	
Total Delay		8.2			14.8			41.6			34.0	
LOS		A			B			D			C	

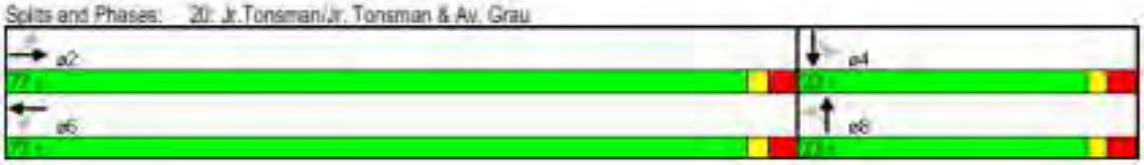
Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		8.2			14.8			41.6			34.0	
Approach LOS		A			B			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 60 (55%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.68
Intersection Signal Delay: 15.0 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 79.3% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D23

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.94			0.98			0.91			0.92	
Frt		0.979			0.994			0.986			0.970	
Flt Protected		0.992			0.995			0.979			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	4239	0	0	3073	0	0	5480	0	0	3568	0
Flt Permitted		0.695			0.682			0.752			0.665	
Satd. Flow (perm)	0	2928	0	0	2093	0	0	3951	0	0	2370	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		46			5			24			23	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		20.2			21.7			20.0			27.7	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	864	174	104	889	39	547	631	117	126	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1234	0	0	1032	0	0	1295	0	0	606	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)		7.0			0.0			11.0			13.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	10.0	23.0		10.0	23.0		9.0	23.0		9.0	23.0	
Total Split (s)	26.0	38.0		26.0	38.0		14.0	32.0		14.0	32.0	
Total Split (%)	23.6%	34.5%		23.6%	34.5%		12.7%	29.1%		12.7%	29.1%	
Maximum Green (s)	24.0	32.0		24.0	32.0		12.0	27.0		12.0	27.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	4.0		0.0	4.0		0.0	3.0		0.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			5.0			5.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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)		52.0			52.0			36.0			36.0	
Actuated g/C Ratio		0.47			0.47			0.33			0.33	
v/c Ratio		0.75			0.88			2.05dl			0.68	

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

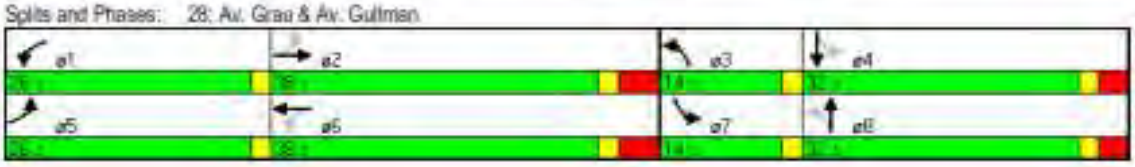
25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		20.8			26.0			41.8			31.5	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		20.8			26.0			41.8			31.5	
LOS		C			C			D			C	
Approach Delay		20.8			26.0			41.8			31.5	
Approach LOS		C			C			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 86 (78%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 100
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.90
Intersection Signal Delay: 30.2 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 117.4% ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

Sincronización con mayor congestionamiento

Figura D24

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau — 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	469	743	0	0	680	55	115	433	66	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.97			0.93				
Frt					0.989			0.984				
Flt Protected		0.981						0.991				
Satd. Flow (prot)	0	2758	0	0	2607	0	0	3712	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.991				
Satd. Flow (perm)	0	2646	0	0	2607	0	0	3571	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					16			17				
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		20.8			6.6			7.0			12.0	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	494	782	0	0	731	59	121	456	69	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1276	0	0	790	0	0	646	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	85.0	85.0			85.0		35.0	35.0				
Total Split (%)	70.8%	70.8%			70.8%		29.2%	29.2%				
Maximum Green (s)	82.5	82.5			82.5		32.5	32.5				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	0.5	0.5			0.5		0.5	0.5				
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0				
Total Lost Time (s)		2.5			2.5			2.5				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
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)		82.5			82.5			32.5				
Actuated g/C Ratio		0.69			0.69			0.27				
v/c Ratio		0.70			0.44			0.66				
Control Delay		13.6			9.1			41.6				
Queue Delay		0.4			0.0			0.0				
Total Delay		14.0			9.1			41.6				
LOS		B			A			D				

Sincronizacion Trafico Actual-Av Sullana-Av Guilman 14/02/2022 TESIS — Synchro 8 Report Page 1

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

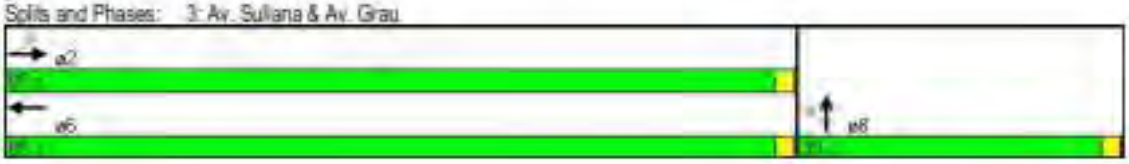
26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		14.0			9.1			41.6				
Approach LOS		B			A			D				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 120
Actuated Cycle Length: 120
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBT, Start of Green, Master Intersection
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.70
Intersection Signal Delay: 19.1 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 85.7% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D25

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau — 26/06/2022

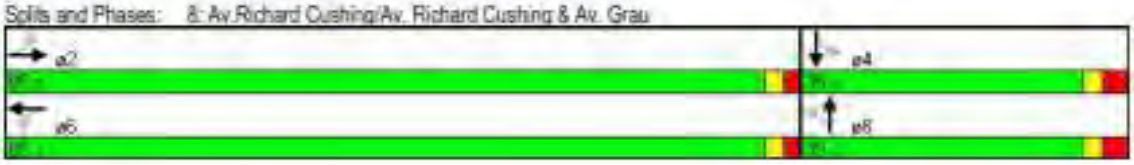
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	32	1056	105	73	712	35	48	58	92	36	46	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.95			0.98			0.86			0.91	
Frt		0.987			0.994			0.937			0.962	
Flt Protected		0.999			0.996			0.988			0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2538	0	0	2641	0	0	1397	0	0	1472	0
Flt Permitted		0.900			0.666			0.891			0.810	
Satd. Flow (perm)	0	2283	0	0	1766	0	0	1222	0	0	1168	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		19			8			35			16	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			141.0	
Travel Time (s)		20.7			20.8			19.0			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	34	1112	111	82	800	39	53	64	102	46	58	41
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1257	0	0	921	0	0	219	0	0	145	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		28.0	28.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	85.0	85.0		85.0	85.0		35.0	35.0		35.0	35.0	
Total Split (%)	70.8%	70.8%		70.8%	70.8%		29.2%	29.2%		29.2%	29.2%	
Maximum Green (s)	81.0	81.0		81.0	81.0		30.0	30.0		30.0	30.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			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)		81.0			81.0			30.0			30.0	
Actuated g/C Ratio		0.68			0.68			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.81			0.77			0.66			0.48	
Control Delay		13.3			16.6			44.5			40.1	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		13.3			16.6			44.5			40.1	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			B			D			D	
Approach Delay		13.3			16.6			44.5			40.1	
Approach LOS		B			B			D			D	

Intersection Summary
Area Type: CBD
Cycle Length: 120
Actuated Cycle Length: 120
Offset: 20 (17%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 75
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.81
Intersection Signal Delay: 18.7 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 92.6% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D26

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	998	61	155	698	0	163	0	58	204	168	88
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.98			0.99			0.90			0.91	
Frt		0.991						0.961			0.971	
Flt Protected					0.991			0.964			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2632	0	0	2871	0	0	2703	0	0	4120	0
Flt Permitted					0.556			0.584			0.723	
Satd. Flow (perm)	0	2632	0	0	1605	0	0	1555	0	0	2867	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		13						37			45	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		21.3			20.7			19.7			15.1	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	1062	65	170	767	0	183	0	65	227	187	98
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1127	0	0	937	0	0	248	0	0	512	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		91.0		91.0	91.0		29.0	29.0		29.0	29.0	
Total Split (%)		75.8%		75.8%	75.8%		24.2%	24.2%		24.2%	24.2%	
Maximum Green (s)		87.0		87.0	87.0		25.0	25.0		25.0	25.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Eflct Green (s)		87.0			87.0			25.0			25.0	
Actuated g/C Ratio		0.72			0.72			0.21			0.21	
v/c Ratio		0.59			0.80			1.32d			1.18d	
Control Delay		12.1			7.8			49.2			52.3	
Queue Delay		0.1			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		12.2			7.8			49.2			52.3	

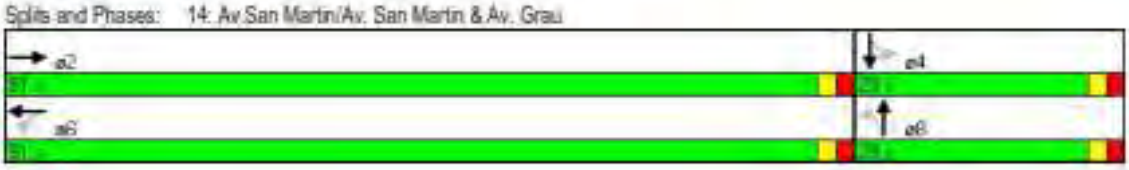
Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			A			D			D	
Approach Delay		12.2			7.6			49.2			52.3	
Approach LOS		B			A			D			D	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 120
Actuated Cycle Length: 120
Offset: 26 (22%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 65
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.81
Intersection Signal Delay: 21.3 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 99.6% ICU Level of Service F
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D27

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau — 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	34	943	27	26	753	97	67	56	23	57	26	49
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.98			0.94			0.93			0.91	
Frt		0.996			0.983			0.979			0.950	
Flt Protected		0.998			0.999			0.978			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2712	0	0	2579	0	0	1559	0	0	1491	0
Flt Permitted		0.881			0.888			0.779			0.792	
Satd. Flow (perm)	0	2387	0	0	2288	0	0	1191	0	0	1159	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		5			23			8			24	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		21.7			21.3			19.5			15.2	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	36	1003	29	29	837	108	79	66	27	64	29	55
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1068	0	0	974	0	0	172	0	0	148	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	84.0	84.0		84.0	84.0		36.0	36.0		36.0	36.0	
Total Split (%)	70.0%	70.0%		70.0%	70.0%		30.0%	30.0%		30.0%	30.0%	
Maximum Green (s)	79.0	79.0		79.0	79.0		31.0	31.0		31.0	31.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
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)		79.0			79.0			31.0			31.0	
Actuated g/C Ratio		0.66			0.66			0.26			0.26	
v/c Ratio		0.68			0.64			0.55			0.47	
Control Delay		17.0			11.1			44.3			36.8	
Queue Delay		0.0			0.4			0.0			0.0	
Total Delay		17.0			11.5			44.3			36.8	
LOS		B			B			D			D	

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		17.0			11.5			44.3			36.8	
Approach LOS		B			B			D			D	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 120
Actuated Cycle Length: 120
Offset: 40 (33%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 60
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.68
Intersection Signal Delay: 18.0 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 79.3% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D28

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	795	160	93	791	35	487	562	104	115	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.93			0.98			0.91			0.92	
Frt		0.979			0.994			0.986			0.970	
Flt Protected		0.992			0.995			0.979			0.990	
Satd. Flow (prot)	0	4233	0	0	3072	0	0	5476	0	0	3562	0
Flt Permitted		0.696			0.675			0.750			0.663	
Satd. Flow (perm)	0	2927	0	0	2070	0	0	3931	0	0	2358	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		41			5			23			23	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		20.2			21.7			20.0			27.7	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	864	174	104	889	39	547	631	117	126	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1234	0	0	1032	0	0	1295	0	0	606	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)		7.0			0.0			11.0			13.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	10.0	23.0		10.0	23.0		9.0	23.0		9.0	23.0	
Total Split (s)	30.0	37.0		30.0	37.0		20.0	33.0		20.0	33.0	
Total Split (%)	25.0%	30.8%		25.0%	30.8%		16.7%	27.5%		16.7%	27.5%	
Maximum Green (s)	28.0	31.0		28.0	31.0		18.0	28.0		18.0	28.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	4.0		0.0	4.0		0.0	3.0		0.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			5.0			5.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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)		55.0			55.0			43.0			43.0	
Actuated g/C Ratio		0.46			0.46			0.36			0.36	
v/c Ratio		0.76			0.90			1.73df			0.60	

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		23.9			27.2			34.3			28.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		23.9			27.2			34.3			28.3	
LOS		C			C			C			C	
Approach Delay		23.9			27.2			34.3			28.3	
Approach LOS		C			C			C			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 120
Actuated Cycle Length: 120
Offset: 105 (88%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 100
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.90
Intersection Signal Delay: 28.6 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 117.4% ICU Level of Service H
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman

Nota. Elaboración propia

Reporte sincronización con anillo vial

Sincronización balanceada

Figura D29

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	382	650	0	0	588	51	80	433	64	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.97			0.94				
Frt					0.988			0.983				
Flt Protected		0.982						0.993				
Satd. Flow (prot)	0	2754	0	0	2603	0	0	3691	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.993				
Satd. Flow (perm)	0	2830	0	0	2603	0	0	3696	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					18			20				
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		20.8			6.6			7.0			12.0	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	402	684	0	0	632	55	84	456	67	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1086	0	0	687	0	0	607	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	77.0	77.0			77.0		33.0	33.0				
Total Split (%)	70.0%	70.0%			70.0%		30.0%	30.0%				
Maximum Green (s)	74.5	74.5			74.5		30.5	30.5				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	0.5	0.5			0.5		0.5	0.5				
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0				
Total Lost Time (s)		2.5			2.5			2.5				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
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)		74.5			74.5			30.5				
Actuated g/C Ratio		0.68			0.68			0.28				
v/c Ratio		0.61			0.39			0.60				
Control Delay		5.6			8.3			36.2				
Queue Delay		0.1			0.0			0.0				
Total Delay		5.7			8.3			36.2				
LOS		A			A			D				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		5.7			8.3			36.2				
Approach LOS		A			A			D				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBT, Start of Green, Master Intersection
Natural Cycle: 50
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.61
Intersection Signal Delay: 14.2 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 76.3% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D30

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 25/06/2022

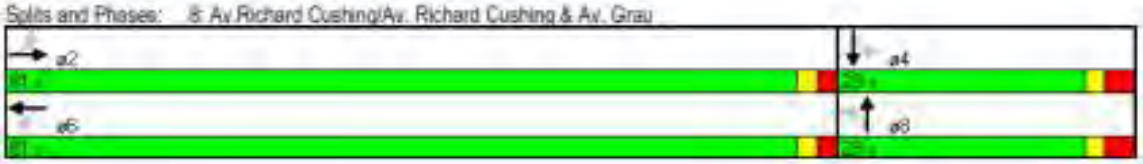
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	31	870	73	46	577	30	34	40	82	30	17	20
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.98			0.85			0.89	
Frt		0.989			0.993			0.929			0.960	
Flt Protected		0.998			0.996			0.989			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2558	0	0	2633	0	0	1379	0	0	1482	0
Flt Permitted		0.909			0.804			0.918			0.806	
Satd. Flow (perm)	0	2323	0	0	2113	0	0	1239	0	0	1151	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		18			11			46			17	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			141.0	
Travel Time (s)		20.7			20.8			19.0			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	33	916	77	52	648	34	38	44	91	38	22	25
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1026	0	0	734	0	0	173	0	0	85	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		28.0	28.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	81.0	81.0		81.0	81.0		29.0	29.0		29.0	29.0	
Total Split (%)	73.6%	73.6%		73.6%	73.6%		26.4%	26.4%		26.4%	26.4%	
Maximum Green (s)	77.0	77.0		77.0	77.0		24.0	24.0		24.0	24.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			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)		77.0			77.0			24.0			24.0	
Actuated g/C Ratio		0.70			0.70			0.22			0.22	
v/c Ratio		0.63			0.50			0.57			0.32	
Control Delay		4.6			7.7			36.0			32.7	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		4.6			7.7			36.0			32.7	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		A			A			D			C	
Approach Delay		4.6			7.7			36.0			32.7	
Approach LOS		A			A			D			C	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 110	
Actuated Cycle Length: 110	
Offset: 88 (80%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green	
Natural Cycle: 60	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.83	
Intersection Signal Delay: 9.6	Intersection LOS: A
Intersection Capacity Utilization 76.2%	ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15	

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D31

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	775	40	123	550	0	118	0	39	186	168	70
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.99			0.99			0.90			0.91	
Frt		0.993						0.963			0.975	
Flt Protected					0.991			0.964			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2644	0	0	2871	0	0	2730	0	0	4149	0
Flt Permitted					0.636			0.573			0.763	
Satd. Flow (perm)	0	2644	0	0	1819	0	0	1535	0	0	3024	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		10						39			43	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		21.3			20.7			19.7			15.1	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	824	43	135	604	0	133	0	44	207	187	78
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	867	0	0	739	0	0	177	0	0	472	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		78.0		78.0	78.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)		70.9%		70.9%	70.9%		29.1%	29.1%		29.1%	29.1%	
Maximum Green (s)		74.0		74.0	74.0		28.0	28.0		28.0	28.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		74.0			74.0			28.0			28.0	
Actuated g/C Ratio		0.67			0.67			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.49			0.60			0.42			0.59	
Control Delay		7.3			6.6			30.0			36.0	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		7.3			6.6			30.0			36.0	

Lanes, Volumes, Timings

14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau

25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		A			A			C			D	
Approach Delay		7.3			6.6			30.0			35.0	
Approach LOS		A			A			C			D	

Intersection Summary

Area Type: CBD

Cycle Length: 110

Actuated Cycle Length: 110

Offset: 103 (94%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green

Natural Cycle: 55

Control Type: Pretimed

Maximum v/c Ratio: 0.60

Intersection Signal Delay: 14.9 Intersection LOS: B

Intersection Capacity Utilization 86.4% ICU Level of Service E

Analysis Period (min) 15

* User Entered Value

Splits and Phases: 14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D32

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	28	720	16	20	589	66	43	43	13	38	10	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.98			0.95			0.94			0.90	
Frt		0.997			0.985			0.983			0.946	
Flt Protected		0.998			0.999			0.979			0.977	
Satd. Flow (prot)	0	2723	0	0	2602	0	0	1580	0	0	1486	0
Flt Permitted		0.905			0.917			0.850			0.835	
Satd. Flow (perm)	0	2456	0	0	2380	0	0	1312	0	0	1209	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		4			23			6			29	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		21.7			21.3			19.5			15.2	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	30	766	17	22	654	73	51	51	15	43	11	36
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	813	0	0	749	0	0	117	0	0	90	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	78.0	78.0		78.0	78.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)	70.9%	70.9%		70.9%	70.9%		29.1%	29.1%		29.1%	29.1%	
Maximum Green (s)	74.0	74.0		74.0	74.0		28.0	28.0		28.0	28.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 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 Eflct Green (s)		74.0			74.0			28.0			28.0	
Actuated g/C Ratio		0.67			0.67			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.49			0.47			0.35			0.27	
Control Delay		4.7			9.3			35.2			25.2	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		4.7			9.3			35.2			25.2	
LOS		A			A			D			C	

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		4.7			9.3			35.2			25.3	
Approach LOS		A			A			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 62 (56%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 45
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.49
Intersection Signal Delay: 9.7 Intersection LOS: A
Intersection Capacity Utilization 65.6% ICU Level of Service C
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D33

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	608	160	68	600	27	487	562	74	84	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.92			0.96			0.91			0.92	
Frt		0.975			0.994			0.990			0.968	
Flt Protected		0.991			0.995			0.979			0.992	
Satd. Flow (prot)	0	4171	0	0	3074	0	0	5542	0	0	3515	0
Flt Permitted		0.711			0.739			0.738			0.686	
Satd. Flow (perm)	0	2921	0	0	2264	0	0	3902	0	0	2409	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		60			5			18			26	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		20.2			21.7			20.0			27.7	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	661	174	76	674	30	547	631	83	92	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1031	0	0	780	0	0	1261	0	0	572	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)		7.0			0.0			11.0			13.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	10.0	23.0		10.0	23.0		9.0	23.0		9.0	23.0	
Total Split (s)	10.0	51.0		10.0	51.0		9.0	40.0		9.0	40.0	
Total Split (%)	9.1%	46.4%		9.1%	46.4%		8.2%	36.4%		8.2%	36.4%	
Maximum Green (s)	8.0	45.0		8.0	45.0		7.0	35.0		7.0	35.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	4.0		0.0	4.0		0.0	3.0		0.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			5.0			5.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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 Eflct Green (s)		49.0			49.0			39.0			39.0	
Actuated g/C Ratio		0.45			0.45			0.35			0.35	
v/c Ratio		0.75			0.75			2.18dl			0.63	

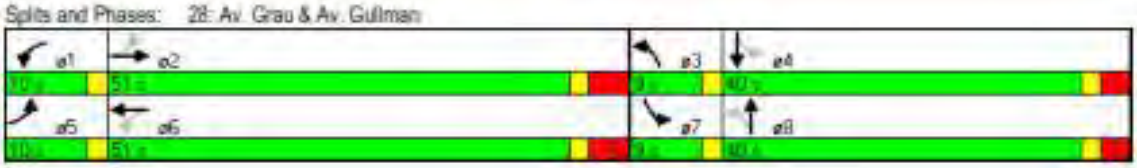
Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman 25/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		26.2			22.4			38.7			29.8	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		26.2			22.4			38.7			29.8	
LOS		C			C			D			C	
Approach Delay		26.2			22.4			38.7			29.8	
Approach LOS		C			C			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 67 (61%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 65
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.87
Intersection Signal Delay: 30.3 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 106.1% ICU Level of Service G
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman



Nota. Elaboración propia

Sincronización con mayor congestionamiento

Figura D34

Intersección con Av. Sullana

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	382	650	0	0	588	51	80	433	64	0	0	0
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.97			0.94				
Frt					0.988			0.983				
Flt Protected		0.982						0.993				
Satd. Flow (prot)	0	2754	0	0	2603	0	0	3691	0	0	0	0
Flt Permitted		*0.980						0.993				
Satd. Flow (perm)	0	2630	0	0	2603	0	0	3596	0	0	0	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)					16			21				
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		173.2			54.9			58.2			99.7	
Travel Time (s)		20.8			6.6			7.0			12.0	
Confl. Peds. (#/hr)	147					203	90		160			
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.25	0.25	0.25
Heavy Vehicles (%)	0%	17%	0%	0%	16%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	402	684	0	0	632	55	84	456	67	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1086	0	0	687	0	0	607	0	0	0	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA			NA		Perm	NA				
Protected Phases		2			6			8				
Permitted Phases	2						8					
Minimum Split (s)	22.0	22.0			22.0		22.0	22.0				
Total Split (s)	73.0	73.0			73.0		37.0	37.0				
Total Split (%)	66.4%	66.4%			66.4%		33.6%	33.6%				
Maximum Green (s)	70.5	70.5			70.5		34.5	34.5				
Yellow Time (s)	2.0	2.0			2.0		2.0	2.0				
All-Red Time (s)	0.5	0.5			0.5		0.5	0.5				
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0				
Total Lost Time (s)		2.5			2.5			2.5				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
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 Eflct Green (s)		70.5			70.5			34.5				
Actuated g/C Ratio		0.64			0.64			0.31				
v/c Ratio		0.64			0.41			0.53				
Control Delay		16.0			10.3			32.0				
Queue Delay		0.1			0.0			0.0				
Total Delay		16.1			10.3			32.0				
LOS		B			B			C				

Lanes, Volumes, Timings
3: Av. Sullana & Av. Grau

26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		16.1			10.3			32.0				
Approach LOS		B			B			C				

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:WBT, Start of Green, Master Intersection
Natural Cycle: 50
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.64
Intersection Signal Delay: 18.5 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 76.3% ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 3: Av. Sullana & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D35

Intersección con Av. Richard Cushing

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 26/06/2022

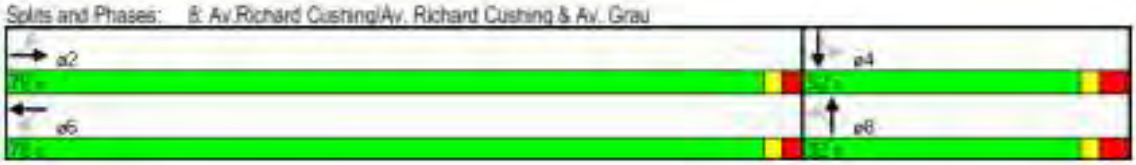
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	31	870	73	46	577	30	34	40	82	30	17	20
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.96			0.98			0.85			0.89	
Frt		0.989			0.993			0.929			0.960	
Flt Protected		0.998			0.996			0.989			0.978	
Satd. Flow (prot)	0	2558	0	0	2633	0	0	1379	0	0	1482	0
Flt Permitted		0.909			0.804			0.920			0.833	
Satd. Flow (perm)	0	2323	0	0	2114	0	0	1242	0	0	1188	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		17			10			48			18	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		172.8			173.2			158.2			141.0	
Travel Time (s)		20.7			20.8			19.0			16.9	
Confl. Peds. (#/hr)	93		146	146		93	87		109	109		87
Peak Hour Factor	0.95	0.95	0.95	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.79	0.79	0.79
Heavy Vehicles (%)	0%	16%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	33	916	77	52	648	34	38	44	91	38	22	25
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1026	0	0	734	0	0	173	0	0	85	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		28.0	28.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	78.0	78.0		78.0	78.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)	70.9%	70.9%		70.9%	70.9%		29.1%	29.1%		29.1%	29.1%	
Maximum Green (s)	74.0	74.0		74.0	74.0		27.0	27.0		27.0	27.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		4.0			4.0			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	11.8		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		74.0			74.0			27.0			27.0	
Actuated g/C Ratio		0.67			0.67			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.65			0.52			0.51			0.28	
Control Delay		7.4			5.9			31.5			29.3	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		7.4			5.9			31.5			29.3	

Lanes, Volumes, Timings
8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		A			A			C			C	
Approach Delay		7.4			5.9			31.5			29.3	
Approach LOS		A			A			C			C	

Intersection Summary	
Area Type: CBD	
Cycle Length: 110	
Actuated Cycle Length: 110	
Offset: 11 (10%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green	
Natural Cycle: 60	
Control Type: Pretimed	
Maximum v/c Ratio: 0.65	
Intersection Signal Delay: 9.9	Intersection LOS: A
Intersection Capacity Utilization 76.2%	ICU Level of Service D
Analysis Period (min) 15	

Splits and Phases: 8: Av.Richard Cushing/Av. Richard Cushing & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D36

Intersección con Av. San Martin

Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau — 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	0	775	40	123	550	0	118	0	39	186	168	70
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	0.95	*1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.91	*1.00	0.91
Ped Bike Factor		0.99			0.99			0.90			0.91	
Frt		0.993						0.963			0.975	
Flt Protected					0.991			0.964			0.979	
Satd. Flow (prot)	0	2644	0	0	2871	0	0	2730	0	0	4149	0
Flt Permitted					0.621			0.578			0.763	
Satd. Flow (perm)	0	2644	0	0	1781	0	0	1547	0	0	3022	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		9						43			47	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		177.3			172.8			164.5			125.9	
Travel Time (s)		21.3			20.7			19.7			15.1	
Confl. Peds. (#/hr)			137	137			76		93	93		76
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
Heavy Vehicles (%)	0%	15%	0%	0%	14%	0%	5%	0%	5%	0%	18%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	824	43	135	604	0	133	0	44	207	187	78
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	867	0	0	739	0	0	177	0	0	472	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			0.0			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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.23	1.21	1.14	1.14	1.14	1.25	1.25	1.25
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type		NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases				6			8			4		
Minimum Split (s)		22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)		71.0		71.0	71.0		39.0	39.0		39.0	39.0	
Total Split (%)		64.5%		64.5%	64.5%		35.5%	35.5%		35.5%	35.5%	
Maximum Green (s)		67.0		67.0	67.0		35.0	35.0		35.0	35.0	
Yellow Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)		2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
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 Optimize?												
Walk Time (s)		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	
Pedestrian Calls (#/hr)		0		0	0		0	0		0	0	
Act Effct Green (s)		67.0			67.0			35.0			35.0	
Actuated g/C Ratio		0.61			0.61			0.32			0.32	
v/c Ratio		0.54			0.68			0.34			0.47	
Control Delay		13.6			12.3			23.6			28.8	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		13.6			12.3			23.6			28.8	

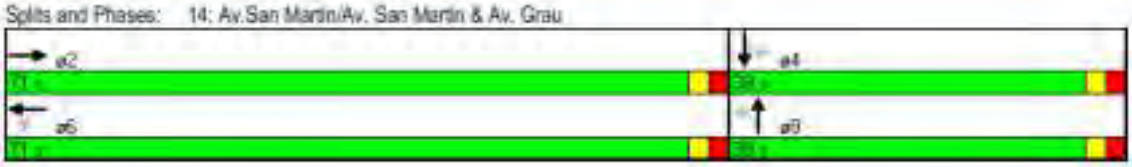
Lanes, Volumes, Timings
14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
LOS		B			B			C			C	
Approach Delay		13.6			12.3			23.6			28.8	
Approach LOS		B			B			C			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 39 (35%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 55
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.68
Intersection Signal Delay: 17.1 Intersection LOS: B
Intersection Capacity Utilization 86.4% ICU Level of Service E
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 14: Av.San Martin/Av. San Martin & Av. Grau



Nota. Elaboración propia

Figura D37

Intersección con Jr. Tonsman

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	28	720	16	20	589	66	43	43	13	38	10	32
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Lane Util. Factor	0.95	*0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor		0.98			0.96			0.94			0.90	
Frt		0.997			0.985			0.983			0.946	
Flt Protected		0.998			0.999			0.979			0.977	
Satd. Flow (prot)	0	2723	0	0	2602	0	0	1580	0	0	1486	0
Flt Permitted		0.904			0.916			0.842			0.826	
Satd. Flow (perm)	0	2453	0	0	2377	0	0	1298	0	0	1194	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		4			22			6			29	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		180.8			177.3			162.2			127.0	
Travel Time (s)		21.7			21.3			19.5			15.2	
Confl. Peds. (#/hr)	154		145	145		154	62		70	70		62
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89
Heavy Vehicles (%)	0%	13%	0%	2%	13%	1%	4%	0%	3%	0%	4%	0%
Adj. Flow (vph)	30	766	17	22	654	73	51	51	15	43	11	36
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	813	0	0	749	0	0	117	0	0	90	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			0.0			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	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA		Perm	NA	
Protected Phases		2			6			8			4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0	
Total Split (s)	78.0	78.0		78.0	78.0		32.0	32.0		32.0	32.0	
Total Split (%)	70.9%	70.9%		70.9%	70.9%		29.1%	29.1%		29.1%	29.1%	
Maximum Green (s)	73.0	73.0		73.0	73.0		27.0	27.0		27.0	27.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
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 Eflct Green (s)		73.0			73.0			27.0			27.0	
Actuated g/C Ratio		0.66			0.66			0.25			0.25	
v/c Ratio		0.50			0.47			0.36			0.29	
Control Delay		8.6			5.2			36.4			26.1	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		8.6			5.2			36.4			26.1	
LOS		A			A			D			C	

Lanes, Volumes, Timings
20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau 26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Approach Delay		8.6			5.2			36.4			25.1	
Approach LOS		A			A			D			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 66 (60%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 45
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.50
Intersection Signal Delay: 9.9 Intersection LOS: A
Intersection Capacity Utilization 67.3% ICU Level of Service C
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value

Splits and Phases: 20: Jr.Tonsman/Jr. Tonsman & Av. Grau

Nota. Elaboración propia

Figura D38

Intersección con Av. Gullman

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	180	608	160	68	600	27	487	562	74	84	327	110
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Storage Length (m)	60.0		0.0	0.0		0.0	60.0		0.0	60.0		0.0
Storage Lanes	1		0	0		0	1		0	1		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00	*1.00
Ped Bike Factor		0.92			0.98			0.91			0.92	
Frt		0.975			0.994			0.990			0.968	
Flt Protected		0.991			0.995			0.979			0.992	
Satd. Flow (prot)	0	4171	0	0	3074	0	0	5542	0	0	3515	0
Flt Permitted		0.718			0.753			0.738			0.696	
Satd. Flow (perm)	0	2950	0	0	2307	0	0	3902	0	0	2444	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)		55			4			20			29	
Link Speed (k/h)		30			30			30			30	
Link Distance (m)		168.3			180.8			166.7			231.1	
Travel Time (s)		20.2			21.7			20.0			27.7	
Confl. Peds. (#/hr)	320		284	284		320	235		212	212		235
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91
Heavy Vehicles (%)	6%	6%	8%	12%	2%	3%	10%	13%	6%	0%	37%	0%
Bus Blockages (#/hr)	0	2	0	0	3	0	0	5	0	0	6	0
Adj. Flow (vph)	196	661	174	76	674	30	547	631	83	92	359	121
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	1031	0	0	780	0	0	1261	0	0	572	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)		7.0			0.0			11.0			13.0	
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	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.22	1.21
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA		pm+pt	NA	
Protected Phases	5	2		1	6		3	8		7	4	
Permitted Phases	2			6			8			4		
Minimum Split (s)	10.0	23.0		10.0	23.0		9.0	23.0		9.0	23.0	
Total Split (s)	20.0	35.0		20.0	35.0		15.0	40.0		15.0	40.0	
Total Split (%)	18.2%	31.8%		18.2%	31.8%		13.6%	36.4%		13.6%	36.4%	
Maximum Green (s)	18.0	29.0		18.0	29.0		13.0	35.0		13.0	35.0	
Yellow Time (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
All-Red Time (s)	0.0	4.0		0.0	4.0		0.0	3.0		0.0	3.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		6.0			6.0			5.0			5.0	
Lead/Lag	Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag		Lead	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
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)		43.0			43.0			45.0			45.0	
Actuated g/C Ratio		0.39			0.39			0.41			0.41	
v/c Ratio		0.77			0.78			1.68dl			0.51	

Lanes, Volumes, Timings
28: Av. Grau & Av. Gullman

26/06/2022

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Control Delay		27.5			22.9			26.0			21.1	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		27.5			22.9			26.0			21.1	
LOS		C			C			C			C	
Approach Delay		27.5			22.9			26.0			21.1	
Approach LOS		C			C			C			C	

Intersection Summary

Area Type: CBD
Cycle Length: 110
Actuated Cycle Length: 110
Offset: 106 (96%), Referenced to phase 6:WBTL, Start of Green
Natural Cycle: 65
Control Type: Pretimed
Maximum v/c Ratio: 0.78
Intersection Signal Delay: 25.0 Intersection LOS: C
Intersection Capacity Utilization 106.1% ICU Level of Service G
Analysis Period (min) 15
* User Entered Value
d Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Splits and Phases: 28: Av. Grau & Av. Gullman

Nota. Elaboración propia

Anexos

UNIVERSITAS • STUDIORUM • PIURENSIS

Anexo A

Tabla A1

Anchos de carriles

CLASIFICACION DE VIAS		Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (Mts)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (5)
	LOCAL	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	COLECTORA	40 A 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
ARTERIAL		50 A 60	3.30	3.25	3.50	6.75
		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
		70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0
EXPRESAS		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

Nota. Los anchos indicados son válidos en tramos rectos. Para zonas de curva ver la sección relativa a diseño de curvas horizontales del presente manual. *El uso de los anchos mínimos exige trazados con clotoides para velocidades iguales o mayores a 50 km/hora. *Si el porcentaje de vehículos pesados excede el 10% entonces el mínimo para <70 km/horas es 3.25mts y para V>=70 km/hora es 3.50 mts. Chávez (2015, p. 10)

Tabla A2

Tasa de crecimiento promedio anual de la población por departamento

TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA,SEGÚN DEPARTAMENTO, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 Y 2017						
Departamento	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)					
	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007 -2017
Total	2.2	2.9	2.5	2.2	1.5	0.7
Amazonas	2.9	4.6	3.0	2.4	0.8	0.1
Áncash 1/	1.5	2.0	1.4	1.2	0.8	0.2
Apurímac	0.5	0.6	0.5	1.4	0.4	0.0
Arequipa	1.9	2.9	3.2	2.2	1.6	1.8
Ayacucho	0.6	1.0	1.1	-0.2	1.5	0.1
Cajamarca 1/	2.0	1.9	1.2	1.7	0.7	-0.3
Prov. Const. del Callao 2/	4.6	3.8	3.6	3.1	2.2	1.3
Cusco	1.1	1.4	1.7	1.8	0.9	0.3
Huancavelica	1.0	0.8	0.5	0.9	1.2	-2.7
Huánuco 1/	1.6	2.1	1.6	2.7	1.1	-0.6
Ica	2.9	3.1	2.2	2.2	1.6	1.8
Junín 1/	2.1	2.7	2.2	1.6	1.2	0.2
La Libertad 1/	2.0	2.8	2.5	2.2	1.7	1.0
Lambayeque	2.8	3.8	3.0	2.6	1.3	0.7
Lima	4.4	5.0	3.5	2.5	2.0	1.2
Loreto 1/	2.8	2.9	2.8	3.0	1.8	-0.1
Madre de Dios	5.4	3.3	4.9	6.1	3.5	2.6
Moquegua	2.0	3.4	3.5	2.0	1.6	0.8
Pasco 1/	2.0	2.3	2.0	0.5	1.5	-1.0
Piura	2.4	2.3	3.1	1.8	1.3	1.0
Puno	1.1	1.1	1.5	1.6	1.1	-0.8
San Martín	2.6	3.0	4.0	4.7	2.0	1.1
Tacna	2.9	3.4	4.5	3.6	2.0	1.3
Tumbes	3.7	2.9	3.4	3.4	1.8	1.2
Ucayali 1/	6.8	5.9	3.4	5.6	2.2	1.4
Provincia de Lima 3/	5.2	5.7	3.7	2.7	2.0	1.2
Región Lima 4/	2.0	1.9	1.9	1.3	1.5	0.8

Nota. Instituto Nacional de Estadística e Informática- Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017. (2007, p.37)

PIURENSIS

Tabla A3

Tasa promedio anual del PBI según departamentos.

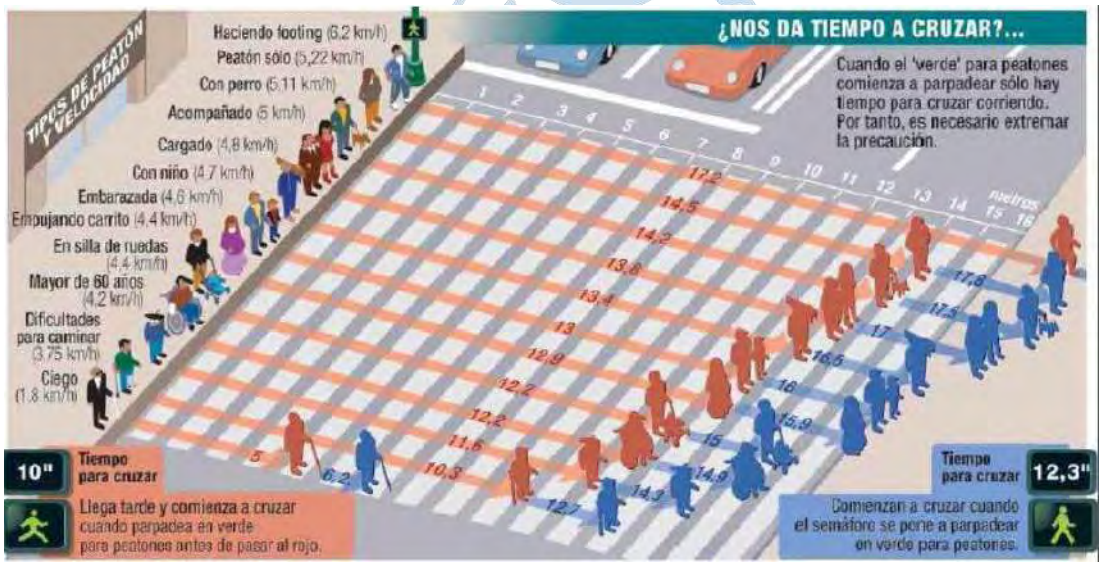
PERÚ: Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos

Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P/	2017P/	2018E/	2019E/	2020E/
Amazonas	...	8.6	6.6	7.4	3.5	11.6	5.1	5.3	-1.5	0.1	5.6	6.0	1.7	-4.2
Áncash	...	7.5	-2.7	-2.4	0.9	9.4	4.6	-13.3	9.7	4.4	5.2	7.3	-3.6	-6.2
Apurímac	...	-7.4	-3.8	8.7	5.9	12.9	11.0	4.0	7.9	141.1	21.7	-7.6	0.5	-9.6
Arequipa	...	11.1	0.8	5.9	4.4	4.7	2.7	0.6	3.3	25.9	3.7	2.5	-0.3	-15.7
Ayacucho	...	14.3	10.3	4.6	4.8	9.0	9.4	-0.5	5.8	0.3	5.3	5.6	2.9	-12.8
Cajamarca	...	14.2	7.8	0.9	4.5	6.4	-1.6	-2.1	-0.5	-2.0	3.0	2.8	2.4	-9.9
Cusco	...	6.9	16.9	13.0	12.8	1.9	16.9	0.1	1.7	3.9	-1.5	0.6	1.4	-12.3
Huancavelica	...	5.6	3.1	4.5	3.3	8.1	1.0	3.4	-0.5	-1.6	4.4	5.1	0.1	-6.7
Huánuco	...	8.2	1.0	6.8	5.8	10.7	6.0	3.4	6.6	4.5	9.1	3.0	1.1	-11.0
Ica	...	18.4	4.1	7.1	11.0	1.4	10.2	2.9	3.3	0.2	5.8	4.8	3.9	-11.2
Junín	...	8.5	-9.8	5.3	5.2	7.1	3.5	11.7	16.3	-0.9	4.7	3.4	-0.9	-9.3
La Libertad	...	7.1	0.4	5.8	4.5	7.7	4.4	1.5	2.3	0.9	1.7	5.0	3.7	-6.2
Lambayeque	...	9.2	5.3	6.8	5.8	9.5	3.6	2.1	4.4	2.5	2.6	4.1	2.4	-6.5
Lima	...	8.9	0.3	10.6	8.6	6.1	5.7	3.8	3.1	2.7	2.0	4.3	2.6	-12.3
Prov. Const. del Callao	...	9.3	-2.3	9.8	11.9	2.9	6.2	3.3	1.9	2.4	3.4	3.9	1.0	-16.6
Región Lima	...	9.5	-7.0	5.9	10.3	2.5	7.2	3.9	3.4	1.0	0.9	5.5	0.6	-5.6
Provincia de Lima	...	8.8	1.4	11.1	8.0	6.8	5.5	3.9	3.2	2.9	2.0	4.3	3.0	-12.4
Loreto	...	6.0	0.7	7.2	-3.8	7.9	3.6	3.2	-2.2	-11.4	6.4	10.4	4.5	-13.7
Madre de Dios	...	2.0	6.9	9.6	10.1	-20.6	14.9	-14.1	22.0	13.5	-9.6	-6.4	-5.8	-24.1
Moquegua	...	15.1	-2.6	0.2	-7.9	-0.4	10.9	-2.6	3.9	-0.7	0.7	1.0	-4.1	2.4
Pasco	...	-1.3	-6.9	-6.7	-1.3	5.1	0.1	3.3	3.3	2.3	0.1	0.1	2.0	-18.3
Piura	...	7.3	3.1	7.9	8.3	4.3	4.0	5.7	0.6	0.3	-2.4	7.1	3.8	-9.4
Puno	...	7.5	4.1	6.0	5.8	4.7	7.2	2.3	0.4	6.5	4.0	2.4	1.4	-11.3
San Martín	...	10.2	4.0	7.9	5.2	11.9	1.6	7.1	5.7	2.2	6.4	2.0	0.4	-3.4
Tacna	...	-2.5	-3.9	10.7	2.4	1.1	4.6	5.4	8.3	-1.4	1.2	8.0	22.8	-2.5
Tumbes	...	16.2	9.5	10.8	-6.0	12.5	2.1	4.7	-2.5	-1.3	5.7	4.4	3.6	-13.9
Ucayali	...	5.2	1.0	3.3	5.9	9.4	1.7	0.3	5.2	0.3	3.1	3.1	4.2	-13.0
Valor Agregado Bruto	...	**8.7**	**1.2**	**7.7**	**6.5**	**5.8**	**5.6**	**2.3**	**3.5**	**4.0**	**2.6**	**4.0**	**2.2**	**-11.0**
Impuestos a los Producto	...	12.4	2.9	13.5	4.3	8.4	8.6	4.0	1.9	4.4	1.0	4.1	3.9	-12.1
Derechos de Importación	...	22.2	-19.9	29.0	8.6	18.5	2.2	-6.6	-12.2	-6.4	4.9	1.6	-14.9	-14.6
Producto Bruto Interno	...	**9.1**	**1.1**	**8.3**	**6.3**	**6.1**	**5.9**	**2.4**	**3.3**	**4.0**	**2.5**	**4.0**	**2.2**	**-11.1**

Nota. Instituto Nacional de Estadística e Informática

Figura A4

Velocidad de cruce peatonal



Nota. Apuntes clases Caminos y Transportes

Tabla A5

Velocidad de diseño de ciclovía en función de la pendiente de descenso

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	20 a 75	75 a 150	Mayor a 150
< 0	30 km/h	30 km/h	30 km/h
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
>9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

Nota. Tomado de Martínez et al. (2019, p. 65)

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS