UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**Mejora del transbordo Corredor Rojo-Metro de Lima por
medio de un conector peatonal en la intersección de la Av.**

Javier Prado con Av. Aviación

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Asenjo Albitres, Christian (0000-0003-1649-9451)

Tocas Morales, Frank Anthony (0000-0003-1552-5347)

ASESOR

Campos De La Cruz, Fernando José (0000-0002-7827-2861)

Lima, 19 de noviembre de 2020

DEDICATORIA

Con amor y esfuerzo, dedicamos la presente investigación a nuestros padres y seres queridos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los docentes y las personas en general que nos apoyaron y brindaron su tiempo para la realización de la presente investigación.

RESUMEN

La realidad peruana refleja una falta de integración de los sistemas de transporte. Asimismo, se evidencia bajos estándares de calidad con relación a las infraestructuras urbanas y una inseguridad hacia el peatón en la ciudad de Lima, un ejemplo de lo mencionado ocurre en la intersección de la Avenida Javier Prado con Aviación.

Mediante el software Vissim-Visswalk 9 se realiza una microsimulación que refleja las trayectorias, frecuencias y composiciones vehiculares y peatonales, la cual se calibra y valida respectivamente.

La metodología propuesta describe una delimitación de la intersección mencionada, luego se realiza la clasificación de usuarios de transportes públicos y tipos de vehículos para proceder al levantamiento de información dinámica en cuanto al aforo de vehículos y peatones y posteriormente registrarlas en el Vissim-Viswalk 9.

De manera cualitativa, la seguridad vial se evalúa mediante la utilización de listas de chequeo las cuales reflejan claramente una inseguridad y alta vulnerabilidad hacia la integridad del peatón evidenciado en los 13 ítems analizados.

La propuesta de solución consiste en el diseño de un conector peatonal de 320 metros, el cual cumple con los reglamentos requeridos ya que tiene un ancho efectivo constante de 1.6 metros y una pendiente máxima de 5% y 10% en el conector y en la rampa, respectivamente.

Los resultados demuestran que la propuesta permite una reducción del tiempo de transbordo en un 17.1% y un aumento en la velocidad promedio de 26.1%, asimismo se evidencia un aumento significativo de la seguridad vial hacia los peatones.

Palabras clave: conector peatonal, tiempo de transbordo de peatones, intercambio modal, seguridad de los peatones.

Improvement of the transshipment “Corredor Rojo”-Lima’s Metro by a pedestrian connector at the intersection of Javier Prado Avenue with Aviacion Avenue

ABSTRACT

Peruvian reality reflects a lack of integration of transport systems. In addition, low quality standards are evident in relation to urban infrastructures and a pedestrian insecurity in the city of Lima, an example of what is mentioned at the intersection of Avenida Javier Prado with Aviacion.

The Vissim-Visswalk 9 software performs a microsimulation that reflects the trajectories, frequencies and vehicular and pedestrian compositions, which is calibrated and validated respectively.

The proposed methodology describes a delimitation of the mentioned intersection, then the classification of public transport users and vehicle types is carried out to carry out dynamic information regarding the capacity of vehicles and pedestrians and subsequently register them in Vissim-Viswalk 9.

Qualitatively, road safety is evaluated by using checklists which clearly reflect insecurity and high vulnerability to pedestrian integrity evident in the 13 items analyzed.

The solution proposal consists of the design of a pedestrian connector of 320 meters, which complies with the required regulations since it has a constant effective width of 1.6 meters and a maximum slope of 5% and 10% on the connector and on the ramp, respectively.

The results show that the proposal allows for a reduction in transfer time by 17.1% and an increase in average speed of 26.1%, and there is also a significant increase in road safety towards pedestrians.

Keywords: pedestrian connector, pedestrian transshipment time, modal exchange, pedestrian safety.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMÁTICA	1
1.2 ESTADO DEL ARTE	6
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	9
1.4 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO	9
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 MOVILIDAD	12
2.2 ACCESIBILIDAD	12
2.3 PEATONES	13
2.4 SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE	13
2.4.1. Intersección vial	15
2.4.2. Intercambio modal	15
2.4.3. Estación intermodal de transporte	15
2.4.4. Conector peatonal	16
2.4.5. Transbordo	16
2.4.6. Dispositivo de control de intersección	17
2.4.7. Factor de hora punta	18
2.5 SEGURIDAD VIAL	19
2.5.1. Listas de chequeos	19
2.6 SIMULACIÓN DE TRANSPORTE	20
2.6.1. Escalas de simulación	20
2.6.2. Microsimulación	21
2.6.3. Modelos de seguimiento vehicular y peatonal	21
2.6.4. Calibración	23
2.6.5. Validación	24
2.6.6. VISSIM 9	24
2.6.7. VISWALK 9	25
3. METODOLOGÍA	26
3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	26

3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	26
3.3.	PROCEDIMIENTO	26
3.3.1.	Evaluación descriptiva.....	26
3.3.2.	Microsimulación de tránsito	27
3.3.3.	Evaluación de la seguridad	29
3.4.	FLUJOGRAMA	29
4.	CASO DE ESTUDIO	31
4.1.	DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	32
4.1.1.	Mapeo de la intersección	32
4.1.2.	Mapeo de trabajadores y mendigos	34
4.1.3.	Mapeo de señalización.....	36
4.1.4.	Mapeo de ocupación peatonal	38
4.1.5.	Mapeo de paraderos formales e informales	41
4.1.6.	Mapeo de líneas de deseo	44
4.1.7.	Mapeo de obstáculos y ancho efectivo	47
4.1.8.	Mapeo de zona de peligro.....	50
4.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS USUARIOS DE TRANSPORTE QUE REALIZAN	
	TRANSBORDO	52
4.2.1.	Promedio.....	52
4.2.2.	Personas embarazadas, con bebés pequeños, niños.....	53
4.2.3.	Personas de mal vivir.....	54
4.2.4.	Adulto mayor y personas con discapacidad física o cognitiva.....	55
4.2.5.	En pareja	56
4.2.6.	Apurado	57
4.3.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DINÁMICA DE LA INTERSECCIÓN	58
4.3.1.	Aforo vehicular.....	59
4.3.2.	Aforo peatonal	64
4.3.3.	Ciclo semafórico.....	68
5.	MICROSIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y DE LA PROPUESTA.....	69
5.1.	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN	70
5.1.1.	Plano de referencia	70
5.1.2.	Vías y conectores.....	70

5.1.3.	Área de peatones.....	72
5.1.4.	Vías peatonales	73
5.1.5.	Velocidades deseadas vehiculares y peatonales	73
5.1.6.	Composición de vehículos y peatones.....	74
5.1.7.	Aforos vehiculares y peatonales	75
5.1.8.	Rutas vehiculares y peatonales	75
5.1.9.	Transporte público.....	77
5.1.10.	Señales de control.....	79
5.1.11.	Zonas de conflicto	80
5.1.12.	Obstáculos y entorno	81
5.1.13.	Modelo actual	82
5.2.	CALIBRACIÓN DEL MODELO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN	83
5.2.1.	Calibración vehicular.....	85
5.2.2.	Calibración peatonal	87
5.3.	VALIDACIÓN DEL MODELO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN	89
5.3.1.	Validación vehicular.....	89
5.3.2.	Validación peatonal	90
5.4.	CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	92
5.5.	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE DESEMPEÑO DEL MODELO ACTUAL Y EL MODELO PROPUESTO	93
5.5.1.	Análisis de resultados de los parámetros peatonales	95
6.	SEGURIDAD VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO.....	96
6.1.	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN.....	96
6.2.	LISTA DE CHEQUEOS	96
7.	PROPUESTA DE DISEÑO DE SOLUCIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO.	98
7.1.	CONECTOR PEATONAL	98
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
8.1.	CONCLUSIONES	102
8.2.	RECOMENDACIONES	104
	[ANEXOS].....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: la distribución muestra los principales problemas que afectan a la calidad de vida en Lima Metropolitana y Callao en 2018. Extraído de IX Informe de percepción sobre la calidad de vida (Lima cómo vamos, 2018).....	3
Tabla 2: Resumen de factores que afecta la percepción de las transferencias encontradas en diversos grupos focales. Extraído de << User perception of transfers in multimodal urban trips: A qualitative study>>, por Cascajo, R., Lopez, e., Herrero, F., & Monzon, A., 2018.	17
Tabla 3:Tiempo de transbordo de persona promedio con obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia	52
Tabla 4:Tiempo de transbordo de persona promedio sin obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia	52
<i>Tabla 5: Tiempo de transbordo de personas embarazadas, con bebes pequeños y niños ..</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 6: Tiempo de transbordo de personas embarazadas, con bebes pequeños y niños ..</i>	<i>53</i>
Tabla 7:Tiempo de transbordo de personas de mal vivir con obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia	54
Tabla 8: Tiempo de transbordo de personas de mal vivir sin obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia	54
Tabla 9: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de adultos mayores y personas con discapacidad, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 10: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de adultos mayores y personas con discapacidad, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 11: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo para personas en pareja, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 12: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo para personas en pareja, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 13: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de personas apuradas, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 14: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de personas apuradas, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 15: Resultados del proceso de calibración vehicular del tramo único. Fuente: Elaboración propia.....	86

Tabla 16: Resultados del proceso de calibración peatonal del tramo único. Fuente: Elaboración propia.....	88
Tabla 17: Resultado del proceso de validación vehicular del tramo único. Fuente: Elaboración propia.....	89
Tabla 18: Resultado del proceso de validación peatonal del tramo único. Fuente: Elaboración propia.	91
Tabla 19: Cuadro resumen de longitudes y elevaciones de los tramos del conector peatonal y la rampa final. Fuente: Elaboración propia.	93
Tabla 20: Cuadro comparativo de aforo vehicular. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 21: Cuadro comparativo de aforo peatonal. Fuente: Elaboración propia.....	94
Tabla 22: Cuadro resumen de los parámetros de eficiencia peatonal evaluados. Fuente: Elaboración propia.....	95
Tabla 23: Ítems considerados para la lista de chequeos de seguridad vial. Fuente: Elaboración propia.	97
Tabla 24: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia calle pequeña San Borja. Fuente: Elaboración propia.....	116
Tabla 25: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	116
Tabla 26: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.	116
Tabla 27 : Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.....	116
Tabla 28: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla 29: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia vía Expresa. Fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla 30 : Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla 31: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla 32: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.....	118

Tabla 33: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 34: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 35: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 36: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 37: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 38: Conteo de flujo vehicular de vía Expresa hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 39: Conteo de flujo vehicular de vía Expresa hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 40: Velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	120
Tabla 41: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	120
Tabla 42: Velocidades de buses para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 43: Frecuencia acumulada de velocidades de buses para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 44: Velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 45: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 46: Velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	122
Tabla 47: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	122
Tabla 48: Velocidades de buses del corredor para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	123

Tabla 49: Frecuencia acumulada de buses del corredor para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.	123
Tabla 50: Velocidades de buses para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	123
Tabla 51: Frecuencia acumulada de buses para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	124
Tabla 52: Velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	124
Tabla 53: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	124
Tabla 54: Velocidades de Corredores para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 55: Frecuencia acumulada de velocidades de corredores para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 56: Velocidades de Camiones para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 57: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	126
Tabla 58: Velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.....	126
Tabla 59: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.	126
Tabla 60: Velocidades de buses para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.	127
Tabla 61: Frecuencia acumulada de velocidades de buses para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.	127
Tabla 62: Velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.....	127
Tabla 63: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.	128
Tabla 64: Velocidades de automóviles para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.....	128

Tabla 65: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.	128
Tabla 66: Aforo de peatones para punto de origen 1. Fuente: Elaboración propia.	129
Tabla 67: Aforo de peatones para punto de origen 2. Fuente: Elaboración propia.	129
Tabla 68: Aforo de peatones para punto de origen 3. Fuente: Elaboración propia.	129
Tabla 69: Aforo de peatones para punto de origen 4. Fuente: Elaboración propia.	130
Tabla 70: Aforo de peatones para punto de origen 5. Fuente: Elaboración propia.	130
Tabla 71: Aforo de peatones para punto de origen 6. Fuente: Elaboración propia.	130
Tabla 72: Aforo de peatones para punto de origen 7. Fuente: Elaboración propia.	130
Tabla 73: Aforo de peatones para punto de origen 8. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 74: Aforo de peatones para punto de origen 9. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 75: Velocidades de peatones para el punto de origen 1. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 76: Velocidades de los peatones para el punto de origen 2. Fuente: Elaboración propia.	132
Tabla 77: Velocidades de los peatones para el punto de origen 3. Fuente: Elaboración propia.	134
Tabla 78: Velocidades de los peatones para el punto de origen 4. Fuente: Elaboración propia.	135
Tabla 79: Velocidades de los peatones para el punto de origen 5. Fuente: Elaboración propia.	136
Tabla 80: Velocidades de los peatones para el punto de origen 6. Fuente: Elaboración propia.	137
Tabla 81: Velocidades de los peatones para el punto de origen 7. Fuente: Elaboración propia.	138
Tabla 82: Velocidades de los peatones para el punto de origen 8. Fuente: Elaboración propia.	139
Tabla 83: Velocidades de los peatones para el punto de origen 9. Fuente: Elaboración propia.	140
Tabla 84: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 1. Fuente: Elaboración propia.	141
Tabla 85: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 2. Fuente: Elaboración propia.	141

Tabla 86: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 3. Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 87: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 4. Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 88: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 5. Fuente: Elaboración propia.....	143
Tabla 89: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 6. Fuente: Elaboración propia.....	143
Tabla 90: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 7. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 91: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 8. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 92: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 9. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 93: Tiempos de viaje vehicular en campo para la calibración. Fuente: Elaboración propia.....	145
Tabla 94: Tiempos de viaje vehicular en el Software Vissim para la calibración. Fuente: Elaboración propia.....	146
Tabla 95: Velocidad de viaje peatonal en campo para la calibración. Fuente: Elaboración propia.....	147
Tabla 96: Velocidad de viaje peatonal en el software Vissim para la calibración. Fuente: Elaboración propia.....	148
Tabla 97: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia calle pequeña San Borja. Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 98 : Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviacion (Sur) Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 99 : Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 100: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviacion (Norte). Fuente: Elaboración propia.....	149
Tabla 101: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Javier Prado (Este).Fuente: Elaboración propia.....	150

Tabla 102: Aforo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Vía Expresa. Fuente: Elaboración propia.....	150
Tabla 103: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	150
<i>Tabla 104: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Aviacion Norte. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>150</i>
Tabla 105: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 106: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 107: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 108: Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Oeste) . Fuente: Elaboración propia.....	151
Tabla 109: Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 110 : Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 111: Aforo vehicular de vía Expresa hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 112: Aforo vehicular de vía Expresa hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 113: Aforo de peatones para los puntos de origen 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaboración propia.	153
Tabla 114: Aforo de peatones par los puntos de origen 7, 8 y 9. Fuente: Elaboración propia.	154
Tabla 115: Tiempo de viaje vehicular en campo para la validación. Fuente: Elaboración propia.....	155
Tabla 116: Tiempos de viaje vehicular en el software Vissim para la validación. Fuente: Elaboración propia.....	156
Tabla 117: Velocidad de viaje peatonal en campo para la validación. Fuente: Elaboración propia.....	157

Tabla 118: Velocidad de viaje peatonal en el software Vissim para la validación. Fuente: Elaboración propia.....	158
Tabla 119: Resultados de los parámetros de eficiencia peatonal por la vía a nivel (modo convencional). Fuente: Elaboración propia.	159
Tabla 120: Resultados de los parámetros de eficiencia peatonal por la vía sobre nivel (conector peatonal). Fuente: Elaboración propia.....	160
Tabla 121: Lista de chequeos. Fuente: Elaboración propia.....	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : la infografía explica la probabilidad de morir a causa de accidentes de tránsito en los continentes, así como el porcentaje mayor de los tipos de fallecidos según su modo de transporte. Adaptado de <<Informe sobre la situación mundial de la seguridad>>, por OMS, 2015.	1
Figura 2: Cuadro Comparativo acerca de las redes independientes de transporte que existen hoy en día en la Ciudad de Lima. Extraído de Lima-Callao: el difícil camino de modernización de transporte en la capital peruana (CODATU, 2017)	5
Figura 3: El gráfico muestra los posibles 4 tipos de rutas que comúnmente toman los pasajeros a diario para desplazarse de su hogar a su destino final, en donde existe tiempo excesivo en la caminata y transbordo. Extraído de: Why the people don't use the Subway? The impact of the transportation system on Mexico City's structure (J. Delgado, M. Suárez, M. Lastra, 2017).	7
Figura 4: Pirámide invertida que muestra la jerarquía del uso de la vía pública, donde se encuentra en primero lugar el peatón. Extraído de << ¿Qué es la intermodalidad urbana?>>, por Martínez M., 2019.....	13
Figura 5 : La imagen señala la red básica de las 6 líneas del Metro de Lima. Adaptado de <<Metro de Lima y Callao>>, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. ..	14
Figura 6: Ecuación para determinar el factor de hora pico. Extraído de TRB, 2010	18
Figura 7: Microsimulación de transporte. Adaptado de << Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.	21
Figura 8: Fases del modelo de Wiedemann. Adaptado de <<Manual de Vissim PTV America>>, por PTV America, 2008.	22
Figura 9: Modelo de fuerza social y sus componentes. Adaptado de <<Manual de Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.....	23
Figura 10: Microsimulación de una intersección por medio del Programa Vissim 9 -Viswalk 9. Adaptado de << Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.....	25
Figura 11: Desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación. Adaptado de <<Traffic Analysis Toolbox Volumen III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software>>, por FHWA, 2004.....	28
Figura 12: Lista de chequeo para auditorías de seguridad vial en la etapa de diseño final. Adaptado de <<Manual de seguridad vial>>, por MTC, 2017.	29
Figura 13: Flujograma de la investigación. Fuente: Elaboración propia.....	30

Figura 14: Mapeo general de la intersección entre las avenidas Javier Prado y Aviación. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 15: Mapeo de trabajadores y mendigos en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 16: Mapeo de señalizaciones en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 17:Figura que indica los semáforos peatonales y vehiculares en la intersección de la Avenida Aviación con Javier Prado. Fuente: Google Maps.....	37
Figura 18 :Mapeo de ocupación peatonal en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia..	38
Figura 19:Figura que muestra el flujo peatonal en la Avenida Aviación paralelo al Tren Eléctrico. Fuente: Google Maps	39
Figura 20: Ocupación peatonal en el cruce de la avenida Aviación próximo a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia.	40
Figura 21: Mapeo de paraderos formales e informales en la intersección de las avenidas Javier Prado y Aviación. Fuente: Elaboración propia.	41
FiguraI 22: Paradero formal del Corredor Rojo ubicado en el punto D del mapeo. Fuente: Fotografía propia	43
Figura 23: Paradero informal ubicado en el punto B del mapeo debajo de las vías del tren. Fuente: Fotografía propia.	43
Figura 24: Mapeo de líneas de deseo de los peatones que hacen el transbordo del paradero del Corredor Rojo hacia el Metro de Lima y viceversa, en la intersección de las avenidas Javier Prado y Aviación. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 25: Línea de deseo de los peatones en dirección a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia	46
Figura 26: Línea de deseo de los peatones en dirección a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia	46
FiguraI 27: Mapeo de obstáculos y ancho efectivo de las veredas por donde transitan los peatones. Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 28: Señales de tránsito verticales como obstáculos en el transbordo de personas. Fuente: Fotografía propia.	49
Figura 29: Postes de publicidad como obstáculos en el transbordo de personas. Fuente: Fotografía propia.	49
Figura 30: Mapeo de zonas de peligro durante el transbordo en estudio en la intersección. Fuente: Elaboración propia.....	50

Figura 31:Figura en donde se aprecia el peligro inminente de los peatones al no respetar lo semáforos peatonales. Fuente: Google Maps	51
Figura 32: Figura que muestra la primera área de grabación de la intersección desde el primer drone en la primera grabación. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura 33: Figura que muestra la segunda área de grabación de la intersección desde el segundo drone en la primera grabación. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 34: Flujograma vehicular de la intersección por hora. Fuente: Elaboración propia	60
Figura 35: Composición vehicular según vía de ingreso. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 36: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	62
<i>Figura 37: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: elaboración propia.</i>	<i>62</i>
Figura 38: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 39: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 40: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 41: Flujo peatonal (Orígenes 1, 3, 4 y 7). Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 42: Flujo peatonal (Orígenes 2, 5, 6, 8 y 9). Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 43: Frecuencia acumulada de velocidades representativas de peatones según punto de origen. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 44: Ciclo semafórico de la intersección Av. Javier Prado y Av. Aviación. Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura 45:Vista en planta utilizada para el modelo. Fuente: Google Maps.	70
Figura 46:Pestaña para la creación de un link. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 47: Vías y conectores de la intersección. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 48:Pestaña para la creación de un área de peatones. Fuente: Elaboración propia ...	72
Figura 49: Representación de las áreas de peatones creadas. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 50: Vías peatonales de la intersección. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 51:Representación gráfica de frecuencia de velocidades vehiculares y peatonales. Fuente: Elaboración propia.....	74

Figura 52:Pestaña para la asignación de datos con relación a la composición vehicular. Fuente: Elaboración propia.....	74
Figura 53: Composición peatonal de la intersección. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 54:Pestaña para la asignación de volúmenes totales para cada ingreso de la intersección. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 55:Asignación de ruta para la Avenida Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura 56:Inserción de datos con relación a las rutas vehiculares. Fuente: Elaboración propia.	76
Figura 57: Puntos de origen y de llegada de las rutas peatonales. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 58: Datos de entrada para el transporte público. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 59: Tiempo de salida y volumen de los buses según línea de transporte. Fuente: Elaboración propia.....	78
Figura 60: Parada de transporte público, plataforma de bajada y área de espera. Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura 61: Inserción de grupo de señales para la intersección. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 62: Zonas de conflicto con sus posibles soluciones en la intersección. Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura 63: Modelo actual de la intersección. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 64: Tramos definidos para la calibración vehicular y peatonal. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 65: Parámetros de simulación base para el estudio. Fuente: Elaboración propia. ...	84
Figura 66: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de tiempos de viaje vehicular para el tramo único. Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 67: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de velocidades de viaje peatonal para el tramo único. Fuente Elaboración propia.	88
Figura 68: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de tiempos de viaje vehicular para el tramo único. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 69: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de velocidades de viaje peatonal para el tramo único. Fuente Elaboración propia.	91

Figura 70: Primera vista del conector peatonal atravesando la intersección. Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura 71: Rampa ubicada en la parte final del conector. Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura 72: Bosquejo del conector peatonal (vista en planta). Fuente: Elaboración propia.	99
Figura 73: Tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura 74: Vista en dirección noroeste del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 75: Vista en dirección noreste del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 76: Vista en dirección Sur del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 77: Principales razones de saturación en las calles de lima. Fuente: Diario Correo	113
Figura 78: Clasificación de vehículos. De arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: tren, bus de transporte público, bus del corredor rojo, automóvil y camión.	113
Figura 79: Drone utilizado para la grabación. Fuente: Elaboración propia.	114
Figura 80: Personal de la grabación con drone. Fuente: Elaboración propia.	114
Figura 81: Enumeración de carriles en la intersección de la Av. Javier Prado y Av. Aviación. Fuente: Elaboración propia.....	115
Figura 82: Plano de vista en planta del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia....	164
Figura 83: Plano de elevación de tramos del conector. Fuente: Elaboración propia.....	166
Figura 84: Corte transversal, Corte de frente y vista en planta de un tramo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.	167
Figura 85: Corte transversal de la rampa ubicada al final del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.....	168

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

Actualmente, las grandes ciudades del mundo se enfrentan a una problemática vehicular que incluye el hacinamiento en los sistemas de transporte público y privado, sumado a las cargas de tráfico, la contaminación del aire, la contaminación sonora y los accidentes vehiculares (Durán, 2016). Estos problemas suelen incrementar su magnitud con el pasar de los años debido al aumento poblacional y representan factores perjudiciales para la calidad de vida de las personas, especialmente para aquellas que viven en las grandes urbes. Haciendo referencia a cifras globales generales, por un lado, en cuanto al hacinamiento vehicular, en el 2011 habían más de 1 billón de automóviles en las calles y ese número se duplicaría para el año 2020 (IBM, 2011). Por otro lado, en lo que respecta al tráfico vehicular, la magnitud del problema es considerable puesto que los conductores a nivel mundial pasan en promedio 35 días en atascos al año (IHODL, 2017). Asimismo, la contaminación sonora a causa del ruido vehicular en muchas ciudades del mundo llega a promedios de entre 80 y 90 dBA, comparándose con el ruido causado por un taladro neumático (Ramírez & Dominguez, 2011). Y a esto hay que sumarle que, la probabilidad de morir por accidentes de tránsito en el mundo es de un promedio de 18,1% frente a otras causas y este aumento en los accidentes vehiculares se debe precisamente al aumento del parque automotor, donde los más afectados son los peatones, ver Figura 1.

Figura 1 : la infografía explica la probabilidad de morir a causa de accidentes de tránsito en los continentes, así como el porcentaje mayor de los tipos de fallecidos según su modo de transporte. Adaptado de <<Informe sobre la situación mundial de la seguridad>>, por OMS, 2015.

Ahora bien, la problemática vehicular también se puede expresar según cifras de estudios realizados en diferentes países del mundo. Factores como el rápido crecimiento del parque automotor a causa del incremento de la población, el incremento de la riqueza, la mayor actividad comercial y la imagen creciente de un mundo desarrollado que tiene al automóvil como necesidad básica hacen que; por ejemplo, en Manila (Filipinas) la velocidad vehicular promedio fuera de 7 millas por hora y que un automóvil en Bangkok (Tailandia) pasara detenido en el tráfico en promedio 44 días al año (Gakenheimer, 1998). Asimismo, con 101 horas de desperdicio en el tráfico vehicular, lo equivalente a 4,5 días, Londres pasó a ser la primera ciudad en superar las 100 horas en tráfico estacionario en toda Europa en 2015 (INRIX, 2015). Y cruzando el Atlántico, el Estado dorado de California en los Estados Unidos alberga a Los Ángeles como la ciudad más congestionada del mundo (INRIX, 2017) donde los costos asociados a resolver los problemas del tráfico le cuestan a la Reserva Federal unos 9700 millones de dólares anuales y donde sus ciudadanos pasan en promedio el 12,7% de su tiempo de viaje en automóvil en atascos vehiculares (BBC Mundo, 2017).

En Latinoamérica, la situación en relación a esta problemática tampoco es ajena. El tiempo promedio de viaje en un solo sentido en Río de Janeiro (Brasil) y en Bogotá (Colombia) era de 90 y 60 minutos hace unas décadas, respectivamente (Gakenheimer, 1998). Asimismo, en ciudades como Bogotá, Sao Paulo y Rio de Janeiro los conductores gastan en promedio un 63%, 49% y 42% de tiempo adicional de viaje en atascos, respectivamente (TOM TOM, 2018). Y, a eso se le añade que, en el 2014 la Federación Nacional de Comerciantes en Colombia, a través del uso de la misma metodología que usa la consultora Inrix para dar parámetros relacionados a problemas vehiculares, estimó el costo anual para ese país de 1000 millones dólares para solucionar sus problemas de tránsito (BBC Mundo, 2017). Por su parte, la capital peruana ocupa el segundo lugar en la lista de ciudades en Sudamérica donde los conductores gastan más tiempo en promedio en sus viajes con una cifra del 58% más de lo necesario y solo superada por Bogotá (Colombia) (TOM TOM, 2018). Esto, sin duda, contribuye a que la problemática del transporte público se ubique en segundo lugar en la lista de problemas que más afecta la calidad de vida de los limeños según el Informe Anual de Lima Como Vamos, sobresaliendo por otros temas como la contaminación ambiental, la corrupción de funcionarios públicos, la infraestructura en general, el comercio informal y ambulatorio, y solo es superado por la inseguridad ciudadana, ver Tabla 1.

Problemas que afectan la calidad de vida en la ciudad	Lima	Callao
1. La inseguridad ciudadana	81.1%	81.8%
2. El transporte público	49.4%	38.3%
3. Corrupción de funcionarios públicos	29.9%	34.0%
4. La limpieza pública y acumulación de basura	28.8%	25.8%
5. La contaminación ambiental	20.6%	20.0%
6. La falta de cultura ciudadana y buenas prácticas	14.9%	13.5%
7. Mantenimiento de las pistas y veredas	12.5%	18.5%
8. El comercio informal y ambulatorio	12.2%	9.0%
9. La falta de apoyo a la cultura	11.8%	15.8%
10. La falta de agua potable	9.0%	6.3%

Tabla 1: la distribución muestra los principales problemas que afectan a la calidad de vida en Lima Metropolitana y Callao en 2018. Extraído de IX Informe de percepción sobre la calidad de vida (Lima cómo vamos, 2018).

Frente a todos los problemas anteriormente mencionados y que se engloban en una sola problemática de transporte vehicular, surge el intermodalismo. Este concepto se origina como un sistema que consiste en combinar y coordinar la operación de los diversos modos de transporte para ofrecer servicios continuos que ayuden a mitigar el caos vehicular en las ciudades (Durán, 2016). El acceso a la movilidad intermodal se podría considerar el punto de partida más importante para garantizar la inclusión en los sistemas de transporte modernos. Es así, que surge la necesidad de implementar sistemas de tránsito intermodales, que garanticen transferencias rápidas, confiables y asequibles, para mejorar la movilidad de los usuarios (Gebhardt et al., 2016). Por lo tanto, es de suponer que muchos países dirigen sus políticas públicas de transporte hacia un sistema intermodal y se esperaría que en el Perú se aplique lo mismo. Sin embargo, la ciudad de Lima no cuenta con una red de sistema integrado de transporte; y, por el contrario, lo que existe es un gran número de sistemas de transportes que funcionan de manera independiente uno del otro, lo cual se debe a factores como distintos propietarios de los modos de transporte y obras realizadas en distintos

tiempos. Además, a esto se suma la existencia de un alto grado de informalidad en cuanto a buses, taxis privados y colectivos lo que dificulta aún más una posible red de sistema integrado.

En ese sentido, los más perjudicados son los usuarios de transporte o también denominados peatones ya que si desean acceder a 2 o más modos de transporte tienen que lidiar con diferentes dificultades durante el transbordo de un modo a otro. En la ciudad capital Lima, un ejemplo claro de ello se da en la intersección de las avenidas Aviación y Javier Prado en el distrito de San Borja donde coexiste el Sistema de Corredor Rojo y la Línea 1 del Metro. Estos medios de transporte público tienen como propietarios a la Municipalidad Metropolitana de Lima y al Estado Peruano, respectivamente. Si bien cada entidad muestra facilidades y apoyo constante para los peatones en cuanto a sus servicios e infraestructura, estos muestran deficiencias, limitaciones y carecen de un sistema de transbordo que englobe y/o relacione ambos modos de transporte. En consecuencia, los transbordos en esta intersección toman mayor tiempo del necesario, representan un riesgo inminente de accidentes de tránsito que puede afectar la integridad física de las personas y afectan el estado de ánimo de las mismas.

Ahora bien, la falta de accesibilidad a los modos de transporte es uno de los factores más importantes que determina y refuerza la percepción que tienen los usuarios sobre la deficiente infraestructura actual de la ciudad de Lima. Esto se refleja en estudios realizados en la ciudad en 2018 donde solo el 6.1% de limeños manifiesta sentirse motivado de hacer viajes peatonales intermodales y; de igual manera, el 63.9% de limeños se muestra inconforme con el respeto y cuidado de la seguridad del peatón (Lima cómo vamos, 2018).

Asimismo, como se explicó anteriormente, la falta de integración en el sistema de transporte también es un problema. A pesar de tener dos modos de transporte masivo (BRT y Tren Eléctrico), ambos tienen un sistema independiente uno del otro a causa de división institucional (Ver Figura 2). Por un lado, la municipalidad Metropolitana de Lima a través de la Gerencia de Transporte Urbano GTU (ProTransporte) es la encargada de las concesiones BRT y los corredores complementarios de buses; y, por otro lado, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es responsable de manera independiente de los proyectos ferroviarios a través de la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico (AATE) encargadas del Metro de Lima.

Tren Eléctrico (Línea 1 de metro) <ul style="list-style-type: none"> • Línea aérea de 35 km con 26 estaciones de dirección Sur a Norte • Tarifa : 1,5 soles (subvencionado) • Tarjeta propia 	Línea 2 de metro (en construcción) <ul style="list-style-type: none"> • Línea subterránea y automática de 27 km con 27 estaciones de dirección Este a Oeste • Tarifa no disponible 	BRT Metropolitano <ul style="list-style-type: none"> • Línea de transporte segregada de 26 km con 4 servicios troncales + 8 servicios expresos • Tarifa : 2, 5 soles (no subvencionado) • Tarjeta propia 	Servicio alimentador BRT <ul style="list-style-type: none"> • 21 líneas que parten de los terminales Sur y Norte del BRT • Tarifa : 0,5 soles (adicional a la troncal) 	Corredores Complementarios (SIT) <ul style="list-style-type: none"> • 3 líneas troncales en operación • Tarifa : de 1.50 a 1.80 soles (no subvencionado) • boletos unitarios

Figura 2: Cuadro Comparativo acerca de las redes independientes de transporte que existen hoy en día en la Ciudad de Lima. Extraído de Lima-Callao: el difícil camino de modernización de transporte en la capital peruana (CODATU, 2017)

Por último, el número de vehículos de transporte privado en Lima sobrepasa los 2 millones 200 mil desde hace unos años; lo cual excede la capacidad de la ciudad y ello sumado a la falta de gestión se consideran la principal causa de la saturación en las calles, ver Anexo 1 (Peru21, 2013). Uno de estos puntos de saturación es la intersección de la avenida Aviación con Javier Prado, donde a pesar de que ya existe un By Pass construido hace algunos años con la finalidad de reducir el tráfico y aumentar el flujo vehicular, esto no se ve reflejado en los horarios de máxima demanda vehicular. El mismo fenómeno ocurre a nivel peatonal ya que la mayoría de las veredas fueron diseñadas para una cierta cantidad de peatones y actualmente en las horas picos se puede hasta quintuplicar esa cantidad estimada de transeúntes en dicha intersección. A esto hay que sumarle que el cruce de las avenidas Aviación y Javier Prado es una de las pocas intersecciones en donde existe un transbordo intermodal en la ciudad de Lima.

Frente a esta problemática surge la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede disminuir el tiempo de transbordo y mejorar la seguridad de los peatones de un modo de transporte a otro desde el paradero de Corredor Rojo hasta la estación del Metro de Lima?

Por todo ello, se considera que esta investigación es de vital importante debido a que pretende mejorar las condiciones de transbordo de los viajeros que hacen transbordo entre el paradero de buses del Corredor Rojo en la Avenida Javier Prado y la estación La Cultura de la Línea 1 del Metro de Lima. La propuesta de optimización de transbordo plantea el modelamiento de un conector peatonal que una los paraderos de ambos medios de transporte, logrando que funcionen como un sistema de intercambio intermodal. De esta manera, se espera reducir los tiempos de transbordo de los viajeros, disminuir el riesgo de accidentes de

los peatones, mitigar la saturación de personas y vehículos en la intersección, y brindar una infraestructura con estándares de calidad, seguridad y accesibilidad.

1.2 Estado del arte

Diversas investigaciones sobre el transporte intermodal en las principales ciudades del mundo, indican que los pasajeros no están conformes con la actual gestión de transporte. Esto se debe a una serie de deficiencias e irregularidades en distintos aspectos, entre los que destaca el transbordo intermodal. Por ello, en algunas ciudades se está tratando de subsanar y/o mitigar este tipo de inconvenientes ya que el principal objetivo hacia los usuarios es brindarles una experiencia acogedora y efectiva durante su tiempo de viaje.

De acuerdo a varios estudios, entrevistas y estadísticas se determinó que el factor tiempo es uno de los que tiene mayor influencia de la gestión de tráfico peatonal en el transbordo. Es decir, el tiempo de embarque y desembarque afecta de manera directa a la demanda diaria que existe en los espacios de transbordo del Metro (TRB, 2003). De esta forma, se planteó la necesidad de utilizar un programa de micro simulación como por ejemplo LEGION. No obstante, debido a que la interacción y participación de pasajeros tenía un papel protagónico se planteó como otra posible opción el programa VisWalk (Alexanderson & Johansson, 2013) para el mejoramiento y automatismo del sistema, teniendo en cuenta factores como la densidad de pasajeros, tiempo de servicio al pasajero, espacio de plataforma, horas pico, y así poder optimizar los tiempos y evidenciar algunas deficiencias, las cuales son complicadas de determinar con solamente entrevistas y estudios en campo (Seriani & Fernandez, 2015).

Otra deficiencia relacionada a inconvenientes en los transbordos es la falta de coordinación adecuada entre los horarios de paradas de los autobuses con relación a los servicios de trenes en una misma estación. Es así, que una forma para mitigar este problema es un modelo de programación no lineal con números enteros mixtos (MINLP), el cual para mayor facilidad puede ser redefinido como un modelo de programación lineal de números mixtos (MILP) (Dou, Meng, & Guo, 2015). Por otro lado, como otra opción está el modelo de programación de números enteros estocásticos para minimizar el costo total del tiempo de espera clasificándolo en 2 tipos de pasajeros: transferencia y de embarque (Wu, Tan, Yu & Pan, 2015). De esta forma mediante estos 2 métodos es posible incrementar la cantidad de demanda diaria y no habría problemas en cuanto a espacio, congestión ni tiempo en el transbordo ni en la periferia de la estación de conexión de la red intermodal.

En cuantos a estudios de casos, uno de ellos se llevó a cabo en el metro de la ciudad de México, ya que aquí ocurre un estancamiento en cuanto a la demanda debido a deficiencias en el transbordo intermodal .Esto se debe a 5 principales factores :distancia por caminar ya que la distancia promedio en metros de países desarrollados es de 400 metros (Ewing & Cervero , 2010) y en este caso la distancia es de 800 metros , densidad de estaciones en el área caminable ,números de transbordo entre modos de transporte, tiempo de espera para transbordar hacia o desde otro medio y secuencia de uso de modos de transporte , ver Figura 3. Es así, que se propuso la idea de realizar una regresión logística binomial considerando 3 parámetros principales: motivo del viaje, variable espacial, variables sociales e ingresos para lograr así una funcionalidad de la gestión de transporte más efectiva en donde influye variables locales y características propias de los peatones. (Murata, Delgado Campos, & Suarez Lastra, 2017)

Figura 3: El gráfico muestra los posibles 4 tipos de rutas que comúnmente toman los pasajeros a diario para desplazarse de su hogar a su destino final, en donde existe tiempo excesivo en la caminata y transbordo. Extraído de: Why the people don't use the Subway? The impact of the transportation system on Mexico City's structure (J. Delgado, M. Suárez, M. Lastra, 2017).

Por otro lado, las ciudades españolas de Vitoria-Gasteiz y Madrid fueron foco de estudio de una investigación basada en entrevistas a los viajeros, con el objetivo de identificar los factores más importantes que determinan la percepción del usuario sobre los transbordos. Los resultados indicaron que la percepción del transbordo es influenciada por una combinación de factores como caminata y espera durante los traslados, información en tiempo real, esfuerzo mental, familiaridad con la ruta, propósito del viaje, el clima, el hacinamiento, los diferentes niveles entre las transferencias, ausencia de coordinación entre

los servicios de transporte y la interrupción de la actividad (Cascajo, López, Herrero & Monzón, 2018).

El objetivo final del estudio fue brindar ideas a las partes interesadas para mejorar los sistemas de transporte público. De esta manera, se establece que los nuevos diseños de estaciones intermodales deben acortar la distancia entre los modos de transporte y considerar pasarelas mecánicas para reducir los tiempos de caminata y hacer que la experiencia de transbordo sea más fluida, además de asegurar la continuidad en comunicación e información para mejorar la intención del usuario de usar rutas intermodales (Navarrete & Ortúzar, 2013).

Por último, un estudio que también se enfocó en buscar las reales necesidades de los viajeros con respecto a la accesibilidad y usabilidad de los enlaces entre modos de transporte, se realizó en la ciudad de Salzburgo-Austria. La investigación buscó evidenciar cómo las infraestructuras públicas son utilizadas y experimentadas por los diferentes grupos de viajeros, e identificar posibles áreas problemáticas y mejores prácticas para posteriores análisis. Se usó el concepto de diferenciación espacial de Riege, que se basa en enfoques para evaluar el hábito cultural y colectivo en espacios sociales específicos donde se toman en cuenta factores como los patrones de uso de infraestructura existente, acceso a las áreas circundantes, símbolos y recepción de información, eventos locales, e instalaciones y servicios de interacciones sociales (Bourdieu, 1998).

Los resultados proporcionaron un conjunto de necesidades basadas en la infraestructura, el servicio y el confort; que pueden apoyar el desarrollo y evaluación de la infraestructura y los servicios proporcionados en diferentes paradas intermodales (Bell, 2018). Las demandas básicas en los centros intermodales de transporte son: características de la infraestructura, información oportuna y confiable en las paradas (sistemas de orientación, información de texto grande y legible, colores y pictogramas), y los servicios prestados que deben garantizar el uso seguro, sin barreras y cómodos en instalaciones existentes (accesibilidad y áreas de espera protegidas) (D. Bell, 2018).

Otras demandas se relacionan con propósitos y aplicaciones de viajes específicos que afectan la percepción de los usuarios sobre las instalaciones y servicios en las estaciones intermodales y sus alrededores inmediatos. (Pitsiava, Magdalini, & Panagiotis, 2012). Los turistas y personas ajenas al lugar necesitan mayor nivel de información sobre puntos de intereses: locales de comida, tiendas, y áreas de descanso; lo cual ayudará a convertir a las estaciones intermodales en puntos de acceso a actividades sociales y de ocio (Bell, 2018).

1.3 Hipótesis y objetivos

Hipótesis

La implementación del conector peatonal en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Aviación reduce en al menos un 15% el tiempo de transbordo de los usuarios de transporte del Bus-Metro.

Objetivo General

Reducir el tiempo de transbordo y aumentar la seguridad de los usuarios del Bus-Metro a través de un conector peatonal en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Aviación.

Objetivos Específicos

- Describir el transbordo de usuarios de transporte público y su interacción con el transporte vehicular en la intersección planteada, así como sus cantidades, trayectorias, velocidades y tiempos de transbordo.
- Evaluar y realizar un análisis comparativo entre el tiempo de transbordo de peatones del estado actual y el tiempo de transbordo con la nueva infraestructura de la intersección mediante la microsimulación en Vissim-Visswalk 9.
- Analizar y comparar de manera cualitativa la seguridad vial de la situación actual y la seguridad vial con el conector intermodal mediante la utilización de listas de chequeos.
- Elaborar los planos de diseño de la propuesta con el conector peatonal.

1.4 Descripción del contenido

La presente tesis tiene como finalidad describir:

- En primer lugar, una introducción en la cual se detalla la problemática actual desde un panorama global, regional y nacional, poniendo ejemplos basados en estudios realizados en diferentes partes del mundo sobre la crisis vehicular. Asimismo, en esta sección se desarrolla el estado del arte que incluye estudios referentes a la problemática que se han realizado en diferentes países. Y, por último, se incluye la hipótesis que se pretende lograr con la presente investigación, así como el objetivo general y los objetivos específicos que se esperan cumplir.
- En segundo lugar, se presenta el desarrollo del marco teórico que incluye las “palabras clave” que serán de vital importancia para un total entendimiento de la

presenta investigación. Algunas de las principales palabras que se detallan son: Movilidad, accesibilidad, seguridad, semáforo, sistema integrado de transporte, intercambio modal, intersección vial, estación intermodal de transporte, transbordo, conector peatonal, peatones, factor de hora punta, simulación y Vissim 9.

- En tercer lugar, se presenta la metodología empleada para la presente investigación, más específicamente el nivel de investigación, diseño de investigación y el procedimiento detallado a seguir para alcanzar los diferentes objetivos e hipótesis propuesta. Además, en la parte final, se expone el flujograma a seguir para validar el propósito de la investigación.
- En cuarto lugar, se encuentra el capítulo correspondiente a la zona de estudio que contiene los subcapítulos de delimitación de la zona de estudio, clasificación de los usuarios de transporte que realizan el transbordo y el levantamiento de la información dinámica de la intersección. El primero de ellos muestra la delimitación de la zona de estudio como tal cuyos resultados son los mapeos de los diferentes factores que influyen en la intersección. El segundo de ellos presenta la clasificación de los usuarios de transporte que realizan el transbordo en la intersección y que son objeto de estudio para poder validar el propósito de la investigación. Por último, se incluye el levantamiento de información a partir de la grabación con dron realizada en la intersección y cuyos resultados sirven de datos de entrada para la construcción del modelo actual de la zona de estudio.
- En quinto lugar, está el capítulo correspondiente a la microsimulación en el software Vissim. En esta sección, se detalla la construcción del modelo actual de la intersección. De esta manera, se puede analizar el estado actual de la intersección, así como implementar la solución que puede validar la hipótesis. Luego, se procede a describir la calibración del modelo actual que incluye la calibración vehicular y peatonal; y después, se detalla la validación del modelo. Posterior a ello, se describe la construcción y aplicación del modelo propuesto que espera dar solución al problema de la investigación. Y, finalmente, se presenta el análisis de datos comparativo del modelo actual y el modelo propuesto.
- En sexto lugar, se encuentra el capítulo correspondiente al análisis cualitativo de la zona de estudio por medio de las listas de chequeo. Se espera que los resultados ayuden a considerar los factores necesarios para asegurar que la propuesta de diseño de solución también asegure el tema de seguridad del peatón.

- En séptimo lugar, en el capítulo correspondiente a la propuesta de diseño de solución se detalla la nueva infraestructura con el conector peatonal propuesto.
- En octavo lugar, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtiene luego de realizar la presente investigación y que se espera sirvan de base para futura investigaciones relacionadas a la problemática en cuestión.
- Finalmente, se detallan las referencias bibliográficas que sirven de base y sustento para la presente investigación, así como los anexos detallados de todo el proceso que se forma parte de la misma.

1.5 Alcances y limitaciones

- El tiempo de estudio en campo con ayuda del drone es equilibrado más no detallado, debido a que solo son 2 horas de grabación y el espacio es limitado debido a la infraestructura existente en los alrededores. Por lo tanto, no hay una visión completa de la zona de estudio.
- El software empleado será Vissim 9, de esta forma no se asegura la obtención de los mismos resultados en otras versiones del Vissim.
- Se diseña el conector peatonal sobre una base de datos y planos del lugar de elaboración propia, por lo que las dimensiones pueden no ser las más exactas.
- Para la validación del modelo del caso de estudio se toman los mismos datos de campo que para la calibración, pero con una ligera variación comprendida entre el más o menos 5% del total. Esto debido a la situación actual del país.
- El estudio contempla obtener un análisis comparativo de tiempos de transbordo entre la forma convencional de hacerlo y con la infraestructura intermodal propuesta. Asimismo, se espera delimitar una lista con las condiciones básicas de seguridad, accesibilidad y comodidad que deben ser características del conector intermodal y, por lo tanto, de cualquier infraestructura que favorezca el transporte intermodal.
- Finalmente, con el diseño propuesto se trata de mitigar y/o subsanar la falta de una red global de sistema de transporte intermodal seguro dentro del marco de las dificultades que se les presentan a los peatones en el transbordo del corredor al tren y viceversa. No obstante, si afecta de manera favorable a la solución de otros problemas presentes en dicha intersección será de manera indirecta e implícita, ya que la investigación solo se focaliza en el problema anteriormente mencionado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Movilidad

La movilidad se define como un parámetro que mide la cantidad de desplazamientos que las personas (peatones) realizan en un determinado sistema o ámbito socioeconómico (UPV, 2012). En los últimos años, el incremento de la población sumado al crecimiento descontrolado y sin planificación de las ciudades ha generado problemas que afectan la movilidad de las personas. Dentro de estos problemas se encuentra la congestión del tráfico, la mala circulación de los vehículos, impactos ambientales e impactos sociales que produce el transporte motorizado y que repercute en la calidad de vida de los peatones (UPV, 2012).

En otras palabras, la movilidad urbana representa entonces un factor que determina la productividad económica de una ciudad, la calidad de vida de sus habitantes y el acceso a los servicios básicos de salud y educación (CAF, 2013). En ese sentido, garantizar la movilidad urbana es una tarea que compete a todos los niveles de gobierno, así como a las instituciones públicas y privadas que estén ligadas al sistema. Para ello, los expertos sugieren: lograr una sinergia entre el transporte, la accesibilidad, la gestión urbana y la movilidad; promover el intercambio de buena practicas e información entre sistemas de transporte y ciudades; y, establecer redes de cooperación entre los diferentes niveles de gobierno (CAF, 2013).

2.2. Accesibilidad

En términos generales accesibilidad se refiere a la condición y modo de desplazamiento de la población en cualquier tipo de espacio (interior o exterior), así como a su uso de forma segura, confiable y eficiente con relación a los servicios instalados en sus alrededores. De manera más específica se refiere a entender el término de accesibilidad como una red articulada, fluida y continua en cuanto a los espacios, edificaciones y transporte públicos y como el público se desenvuelva. (UNC, 2015)

La definición de accesibilidad puede ser a nivel macro en el cual se deben considerar las facilidades que permitan el acceso a los espacios físicos urbanos y de transporte y por otra parte a nivel micro en la cual se enfoca en el estudio de la facilidad relativa de acceso a medios de transporte deseados como por ejemplo en los paraderos (UNC, 2015).

2.3. Peatones

Un peatón es aquella persona que, sin ser un conductor, se desplaza a pie por las vías públicas de la ciudad; y, también lo son aquellos que, empujan vehículos pequeños sin motor y las personas con movilidad reducida como la silla de ruedas (Ministerio del Interior, España, 2014). Asimismo, los peatones constituyen el eslabón más vulnerable y frágil dentro de los integrantes del tránsito ya que no cuentan con ningún tipo de protección corporal (Luchemos por la vida, 2015); y, por lo tanto, son los primeros en la jerarquía en uso de la vía pública (Ver figura 5). Si bien es importante que todos los peatones deben protegerse para evitar sufrir accidentes de tránsito, existen dos tipos de población aún más vulnerables que son los niños y los adultos mayores.

La organización no gubernamental Luchemos por la vida menciona que lo más importante para facilitar los desplazamientos de los peatones es proporcionarles una infraestructura segura, fiable y accesible con estándares de calidad e información actual. Además, menciona que garantizar la seguridad de los peatones fomenta los desplazamientos a pie; y, por lo tanto, mejora la salud ya que caminar es saludable y reduce el riesgo de padecer enfermedades como cardiopatías, diabetes, cáncer, obesidad y entre otros.

Figura 4: Pirámide invertida que muestra la jerarquía del uso de la vía pública, donde se encuentra en primero lugar el peatón. Extraído de << ¿Qué es la intermodalidad urbana? >>, por Martínez M., 2019.

2.4. Sistema integrado de transporte

Un sistema integrado de transporte público es aquel conjunto de diferentes modos de transporte de pasajeros que se relacionan, articulan y estructuran con el fin de brindar un servicio con seguridad, eficiencia, comodidad y confiabilidad, que permita la movilización

de los usuarios con calidad, accesibilidad y cobertura por toda la ciudad de la que son parte (WRI México, 2017). Asimismo, el WRI México señala que, para lograr alcanzar un sistema integrado de transporte es necesario la integración tarifaria, la integración de la infraestructura, la integración de las operaciones, la integración con los modos no motorizados y la existencia de una autoridad única del sistema de transporte. En ese sentido, lo que buscan estos sistemas es lograr una ciudad más conectada y ordenada, servicios de mayor calidad, un único sistema de información y atención, menores tiempos de viajes, mayor seguridad personal y vial, mayor accesibilidad al transporte público y conectividad con toda la ciudad (WRI México, 2017).

El SIT (Sistema Integrado de Transporte), en Lima, se creó bajo la Ordenanza Municipal 1613 con el objetivo de reducir el desorden de las rutas y mejorar la movilización urbana por medio de servicios o modos de transporte público seguros, accesibles, eficaces, eficientes y tolerables con el medio ambiente, lo cual incluye al Metropolitano, Metro (Ver figura 4), Corredores complementarios y otros. (Mendiola et al, 2014). Las entidades a cargo del sistema en mención que se encargan de administran y controlar los modos de transporte público de la ciudad son el Instituto Metropolitano ProTransporte de Lima (PROTRANSPORTE) y la Gerencia de Transporte Urbano de la MML.

Figura 5 : La imagen señala la red básica de las 6 líneas del Metro de Lima. Adaptado de <<Metro de Lima y Callao>>, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015.

2.4.1. Intersección vial

Una intersección vial se define como la zona común de varias vías de transporte que se encuentran o se cortan en un mismo nivel, y dentro de la cual están incluidos los ramales que pueden utilizar los vehículos para el paso de una vía a otra (Santos, 2015). Para el diseño de las intersecciones viales es importante tener en cuenta factores como el número de accesos, el tipo de vías a unir, la intensidad y velocidad de transitabilidad de vehículos.

Por otro lado, la intersección vial se entiende como parte de la infraestructura vial y de transporte de una ciudad donde se cruzan o entrelazan dos o más caminos (Rodríguez, 2016). A su vez, estas se clasifican de acuerdo a la necesidad que requiera la vía: intersección a nivel, que es la unión de dos o más vías que forman un cruce que requieren algún tipo de control como los semáforos; e intersección a desnivel, que es la adaptación de un cruce de dos o más vías de transporte a diferentes alturas (pendiente) para no interrumpir el flujo vehicular entre otras rutas (Rodríguez, 2016).

2.4.2. Intercambio modal

Dentro del margo ingenieril, se le llama intercambio modal al lugar donde se encuentran diferentes modos de transporte y donde una cantidad significativa de pasajeros realizan el intercambio entre los modos mencionados. De manera más específica el término hace mención al lugar y/o espacio donde se articulan las diversas redes de sistemas de transporte como es en nuestro caso el Sistema de Corredor Rojo y el Metro de Lima.

Además, el intercambio modal cumple con 3 funciones principales: el transporte que se relaciona a términos de conexión y accesibilidad, los servicios: enfocados al aprovechamiento del lugar y a la comodidad de los pasajeros que circulen y por último el vínculo territorial: relacionado con la estructura y distribución urbana de la región. (Tobón, 2013).

2.4.3. Estación intermodal de transporte

Es aquel lugar de conexión de redes que se alza con el objetivo de facilitar el intercambio entre los diferentes modos de transporte en los que se movilizan los viajeros en una ciudad (Bartolovich, Belaus & Crosetto, 2015). Por lo tanto, las estaciones intermodales deben reunir variedad de modos de transporte en un solo lugar, tales como el autobús, metro, tren, automóvil, la bicicleta e incluso la marcha a pie. Lo que se espera es poder garantizar una

correspondencia fluida entre los diversos modos de transporte interconectados de tal manera que se disminuya el tiempo de intercambio entre los mismos.

Para asegurar el funcionamiento de la estación es preciso que exista una diversa red de transporte, articulada a diferentes escalas y con buena frecuencia y funcionamiento de los modos (Bartolovich, Belaus, & Crosetto, 2015). Asimismo, estos modelos de estaciones intermodales deben ser infraestructuras de fácil reconocimiento por parte de los usuarios, con simples transbordos, comodidad en la espera e información directa sobre comercio, ocio, clima y otros.

2.4.4. Conector peatonal

El conector peatonal hace referencia a un puente peatonal a desnivel en una intersección vial cuyo objetivo es la conexión entre dos puntos extremos que se ven afectados por la distancia y los vehículos del transporte público. La idea de los conectores peatonales obedece a la necesidad de contar con un intercambio modal seguro para los peatones que garantice un transbordo con accesibilidad, calidad y sin mucho tiempo de caminatas.

A su vez, los conectores peatonales pueden constituir espacios de información y dependiendo de la magnitud de su infraestructura pueden llegar a ser hasta espacios de recreación y ocio para los peatones. Esto dependerá de la ubicación y de los focos de atracción que existan en los alrededores.

2.4.5. Transbordo

El transbordo es la acción y resultado de transbordar o transbordarse que constituye una parte posible dentro de una secuencia en cadena de desplazamientos de peatones a través de vehículos motorizados con el fin de alcanzar un destino determinado, partiendo de un origen (Gartner, 2013). Este término no solo aplica para los usuarios de transporte, sino también para las mercancías.

Por lo tanto, se considera que el transbordo es una parte esencial en los viajes multimodales de los usuarios de transporte. Sin embargo, los transbordos se perciben como una de las mayores cargas para los usuarios de transporte pues representan una interrupción durante sus viajes, lo cual trae como consecuencia una penalización (Schakenbos, La Paix, Nijenstein, & Geurs, 2016). Es así, que estudios y análisis de datos cualitativos revelaron seis factores principales que afectan la percepción del usuario sobre la penalización de los transbordos multimodales: las características personales, las características del viaje, factores de tiempo, factores ambientales, características de la transferencia y la

infraestructura intermodal, ver Tabla 2. (Rocío Cascajo, Elena López, Fernando Herrero & Andres Monzón, 2018).

TEMA	FACTORES
Características personales	Estado de salud
	Familiaridad con la ruta/red
Características del viaje	Propósito del viaje
	Bolsas de transporte/equipaje
	Hora del día
	Llegar tarde
	Disponibilidad de información en tiempo real
Tiempo	Tiempo de espera en transferencia
	Tiempo de caminata en transferencia
	Tiempo total de transferencia
Ambiente construido	Tiempo de transferencia al tiempo total de viaje
	Comodidad en la transferencia
	Seguridad y protección
	Facilidad de intercambio
	Congestión peatonal
Características de la transferencia	Clima
	Transferencia de nivel igual/diferente
	Escaleras mecánicas/ ascensores
	Distancia a pie en transferencia
	Transferencia entre diferentes modos
	Frecuencia de servicios de conexión
Pena pura	Fiabilidad
	Esfuerzo mental
	Interrupción de actividad abordo

Tabla 2: Resumen de factores que afecta la percepción de las transferencias encontradas en diversos grupos focales. Extraído de << User perception of transfers in multimodal urban trips: A qualitative study>>, por Cascajo, R., Lopez, e., Herrero, F., & Monzon, A., 2018.

2.4.6. Dispositivo de control de intersección

Denominado comúnmente semáforo, es un artefacto que regula el tránsito peatonal y vehicular en las avenidas y carreteras por medio de 3 luces de color rojo, amarillo y verde. Dentro de sus principales funciones esta interrumpir el tránsito vehicular para permitir el paso peatonal (y viceversa), proporcionar un ordenamiento objetivo del tránsito, regular las velocidades de los vehículos y reducir el número de accidentes en donde estén involucrados los vehículos y peatones

Existen 2 tipos de semáforo según sus participantes:

- Semáforo para el control del tránsito vehicular: cumple la función de regular el flujo de vehículos que interaccionan en una intersección.
- Semáforo para pasos peatonales: cumple el propósito exclusivo de permitir el paso y/o detención de los peatones al momento de cruzar una calle. (MTC, 2008)

Por otra parte, existen 3 tipos de semáforos según su tipo de funcionalidad:

- Semáforos pre-programados: Convencionales y sin uso de sensores
- Semáforos Accionados por el tránsito: cuenta con sensores vehiculares, y los tiempos varían según la demanda horaria.
- Semáforos adaptativos: son parte del sistema inteligente de semaforización y mitigan la crisis vehicular de las principales ciudades.

Actualmente existe un proceso inminente de mutación ya que se está reemplazando los semáforos tradicionales los cuales simplemente brindaban el color específico mediante una luz; por los semáforos con cuenta regresiva (también llamados semáforos contadores) los cuales muestran el tiempo en números del color de la luz correspondiente para así evitar que vehículos y personas se encuentran con el cambio de luz de manera brusca o imprevista, y por el contrario que el usuario pueda ir midiendo cuanto tiempo falta para el cambio de luz respectivo (Redacción RPP).

2.4.7. Factor de hora punta

El factor de hora punta (PHF por sus siglas en inglés Peak-Hour Factor) es una denominación que representa el mayor movimiento de vehículos en las calles durante un periodo de tiempo predeterminado.

De manera cuantitativa y explícita es la división entre el volumen de hora de máxima demanda y cuatro veces el flujo mayor de los periodos de 15 minutos. (TRB, 2010).

$$PHF = \frac{VHMD}{v_{15} \times 4}$$

Figura 6: Ecuación para determinar el factor de hora pico. Extraído de TRB, 2010

Desde otra perspectiva hora punta o también llamada hora pico es una denominación que representa el mayor movimiento de gente y vehículos en las calles durante un periodo de tiempo el cual no necesariamente tiene que ser de una hora (Bull, 2003). En otras palabras, representa el periodo de tiempo en donde se producen mayor congestión en las avenidas, transbordos, paraderos, estaciones, intersecciones y otros espacios públicos de una ciudad.

2.5.Seguridad vial

De manera general, seguridad se refiere a un conjunto de sistemas, medios organizativos y acciones dispuestas para reducir los riesgos y posibles amenazas que se presenten en distintos ámbitos que puedan afectar a una persona, entidad, instalación u objeto. Además, la gran mayoría de definiciones en cuanto a seguridad tiende a ubicar su práctica en el contexto de la preservación del sistema, entendiéndose como un medio y no como fin (Dávila, 2015)

De manera más específica seguridad vial es el conjunto de actividades y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento del tránsito ya sea como peatón, conductor o pasajero con el fin de reducir y/o prevenir los posibles accidentes de tránsito. Asimismo, la seguridad se refiere a una responsabilidad compartida que debe contar con el compromiso y participación activa de todos los organismos tanto estatales como de la sociedad civil con el fin de intervenir y mejorar de manera efectiva en cuanto a la implementación y mejoras en la normatividad y su aplicación en el sistema de transito de las ciudades. (MTC, 2008).

2.5.1. Listas de chequeos

Las listas de chequeo constituyen una herramienta de apoyo para el desarrollo de las auditorias e inspecciones de seguridad vial. Su objetivo principal es identificar de forma anticipada los posibles factores de riesgo para la seguridad vial en determinada infraestructura y, a su vez, orientar los siguientes estudios de acuerdo con los lugares más críticos encontrados. (MTC, 2017).

En otras palabras, el propósito de las listas de chequeo es solo servir como una guía para el equipo de auditoría que desarrolla la seguridad vial, y su uso debe ajustarse a satisfacer las necesidades de este equipo. (MTC, 2017). En ese sentido, las listas de chequeo son solo medios para alcanzar un objetivo, no son un objetivo en sí mismas. Y, de esta manera, las listas de chequeo también pueden ser muy útiles para los proyectistas pues ayudan a identificar los potenciales problemas de seguridad en sus diseños (MTC, 2017).

Su aplicación es recomendada en las siguientes etapas de un proyecto de auditoría: factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado y preapertura. Asimismo, durante una auditoría o inspección de seguridad vial, se deberá usar al evaluar la documentación previa del proyecto, al inspeccionar el lugar para verificar el ajuste del proyecto a las características existentes, y al redactar el informe de auditoría para verificar la consideración de los principales temas (MTC, 2017).

Por otro lado, antes de su aplicación, es recomendable establecer el juego de listas necesarios para la auditoría. De esta manera, se encuentran las listas maestras que son aquellas fichas de análisis elaboradas por el auditor o inspector en base a su propia experiencia; y, las listas de chequeo que dan soporte a los auditores y permiten no obviar los parámetros a medir o los aspectos a evaluar (MTC, 2017). Además, el contenido de las listas de chequeo es modificable y se recomienda su ajuste de acuerdo con las necesidades de los auditores.

2.6.Simulación de transporte

La simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo predeterminado computarizado y conducir a análisis y experimentos con el fin de entender el comportamiento del sistema y discutir varias estrategias mediante las cuales se puede operar de forma efectiva el sistema (Shannon, 1988)

Más específicamente, cuando se habla de simulación de transporte se pretende analizar la situación de transporte existente con ayuda de sistemas informáticos que permitan observar la situación actual tomando en cuenta una serie de variables que influyen directamente en el resultado final. Es así, que estos sistemas reflejan una interacción y colección de entidades que interactúan entre sí hacia un fin lógico (Schmidt & Taylor, 1970)

2.6.1. Escalas de simulación

Desde un punto de vista general, las simulaciones de transporte se pueden dividir en 3 escalas: microsimulación, mesosimulación y macrosimulación. Asimismo, con respecto a las teorías base de sus propios algoritmos y sus diferencias propias que existen entre ellos, se han realizado comparaciones de resultados entre las 3 escalas en cuanto a términos de tiempo de viaje, velocidades, distancia de viaje, demoras, entre otros. Es así, que se encontraron algunas diferencias que si bien es cierto no son significativas pudieran afectar en algo mínimo el funcionamiento correcto del proyecto (Bloomberg & Dale, 2000) (Tian & Urbanik, 2002).

2.6.2. Microsimulación

En la microsimulación se trata de evidenciar con gran detalle y precisión los escenarios que se desean mostrar, así como el desarrollo del comportamiento de los vehículos y peatones frente a las situaciones predeterminadas. Asimismo, existen 2 principales componentes: estáticos (escenarios y bienes inalterables) y dinámicos (peatones y vehículos). De esta forma se genera el sistema de modelamiento de redes, infraestructuras y construcciones viales con el fin de brindar variaciones promedio en términos de tiempo, velocidades y alcance (Valladares, 2016).

Por otro lado, también es importante destacar a aquellos fundamentos de la microsimulación que son la base del análisis que se desarrolla al largo de la presente investigación. De esta manera, destaca la aleatoriedad del modelo, la interacción vehicular, la interacción peatonal, la calibración del modelo y la validación de este.

Figura 7: Microsimulación de transporte. Adaptado de << Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.

2.6.3. Modelos de seguimiento vehicular y peatonal

Los modelos de seguimiento vehicular son aquellos desarrollados a partir de la interacción existente entre un vehículo que transita por delante de otro; es decir, es un concepto que involucra un denominado “móvil líder” y otro denominado “móvil seguidor” (Álvarez, 2017). De esta manera, con el fin de desarrollar esta teoría se han creado diversos modelos a lo largo del mundo, pero el que adopta Vissim es el modelo denominado Wiedemann 74.

El modelo de Wiedemann se basa en la reacción y percepción de los conductores, de forma independiente, ante las distintas situaciones de tráfico; es decir, representa la percepción humana sobre los vehículos, principalmente la percepción de distancias y las diferencias de velocidades (Arrieta, 2013). De esta manera, las principales situaciones (áreas) empleadas por Wiedemann son las siguientes: área de conducción libre, área de aproximación, área de seguimiento, área de frenado o desaceleración y área de colisión (ver Figura 7).

Figura 8: Fases del modelo de Wiedemann. Adaptado de <<Manual de Vissim PTV America>>, por PTV America, 2008.

Por otro lado, el modelo de fuerza social se basa en el supuesto de que distintos vectores de fuerza actúan sobre los peatones y que la suma de todas estas fuerzas resulta en una única fuerza social que describe la motivación de moverse de los peatones (Álvarez, 2017). Por lo tanto, la fuerza social resultante se compone de 4 vectores fuerza: la fuerza “driving” que lleva al peatón a su destino, la fuerza “social” que es la repulsión contra otros peatones, la fuerza “Wall” que es la repulsión contra obstáculos en el camino, y la fuerza “noise” que es la componente estocástica (Álvarez, 2017).

De esta manera, la ecuación de la fuerza social resultante se define de la siguiente forma:

$$\bar{F} = \bar{F}_{driving} + \bar{F}_{social} + \bar{F}_{wall} + \bar{F}_{noise}$$

Asimismo, en la Figura 8, se muestra una representación del modelo de la fuerza social:

Figura 9: Modelo de fuerza social y sus componentes. Adaptado de <<Manual de Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.

2.6.4. Calibración

La calibración, dentro de la microsimulación, es aquel proceso en el cual los diversos parámetros del modelo de simulación se ajustan hasta lograr que el modelo represente con precisión las condiciones del campo y/o realidad (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). Los parámetros de VISSIM, que afectan el comportamiento de la red creados en él (conductores y peatones), se ajustan durante el proceso de calibración para que el modelo se asemeje lo más posible a los datos extraídos de campo. Por lo tanto, la confiabilidad de cualquier modelo de microsimulación depende de su capacidad de obtener resultados próximos a la realidad y, por ese motivo, la calibración constituye parte fundamental del proceso de modelación (Araújo, et al., 2004).

Actualmente, para el proceso de calibración, se sugiere un enfoque de arriba hacia abajo; es decir, centrar todo el esfuerzo inicial en aquellos parámetros que tienen un gran impacto en el comportamiento del modelo y luego, proceder con aquellos parámetros menos críticos o de menor influencia (Dowling, et al., 2004). Asimismo, los principales parámetros de calibración que se pueden modificar se clasifican en función de sus características y estos son: “Driving Behaviour Parameters”, “Desired speed Distributions” y “Acceleration/Deceleration Distributions” (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). Además, dentro de los parámetros a evaluar durante la calibración de un modelo se encuentran principalmente la longitud de colas de los vehículos, el tiempo de viaje de vehículos y/o peatones, y las velocidades de vehículos y/o peatones (Dowling et al, 2004).

Por otro lado, para este proceso, la principal opción recomendada es la calibración a través de “Randomization test” que se basa en una prueba no paramétrica, emplea múltiples simulaciones, no depende de las formas de las distribuciones y se aplica para cualquier tamaño de muestra sea pequeña o grande (Cabrera, 2016).

Finalmente, se concluye que el objetivo del proceso de calibración es mejorar la capacidad del modelo para reproducir el comportamiento del conductor, el comportamiento de los peatones y el rendimiento de determinados parámetros como los tiempos de viaje, las longitudes de cola y las demoras (Zúñiga, 2010).

2.6.5. Validación

El proceso de validación es aquel en el cual el modelo, previamente calibrado, se evalúa con un nuevo conjunto de datos extraídos de campo que pueden incluir los volúmenes de flujo vehicular y peatonal, la composición de los vehículos y peatones y otros datos según el modelo lo requiera. De esta manera, se debe destacar que los datos empleados para la calibración del modelo no deben ser los mismos que los datos empleados para la validación del mismo (Roca, 2009). En ese sentido, para finalizar, se dice que el modelo está validado si luego de la simulación se obtienen valores similares entre el software empleado y los segundos resultados extraídos de campo (Siddharth & Gitakrishnan, 2013).

2.6.6. VISSIM 9

Software desarrollado por la empresa alemana Planung Transport Verkehr AG en donde se simula la situación y comportamiento de tráfico multimodal tomando en cuenta factores y parámetros como intersecciones, plan de semaforización, transporte público para poder modelar, obtener resultados numéricos y animaciones en 3D. De esta forma se puede estudiar el comportamiento, interacciones e índices métricos de distintos usuarios vehiculares y no vehiculares entre ellos mismos y con la vía pública (PTV Group, 2019).

El software Vissim en su versión número 9, la cual está disponible desde octubre de 2016, ofrece una gran flexibilidad y variabilidad en cuanto a geometría de intersecciones, características propias de conductores y vehículos para lograr así una simulación realista y compleja de todos los agentes participantes. Asimismo, el software Vissim, para el proceso de simulación que incluye la calibración y validación se basa principalmente en dos teorías: el modelo de seguimiento vehicular (car following) y el modelo de fuerza social.

2.6.7. VISWALK 9

Software desarrollado por la empresa alemana Planung Transport Verkehr AG en donde se simula la dinámica y el comportamiento de peatones dentro de un escenario determinado. Reflejando detalles específicos como la interacción entre diferentes peatones en escenarios de grandes volúmenes de gente y/o interacciones de peatones con los medios de transportes, con lo que se integra fácilmente a usarlo conjuntamente con Vissim (PTV Group, 2019)

El software Viswalk en su versión número 9, la cual está disponible desde octubre de 2016, permite la representación de peatones con numerosas funciones y características en cuanto a la densidad, tiempo, trayectoria, velocidad e interacción con obstáculos (vehiculares y no vehiculares).

Figura 10: Microsimulación de una intersección por medio del Programa Vissim 9 - Viswalk 9. Adaptado de << Vissim PTV Group>>, por PTV Group, 2016.

3. METODOLOGÍA

El presente capítulo detalla el nivel y diseño de la investigación, así como el procedimiento a desarrollar hasta obtener los resultados esperados que forman parte de la hipótesis y los objetivos. Además, se presenta un flujograma general como proceso iterativo a seguir.

3.1. Nivel de Investigación

La presente es una investigación explicativa pues establece las causas o razones de las dificultades en el transbordo de los peatones en la zona de estudio, aplicativa pues se hacen diseños experimentales y calibración que se ajusten a los objetivos del estudio; e, inductiva, pues solo se maneja la problemática en un caso específico que representa toda la realidad y con ello se hacen estimaciones para posibles aplicaciones en otras situaciones o espacios. Además, se propone el diseño de un conector peatonal independiente, el cual une de una forma más fluida y eficiente el intercambio modal presente en la intersección entre las Avenidas Aviación y Javier Prado.

3.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es de campo y experimental ya que, en principio, se hacen encuestas y un levantamiento de datos de los factores que ocasionan el problema en la zona de estudio. Luego, se realiza una microsimulación de la situación actual y del modelo intermodal propuesto en la zona de estudio.

3.3. Procedimiento

La metodología de la presente investigación tiene como base el desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación sugerido por la FHWA (2004). Esta metodología, constituye las dos primeras etapas del proyecto. A este proceso se suma la evaluación y análisis de la seguridad vial mediante la lista de chequeos, lo cual pasa a ser la última etapa del proyecto. Para mayor detalle, el procedimiento a desarrollar se detalla a continuación.

3.3.1. Evaluación descriptiva

En principio, se realiza el trabajo preliminar antes del modelado real (gabinete). En esta sección, se establecen los alcances y limitaciones del proyecto; es decir, se fijan los objetivos de la investigación, el área de influencia y se selecciona el tipo de modelo a construir según el nivel de detalle del análisis. Asimismo, se procede con la recolección y procesamiento de datos, cuyos resultados incluyen la información estática y dinámica de la intersección que sirven de base para la construcción del modelo en el software Vissim 9.

3.3.2. Microsimulación de tránsito

Luego, se procede con el desarrollo del modelo base. En esta sección, se realiza la microsimulación del estado actual de la intersección mediante el Software Vissim 9-Viswalk 9 y teniendo como datos de entrada la información recopilada en la primera etapa. Seguidamente, al finalizar la construcción del modelo, se procede con la verificación de errores donde se revisan los datos de entrada correspondientes a la información estática y dinámica de la intersección y la simulación del modelo realizado.

A continuación, se realiza la calibración y validación del modelo actual de la intersección. En la parte de calibración, se ajustan los parámetros de microsimulación para vehículos y peatones según el parámetro de eficiencia elegido, de manera que los resultados se asemejen a la realidad en campo. Posterior a ello, se analizan los valores obtenidos y se verifican mediante el uso de la herramienta “randomization test” donde se toma en cuenta un nivel de confianza del 95% y se admite un 10% de errores. Y, para terminar esta etapa, se realiza el proceso de validación del modelo. En la parte de validación, se simula y evalúa el modelo construido con nuevos y deferentes datos de campo. De esta manera, se espera obtener resultados similares a los datos de campo y de acuerdo con los parámetros de eficiencia seleccionados en la calibración.

Posterior a ello, se desarrolla el proceso de aplicación del modelo. En esta sección, se realiza los cambios e implementos necesarios en la infraestructura actual de la intersección en estudio. Luego, se hace un análisis comparativo entre los resultados obtenidos de la simulación del modelo base y el modelo propuesto. De esta manera, se espera identificar si existe variación en la variable de estudio (tiempo de transbordo). Además, se registra y documenta los resultados obtenidos para sustentar la viabilidad de la propuesta.

Finalmente, la metodología hasta finalizar la etapa de microsimulación presenta cuatro procesos fundamentales: trabajo preliminar antes del modelo real, desarrollo del modelo base, calibración y validación del modelo base, y por último la aplicación del modelo. En ese sentido, en conjunto, las cuatro etapas constituyen un proceso general de referencia rápida para desarrollar y aplicar un modelo de microsimulación a un problema específico de análisis de tráfico (FHWA, 2004).

Sin embargo, cabe resaltar que la metodología adoptada de la FHWA solo es un marco de referencia al cual se le adecuan procesos de acuerdo a las necesidades del presente proyecto.

A continuación, en la Figura 11, se muestra de forma gráfica y concisa a manera de proceso la metodología a seguir en la presente investigación junto a las principales actividades de cada etapa a desarrollar.

Figura 11: Desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación. Adaptado de <<Traffic Analysis Toolbox Volumen III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software>>, por FHWA, 2004.

3.3.3. Evaluación de la seguridad

Esta es la última etapa de la presente investigación y corresponde al análisis cualitativo de la zona de estudio mediante las listas de chequeo. Para ello, se toman como base la ficha general para auditoría e inspección de seguridad vial, la ficha para inspección de seguridad vial y la ficha para auditoría de seguridad vial propuestas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Asimismo, las variables y/o parámetros a evaluar son seleccionados de acuerdo a las necesidades existentes y primordiales en la zona de estudio. De esta manera, los resultados de estas listas de chequeo son de vital importancia al momento de realizar la propuesta de diseño. A continuación, en la Figura 12, se muestran algunas características a evaluar en las líneas de chequeos sobre la seguridad de los peatones.

3.27	Peatones		
128	Pueden los peatones cruzar en forma segura en: ¿las intersecciones? ¿Los cruces peatonales y semaforizadas?		
129	Cada cruce será satisfactorio en cuanto a: ¿Visibilidad para ambos sentidos? ¿Ser usado por personas con movilidad reducida? ¿Ser usado por personas de la tercera edad? ¿Ser usado por escolares?		
130	¿Se han instalado vallas peatonales en los cruces donde se requieren (en el borde de la vía y en la mediana)?		
131	¿Los peatones están impedidos de cruzar la vía en lugares inseguros?		

*Figura 12: Lista de chequeo para auditorías de seguridad vial en la etapa de diseño final.
Adaptado de <<Manual de seguridad vial>>, por MTC, 2017.*

Finalmente, se realiza la propuesta de diseño de solución para el caso de estudio. En este proceso se ejecuta la documentación técnica correspondiente a los planos básicos y se presentan las conclusiones y recomendaciones encontradas.

3.4. Flujograma

Adicionalmente, el presente diagrama de flujo o flujograma (ver Figura 12) abarca el proceso iterativo que se desarrolla en la presente investigación desde el punto de origen con la delimitación de los objetivos y justificación del proyecto hasta alcanzar la propuesta de solución.

Figura 13: Flujograma de la investigación. Fuente: Elaboración propia

4. CASO DE ESTUDIO

El presente capítulo se constituye en tres partes principales, cuyos resultados son la base y sirven de datos de entrada para el proceso de microsimulación de la zona de estudio. Por lo tanto, todos los resultados obtenidos son del estudio que se realiza en campo.

En principio, se procede con la delimitación de la zona de estudio, el área de influencia y la identificación de los factores que influyen en el desplazamiento de las personas en la intersección. De esta manera, se realizan 8 mapeos: mapeo general de la intersección, mapeo de trabajadores y mendigos, mapeo de señalización horizontal y vertical, mapeo de ocupación peatonal, mapeo de paraderos formales e informales, mapeo de líneas de deseo de los peatones, mapeo de obstáculos y ancho efectivo de las vías peatonales, y el mapeo de las zonas de peligro. En conjunto, los resultados obtenidos en este proceso, permiten identificar la situación actual de la zona de estudio en lo que respecta a seguridad, tiempo de transbordo, ordenamiento de la intersección, calidad de infraestructura y entre otros. Además, a este proceso también se le denomina levantamiento de información estática.

Luego, se realiza la clasificación de los usuarios de transporte que realizan transbordo entre el paradero del bus del Corredor Rojo y la estación La Cultura del Metro de Lima. En ese sentido, la clasificación para los usuarios es la siguiente: usuario promedio, personas embarazadas y/o con niños, personas de mal vivir, adulto mayor y personas con discapacidad física y/o cognitiva, usuarios en pareja, y usuarios apurados. Posterior a ello, se mide el tiempo de transbordo para cada una de las clasificaciones establecidas. De esta manera, con los resultados obtenidos se verifica si el tiempo de transbordo es excesivo y si en realidad representa un problema a solucionar en la zona de estudio.

Finalmente, se realiza el levantamiento de información dinámica de la zona de estudio. Por lo tanto, en esta sección es necesario realizar la grabación con dron en las horas de máxima demanda para recopilar información necesaria sobre el aforo vehicular y el aforo peatonal. Los resultados de la grabación incluyen información sobre las velocidades de vehículos y peatones, el aforo propiamente dicho (cantidad), las trayectorias y/o rutas, la composición y la frecuencia. Asimismo, en esta sección también se identifica el ciclo semafórico que rige en la intersección en estudio.

4.1.Delimitación de la zona de estudio

4.1.1. Mapeo de la intersección

*Figura 14: Mapeo general de la intersección entre las avenidas Javier Prado y Aviación.
Fuente: Elaboración propia*

Se presenta un mapeo general de la intersección sin incluir detalles como los paraderos, ambulantes, señales de tránsito o ancho efectivo porque ellos serán mostrados en los mapeos que les correspondan.

La avenida que se observa en el eje horizontal es la denominada Aviación y en su extremo izquierdo (ver imagen) se ubica uno de los puntos de transbordo: la estación La Cultura de la línea 1 del Metro de Lima. Por otro lado, la avenida que se ubica en el eje vertical es la denominada Javier Prado y en su extremo inferior derecho se encuentra el otro punto de transbordo: el paradero del Corredor Rojo.

La intersección tiene una distribución de vías un tanto especial; es decir, podría decirse que el nivel base es donde se interceptan las avenidas como tal, pero existe un nivel inferior que es la vía expresa de Javier Prado y netamente para vehículos privados. En la parte izquierda de la misma se encuentran dos especies de viaductos de forma un tanto circular que sirve a los vehículos que se dirigen por la avenida Aviación en dirección al norte y que quieran desviarse a la parte inferior de la avenida Javier Prado o para los vehículos que se desplazan en dirección al oeste y quieran subir hacia la avenida Aviación. Y, finalmente, también en la parte izquierda se encuentra la línea exclusiva para buses del corredor Rojo que se trasladan de este a oeste.

El transbordo a estudiar en la intersección se realiza desde el paradero del Corredor Rojo (extremo inferior derecho) en dirección este hasta el cruce con la avenida Aviación y desde ahí en dirección hacia el norte hasta llegar a la estación La Cultura de la línea 1 del Metro de Lima, y viceversa. Además, también es objeto de estudio el transbordo realizado desde el paradero del Corredor Rojo en dirección oeste hasta la estación La Cultura de la línea 1 del Metro de Lima.

La infraestructura de influencia directa sobre la intersección es la correspondiente al centro comercial La Rambla ubicado en el extremo inferior derecho (ver figura 7), que es de donde sale el mayor volumen de personas potenciales a hacer el transbordo; y, el Gran Teatro Nacional del Perú junto al Museo de La Nación que se encuentran en el extremo superior derecho, que es de donde también sale un volumen potencial de personas a hacer transbordo.

4.1.2. Mapeo de trabajadores y mendigos

Figura 15: Mapeo de trabajadores y mendigos en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia.

En el mapeo de trabajadores y mendigos se puede observar los distintos tipos de trabajadores formales e informales, así como los mendigos presentes en el tramo entre el Paradero del Corredor y la Estación La Cultura, los cuales se presentan en una leyenda y se dividen en (ver figura 8):

- Vendedor-Ambulante: Se puede decir que son los que más espacio ocupan ya que la gran mayoría tiene consigo un quiosco y/o estante mediano.
- Controlador de Corredor Rojo: Se encuentran presentes en ambas direcciones de la Avenida Javier Prado ubicados estratégicamente al costado de los paraderos de dichos corredores.
- Jalador de líneas informales: Se encuentran presentes donde se han formado los paraderos informales de combis y colectivos ya que estos incentivan a las personas a usar estos servicios informales y reciben una comisión.
- Mendigo: Se encuentran presentes principalmente en las esquinas y también en tramo del bypass de la Avenida Aviación.

Todo este tipo de personas se puede decir que ocupan un espacio fijo durante todo el día lo cual genera una reducción significativa en cuando al espacio disponible para el flujo de personas en ambas direcciones, esto se podrá evidenciar de manera más notoria en el mapeo de ancho efectivo.

Cabe resaltar que el posicionamiento de los mendigos y los trabajadores informales es referencial dado que todos los días no se posicionan en el mismo lugar y no siempre son los mismos, algunos días en hora punta vienen alrededor de 15 personas entre trabajadores y mendigos en toda el área de estudio y otra semana el mismo día y hora de estudio vienen entre más o menos 5 trabajadores y mendigos.

4.1.3. Mapeo de señalización

Figura 16: Mapeo de señalizaciones en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia.

En el mapeo de señalización se reflejan un conjunto de señales que proporcionan una información determinada con el fin de regular una circulación fluida en la intersección tanto para peatones como para vehículos. Asimismo, existen señalizaciones que cumplen una función netamente informativa y de prevención. Entre las cuales destacan y se presentan en la leyenda: (ver figura 9)

- Poste de luz: Se encontraron postes de luz simples y dobles.
- Semáforo: Se toman en cuenta semáforos vehiculares y peatonales.
- Señalizador de calle: Indican el nombre de la calle y el número de cuadra en ambas direcciones, es por eso que se ubican en intersecciones continuas.
- Letrero de advertencia y/o letrero informativo: se observaron señales de tránsito como “No estacionar”, “Paradero Prohibido Taxi”, “Volteo a la derecha “, “Volteo a la izquierda”, etc.

Cabe resaltar que todo este tipo de señalizaciones ocupan un espacio fijo en la vía pública lo cual genera una reducción significativa en cuando al espacio disponible para el flujo de personas en ambas direcciones, esto se podrá evidenciar de manera más notoria en el mapeo de ancho efectivo.

Figura 17: Figura que indica los semáforos peatonales y vehiculares en la intersección de la Avenida Aviación con Javier Prado. Fuente: Google Maps

4.1.4. Mapeo de ocupación peatonal

Figura 18 :Mapeo de ocupación peatonal en Autocad 2018. Fuente: Elaboración propia.

En el mapeo de ocupación peatonal se refleja las rutas y/o caminos efectivos que las personas normalmente utilizan para ir del Corredor a la estación La Cultura, y viceversa. Asimismo, se puede realizar una comparación entre las rutas posibles y la frecuencia de una con respecto a las otras; en otras palabras, cual es la más usada y cuáles son las que usa un porcentaje mínimo de población. Es así que en donde haya más densidad, es decir, donde se vean los espacios más ajustados, nos indica que en ese lugar existe un mayor movimiento masivo de personas que pasan por dicho espacio.

Cabe resaltar que estos caminos utilizados no son necesariamente los caminos propuestos de acuerdo a las vías públicas prediseñadas, ya que principalmente en los propuestos en un principio en el diseño de las calles no se tomaba en cuenta los ambulantes, vendedores, paraderos informales, ni tampoco las señalizaciones construidas posteriormente. Por el contrario, estos si bien son “los más cortos posibles” en cuanto a tiempo, no lo son en cuanto a seguridad ya que por ejemplo en uno de los casos no cruzan los pasos de peatones.

En ese sentido, se puede decir que la ocupación peatonal abarca más área y volumen que la infraestructura vial puesta para su servicio (veredas, pasos de cebra, cruces peatonales, etc).

Finalmente, se muestran algunas imágenes de ocupación peatonal en la intersección. En principio se observa la ocupación peatonal de los usuarios de los peatones por la vereda del puente que atraviesa la avenida Javier Prado (ver Figura 12), cuyo espacio es claramente reducido. Y, además, se muestra la ocupación peatonal ya en el último cruce de la avenida Aviación para entra a la estación La Cultura.

Figura 19:Figura que muestra el flujo peatonal en la Avenida Aviación paralelo al Tren Eléctrico. Fuente: Google Maps

Figura 20: Ocupación peatonal en el cruce de la avenida Aviación próximo a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia.

4.1.5. Mapeo de paraderos formales e informales

Figura 21: Mapeo de paraderos formales e informales en la intersección de las avenidas Javier Prado y Aviación. Fuente: Elaboración propia.

Se presenta una leyenda que indica que los paraderos formales serán representados en color azul y los paraderos informales en color celeste. Las áreas sombreadas indican el lugar de estacionamiento de los buses, el área de concentración de los usuarios de transporte y la infraestructura existente correspondiente al paradero.

En general, se observan 4 puntos de paraderos entre formales e informales. Para una mejor descripción, el punto de paraderos ubicado en el extremo superior izquierdo será denominado “A”, el punto de paraderos ubicado en la parte central izquierda será denominado “B”, el punto de paraderos ubicado en la parte central derecha será denominado “C”, y finalmente, el punto de paraderos ubicado en el extremo inferior derecho será denominado “D”.

En el punto A solo se encuentra un paradero formal que es el perteneciente al Corredor Rojo que se dirige de este a oeste por la avenida Javier Prado y se observa que la concentración de persona a espera del bus es un tanto ordenada. En el punto B, en cambio, se observa un paradero formal e informal, ambos pertenecientes a la red de transportes público tradicional de la ciudad y se observa que la concentración de personas del paradero informal es un tanto desordenada en comparación del paradero formal. Por otro lado, el punto C es solo paradero informal donde la concentración de buses y personas es desordenada y afecta el flujo normal de los peatones de forma considerable. Finalmente, en el punto D, que es uno de los puntos focales de estudio del transbordo, se encuentra paradero formal e informal: el formal perteneciente a la red e Corredor Rojo que transita por la avenida Javier Prado de oeste a este, y el informal que hace la misma ruta y es parte de los vehículos tradicionales de transporte público de la ciudad.

En cuanto a la infraestructura, los paraderos formales de los puntos A, B y C cuentan con espacios adecuados de espera y descanso para los usuarios de transporte, incluida una señalización vertical y horizontal un tanto deficiente, pero existe y que sí sirve de guía. Por otro lado, los paraderos informales de los puntos B, C y D, como es de esperarse, no cuentan con una infraestructura por el simple hecho de que no son paraderos y, por el contrario, cuenta con señales verticales que indican la prohibición de paradero.

Como se observa, los paraderos B y D son los que muestra mayor área de ocupación y, por lo tanto, mayor volumen de personas concentradas. Le sigue el punto B y el punto C, con áreas más pequeñas y, por lo tanto, con menor volumen de concentración de personas.

A continuación, se muestra el paradero formal e informal ubicados en los puntos D y B del mapeo, respectivamente:

FiguraI 22: Paradero formal del Corredor Rojo ubicado en el punto D del mapeo. Fuente: Fotografía propia

Figura 23: Paradero informal ubicado en el punto B del mapeo debajo de las vías del tren. Fuente: Fotografía propia.

Las imágenes muestran que en el paradero informal las personas mantienen un cierto orden, lo que no se percibe en el paradero informal, donde las personas irrumpen en la vía pública poniendo en riesgo sus vidas.

4.1.6. Mapeo de líneas de deseo

Figura 24: Mapeo de líneas de deseo de los peatones que hacen el transbordo del paradero del Corredor Rojo hacia el Metro de Lima y viceversa, en la intersección de las avenidas Javier Prado y Aviación. Fuente: Elaboración propia.

El mapeo de las líneas de deseo es aquella que muestra la tendencia mayoritaria por la que se desplazan (para acortar distancias) los usuarios de transporte que hacen transbordo entre los paraderos del Corredor Rojo ubicados en la avenida Javier Prado en dirección a este y oeste, y la línea 1 del Metro de Lima.

En ese sentido, se muestra una leyenda en la que la tendencia de los usuarios de transporte que van de los paraderos del Corredor Rojo a la línea 1 del Metro de Lima se representan en color celeste. Mientras que la tendencia de los usuarios de transporte que salen de la estación La Cultura y se dirigen hacia los paraderos del Corredor Rojo se muestran en color naranja.

Las líneas de deseo que apunta en dirección noreste representan la tendencia de los usuarios de transporte que van del Corredor Rojo ubicado en la avenida Javier Prado hacia la estación La Cultura de la línea 1 del Metro de Lima, y lo mismo para las líneas que apuntan al noroeste. Por otro lado, las líneas que apuntan en dirección suroeste son aquellas en las que los usuarios de transporte se dirigen de la Estación La Cultura al paradero del Corredor Rojo ubicado en la avenida Javier Prado.

De acuerdo a la imagen, existe mayor tendencia de los usuarios de transporte a evadir el curso normal del que se supone debería ser su desplazamiento (a través de las veredas y pasos de cebra) en 3 puntos de la intersección. El primer punto se encuentra en el paradero del Corredor Rojo que va en dirección oeste a este, el segundo punto donde termina la especie de viaducto para subir de la parte baja de la avenida Javier Prado hacia la avenida Aviación. Y el tercer punto se encuentra ya en los dos últimos pasos de cebra antes de llegar a la estación La Cultura, en dirección noreste. Cabe resaltar que las líneas de deseo se muestran en mayor cantidad en dirección noreste que en dirección suroeste lo cual indica que los usuarios de transporte tienen más a cambiar su normal desplazamiento cuando se dirigen del paradero del Corredor hacia la estación La cultura del Metro de Lima que cuando lo hacen en sentido contrario. Esto se debe a factores como la distancia larga que hay entre ambos puntos clave, los obstáculos presentes, el tiempo que toma recorrer esas distancias y características propias del usuario de transporte que hace el transbordo.

Finalmente, se aprecia que existe una línea de deseo en dirección noroeste, lo cual indica que en esa parte de la intersección las personas sí suelen transitar por el lugar que les corresponde como peatones.

A continuación, las imágenes muestran líneas de deseo típicas descritas por los peatones en su transbordo desde el paradero del Corredor Rojo hacia la estación La Cultura del metro de Lima. Se aprecia, que hay una evasión completa de los pasos de cebra que se supone deberían usarse para el desplazamiento.

Figura 25: Línea de deseo de los peatones en dirección a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia

Figura 26: Línea de deseo de los peatones en dirección a la estación La Cultura. Fuente: Fotografía propia

4.1.7. Mapeo de obstáculos y ancho efectivo

FiguraI 27: Mapeo de obstáculos y ancho efectivo de las veredas por donde transitan los peatones. Fuente: Elaboración propia.

En el presente mapeo, se muestra una leyenda que indica que los círculos de color rojo naranja claro (carne) representan los obstáculos existentes en las vías de desplazamiento de los peatones, mientras que el color celeste representa el área del ancho efectivo que tienen los peatones para desplazarse.

En ese sentido, se observa que existe mayor cantidad de obstáculos en 4 puntos de la intersección. El primer punto ubicado en el extremo superior izquierdo será denominado “A”, el segundo punto ubicado en la parte central izquierda será denominada “B”, el tercer punto ubicado en la parte central derecha será denominado “C” y el último punto ubicado en el extremo inferior derecho será denominado “D”.

Los obstáculos encontrados en el punto A son, en su mayoría, infraestructura del paradero de buses y señales verticales de tránsito. En el punto B, en cambio, se encuentran señales de tránsito verticales sumado a vendedores ambulantes y personas que piden dinero como colaboración. Por otro lado, en el punto C, los obstáculos son los vendedores ambulantes y los postes de alumbrado público. Finalmente, en el punto D, los obstáculos son señales de tránsito verticales, infraestructura de los paraderos, vendedores ambulantes, especies de jardines y postes de alumbrado público.

Además, cabe resaltar que existen obstáculos sobre la vereda del puente que cruza la avenida Javier Prado, los cuales son básicamente dos mendigos y un poste de alumbrado.

En ese sentido, el ancho efectivo queda reducido considerable en el punto D y en el punto B, pues son los que más obstáculos presentan. Lo cual no ocurre en los puntos A y C y cuyo efecto no es tan considerable. En cambio, en la vereda del puente que cruza la avenida Javier Prado, los obstáculos, aunque sean pocos, representan un riesgo para los peatones y/o usuarios de transporte porque pueden obligarlos a tomar parte de la vía para desplazarse (mostrado a mayor detalle en el mapeo de ocupación peatonal).

Finalmente, se muestran imágenes de los que se considera como obstáculos para el transbordo de los usuarios de transporte, en la zona de estudio o intersección. La primera imagen (ver Figura 28) muestra a señales verticales que al estar ubicadas a distancias muy cortas y en gran número, representan obstáculos para las personas. Asimismo, otra infraestructura como los postes de publicidad y/o postes de alumbrado público también se consideran obstáculos (ver Figura 29).

*Figura 28: Señales de tránsito verticales como obstáculos en el transbordo de personas.
Fuente: Fotografía propia.*

*Figura 29: Postes de publicidad como obstáculos en el transbordo de personas. Fuente:
Fotografía propia.*

4.1.8. Mapeo de zona de peligro

*Figura 30: Mapeo de zonas de peligro durante el transbordo en estudio en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.*

En el presente mapeo se muestra una leyenda la cual nos indica distintas intensidades de peligro inminente clasificándolas en:

- Peligro alto
- Peligro medio
- Peligro bajo

Asimismo, existen algunas zonas las cuales tienen un mayor radio de cobertura según el peligro que se pueda presentar en la zona.

De esta forma las zonas más vulnerables a peligros son los ubicados en los paraderos formales e informales, asimismo también se presenta peligro en los cruces peatonales tanto de la Avenida Aviación como de la Avenida Javier Prado dado que los semáforos (peatonales y convencionales), dan prioridad a los vehículos y por ende los peatones quedan en un segundo plano.

Cabe resaltar que la zona en donde se presenta mayor vulnerabilidad al peligro es en los cruces peatonales de la Avenida Aviación rumbo a la Estación “La Cultura”, esto se debe a que existe 2 semáforos peatonales continuos, los cuales generan impaciencia y estrés en los peatones los cuales arriesgan su vida y no respetan los semáforos peatonales, asimismo los paraderos informales hacen que los colectivos presentes en dichos paraderos puedan ocasionar atropellos, colisiones, atropellos, entre otros.

Figura 31: Figura en donde se aprecia el peligro inminente de los peatones al no respetar lo semáforos peatonales. Fuente: Google Maps

4.2. Clasificación de los usuarios de transporte que realizan transbordo

La clasificación de los usuarios de transporte que realizan el transbordo entre el Corredor Rojo y el Metro de Lima en la intersección planteada, se basa en 3 factores primordiales: velocidad de desplazamiento, espacio ocupacional y recorrido típico. De esta forma se pudo dividir a los peatones en 6 subgrupos, los cuales se mencionarán a detalle a continuación:

4.2.1. Promedio

Este grupo involucra a jóvenes universitarios, trabajadores de oficina, en general persona común entre 15 y 60 años aproximadamente.

En cuanto a velocidad de desplazamiento, según los estudios en campo realizados se determinó una velocidad de desplazamiento promedio. Es así que para una distancia de 260 metros se obtuvieron los siguientes resultados:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	346	5.767	0.751
2	349	5.817	0.745
3	354	5.900	0.734
4	341	5.683	0.762
5	362	6.033	0.718

Tabla 3: Tiempo de transbordo de persona promedio con obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	312	5.200	0.833
2	317	5.283	0.820
3	301	5.017	0.864
4	321	5.350	0.810
5	327	5.450	0.795

Tabla 4: Tiempo de transbordo de persona promedio sin obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia

De esta forma se tiene una velocidad promedio con obstáculo de 0.742m/s y sin obstáculo de 0.824m/s.

En relación al espacio ocupacional, este es el mínimo dado que no llevan carga extra y generalmente viajan de manera independiente.

Finalmente, sobre el recorrido típico de esta clasificación se puede destacar que esta entre los más cortos; sin embargo, deben de ceder el paso y el espacio para personas que tengan niños y personas de la tercera edad.

4.2.2. Personas embarazadas, con bebes pequeños, niños

Este grupo hace referencia a personas embarazadas, con bebes en brazos, con bebes en coche y niños entre los 5 y 15 años.

En cuanto a velocidad de desplazamiento, según los estudios en campo realizados se determinó una velocidad de desplazamiento promedio para una distancia de 260 metros:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	361	6.017	0.720
2	386	6.433	0.674
3	376	6.267	0.691
4	387	6.450	0.672
5	366	6.100	0.710

Tabla 5: Tiempo de transbordo de personas embarazadas, con bebes pequeños y niños con obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración propia

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	334	5.567	0.778
2	330	5.500	0.788
3	339	5.650	0.767
4	347	5.783	0.749
5	329	5.483	0.790

Tabla 6: Tiempo de transbordo de personas embarazadas, con bebes pequeños y niños sin obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia

De esta forma se tiene una velocidad promedio con obstáculo de 0.6934 m/s y sin obstáculo de 0.772 m/s

En relación al espacio ocupacional se concluyó que ocupan un poco más del espacio promedio dado que las personas embarazadas no deben de tener colisiones ni por más mínima que fuera, asimismo los bebes de alguna u otra forma ocupan un espacio adicional dado que, si no está en el brazo de la persona, este echado en un carrito especial.

Finalmente, sobre el recorrido típico de esta clasificación se puede destacar es el más corto dado que tienen preferencia frente a los otros subgrupos de peatones.

4.2.3. Personas de mal vivir

En este grupo se encuentran personas bajo los efectos de bebidas alcohólicas, drogadictos, vagabundos, entre otros. En el estudio en campo, para una distancia de 260 metros se obtuvieron los siguientes resultados:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	408	6.800	0.637
2	368	6.133	0.707
3	401	6.683	0.648
4	380	6.333	0.684
5	390	6.500	0.667

Tabla 7: Tiempo de transbordo de personas de mal vivir con obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	398	6.633	0.653
2	387	6.450	0.672
3	402	6.700	0.647
4	405	6.750	0.642
5	389	6.483	0.668

Tabla 8: Tiempo de transbordo de personas de mal vivir sin obstáculo para hallar velocidad promedio. Fuente: Elaboración Propia

De esta forma se tiene una velocidad promedio con obstáculo de 0.669 m/s y sin obstáculo de 0.656 m/s, como se puede observar para esta categoría no hay mucha diferencia entre las velocidades con y sin obstáculo.

En relación al espacio ocupacional se evidencia que ocupan gran cantidad de espacio en la vía pública ya que no tienen un rumbo definido y por ende van en distintas direcciones cortas lo cual obstaculiza al resto de peatones; asimismo los otros subgrupos tratan de evitar acercamientos a estas personas de mal vivir por un tema de seguridad y precaución, lo cual genera aún más espacio ocupacional.

Finalmente, sobre el recorrido típico de esta clasificación se puede destacar como un recorrido anormal, dado que van en direcciones largas y en algunos casos rutas ilógicas e incoherentes.

4.2.4. Adulto mayor y personas con discapacidad física o cognitiva

En esta clasificación, se consideran a aquellas personas mayores de 60 años y a aquellas personas con alguna discapacidad física y/o cognitiva de todas las edades. En el estudio en campo, para una distancia de 260 metros se obtuvieron los siguientes resultados:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	391	6.517	0.665
2	405	6.750	0.642
3	399	6.650	0.652
4	397	6.617	0.655
5	401	6.683	0.648

Tabla 9: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de adultos mayores y personas con discapacidad, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	359	5.983	0.724
2	457	7.617	0.569
3	367	6.117	0.708
4	357	5.950	0.728
5	361	6.017	0.720

Tabla 10: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de adultos mayores y personas con discapacidad, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Es así, que la velocidad de desplazamiento promedio con obstáculos para esta clasificación es de 0.65 m/s, mientras que, en una trayectoria sin obstáculos, la velocidad de desplazamiento promedio es de 0.69 m/s.

En relación al espacio ocupacional, esta clasificación ocupa un espacio considerable durante su desplazamiento pues siempre tendrán prioridad por sobre las otras clasificaciones; es decir que, siempre se les cede el espacio y se les da prioridad de desplazamiento.

Finalmente, sobre el recorrido típico de esta clasificación se puede destacar que siempre van en un solo sentido (sin cambiar mucho de rumbo) dado a las condiciones que tienen y la distancia recorrida sería una de las más cortas pues siempre se les da prioridad.

4.2.5. En pareja

En esta clasificación se incluyen a persona entre 15 a 60 años que realizan transbordo en la intersección en pareja o hasta en grupo de 3. Para una distancia de 260 metros se obtuvieron los siguientes resultados de campo:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	365	6.083	0.712
2	365	6.083	0.712
3	369	6.150	0.705
4	356	5.933	0.730
5	378	6.300	0.688

Tabla 11: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo para personas en pareja, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	327	5.450	0.795
2	335	5.583	0.776
3	319	5.317	0.815
4	341	5.683	0.762
5	339	5.650	0.767

Tabla 12: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo para personas en pareja, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Es así, que la velocidad de transbordo promedio para esta clasificación, con obstáculos, resultó ser de 0.7 m/s. Mientras que para una trayectoria sin obstáculos la velocidad promedio de transbordo resultó ser de 0.78 m/s.

En relación al espacio ocupacional, esta clasificación está en un punto medio dado que al ser dos o tres personas que, por lo general, transitan de la mano, abrazados o muy juntos, ocupan un área considerable. Sin embargo, es una de las que más rápido se segmenta puesto que siempre tienen que dar prioridad a las clasificaciones más vulnerables del presente estudio.

Finalmente, sobre el recorrido típico de esta clasificación, es una de las que más variaciones presenta pues siempre tienden a distraerse y ocuparse rápido de otros asuntos durante su trayecto. Así que al final del recorrido, acumulan una distancia un tanto considerable.

4.2.6. Apurado

En esta clasificación se incluyen a todas aquellas personas entre 15 a 50 años que transitan libremente y, por alguna razón, con mucha prisa, por lo que se espera que sus velocidades sean las mayores dentro de toda la clasificación. En ese sentido, para una distancia de 260 metros, se obtuvieron los siguientes resultados:

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	316	5.267	0.823
2	319	5.317	0.815
3	324	5.400	0.802
4	311	5.183	0.836
5	322	5.367	0.807

Tabla 13: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de personas apuradas, con obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Individuo	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
1	285	4.750	0.912
2	286	4.767	0.909
3	277	4.617	0.939
4	273	4.550	0.952
5	291	4.850	0.893

Tabla 14: Cuadro resumen de tiempo y velocidad de transbordo de personas apuradas, sin obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se observa que la velocidad de transbordo promedio con obstáculos para esta clasificación es de 0.82 m/s. La más alta de todas las clasificaciones. Mientras que la velocidad promedio de transbordo sin obstáculos para esta clasificación es de 0.92 m/s, también la más alta.

En relación al espacio ocupacional, se puede decir que esta clasificación es la que menos espacio ocupa puesta que al estar apurados tienden a buscar el espacio mínimo para poderse desplazar entre las demás clasificaciones. Esta tendencia puede ocasionar conflictos en las otras partes.

Finalmente, sobre el recorrido típico, se puede decir que es uno de los más variables e inexactos dado que estos usuarios buscarán cualquier mínimo espacio para poder transitar, lo cual los llevará a tomar diferentes rutas durante su transbordo (por la que más rápido puedan desplazarse).

4.3. Levantamiento de información dinámica de la intersección

Para este proceso fue necesario hacer la primera grabación con Drone donde se tomó en cuenta las “horas pico” y espacios más críticos en la intersección. Asimismo, se consideró el plan decretado por el Ministerio de Transportes y la Municipalidad de Lima denominado “Pico y Placa”; y, por lo tanto, la grabación se realizó un día en el cual no se aplicaba este plan para así obtener el aforo más crítico de los siete días de la semana.

De esta manera, la primera grabación se llevó a cabo el día viernes 6 de marzo de 2020 donde el tiempo de grabación fue de 60 minutos entre las 17:00 y 18:00 horas. Se realizaron 6 grabaciones de 10 minutos cada una con 2 drones alternados 10 minutos cada uno para que no haya tiempo perdido, dado que el funcionamiento del Drone era de 12 minutos como máximo. Es así que cuando uno terminaba de grabar el otro comenzaba de manera instantánea. Ambos drones reproducían un video de 10 minutos con una calidad de imagen de 4k, sin audio.

Finalmente, los instrumentos usados y parte de lo que fue el procedimiento de la grabación se muestran en el Anexo 3 y a continuación se muestran las vistas que se obtuvieron desde los puntos de grabación con los drones.

Figura 32: Figura que muestra la primera área de grabación de la intersección desde el primer drone en la primera grabación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Figura que muestra la segunda área de grabación de la intersección desde el segundo drone en la primera grabación. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Aforo vehicular

El aforo vehicular se obtiene a través del conteo de los vehículos que transcurren durante todo el periodo de la grabación con drone. De esta manera, con los datos obtenidos, se espera poder construir el modelo de la simulación actual de la intersección en el siguiente capítulo.

- Clasificación de vehículos

Los tipos de vehículos que son de interés en la intersección y que se toman en cuenta en la investigación son: Autos, buses del Sistema Integrado de Transporte (Corredor Rojo), buses y camiones. A su vez, esta clasificación, se puede ver más a detalle en el Anexo 2.

- Flujograma vehicular

Para realiza el flujograma de vehículos, en principio, es necesario enumerar los carriles para poder establecer un orden entre ellos y facilitar el conteo. De esta manera, se fijaron los carriles 1, 2 y 3 en la Av. Javier Prado en sentido hacia el este, los carriles 4, 5 y 6 en la Av. Aviación en sentido hacia el norte, los carriles 7, 8 y 9 en la Av. Javier Prado en dirección hacia el oeste, los carriles 10, 11 y 12 en la Av. Aviación en sentido hacia el sur, los carriles 13, 14 y 15 en la Calle Morelli, y los carriles 16 y 17 en la subida hacia la Av. Aviación. El resultado de este procedimiento se observa a detalle en el Anexo 4. Finalmente, ya con los carriles y la clasificación previa de los vehículos se procede a realizar el conteo del aforo vehicular por cada ingreso y para rutas ya establecidas. El detalle de este procedimiento se muestra en el Anexo 5 y el flujograma obtenido se muestra en la siguiente figura:

Figura 34: Flujograma vehicular de la hora de máxima demanda en la intersección (5:00pm – 6:00pm). Fuente: Elaboración propia

- Composición vehicular

Con los datos del flujograma de vehículos obtenido, se procede a realizar la clasificación de los mismos para cada ingreso. Estos datos servirán de entrada para establecer el aforo vehicular al momento de construir el modelo de la intersección en el software. En ese sentido, los resultados de la clasificación vehicular para cada ingreso se muestran en las siguientes imágenes:

Figura 35: Composición vehicular según vía de ingreso. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, cabe resaltar que para el ingreso que viene de la parte inferior desde la vía Expresa, el total de los vehículos son automóviles. Es decir, el 100% de ellos.

- Velocidades de vehículos

En cuanto a las velocidades de los vehículos, se debe resaltar que estas ya se encuentran definidas en el software para cada tipo de vehículo previamente clasificado.

Sin embargo, es de suponer que estas velocidades preestablecidas varían de acuerdo a la intersección y según como los vehículos se van aproximando a esta. En ese sentido, es necesario hallar la distribución de velocidades acumuladas que representen de mejor manera las velocidades con las que los vehículos se aproximan a la intersección.

Para ello, en principio, se define un tramo para cada ingreso que servirá para medir el tiempo que los vehículos demoran en transcurrir por el mismo y; de esta manera, se podrá determinar la velocidad para cada tipo de vehículo. Es así, que se toman muestras de todos los tipos de vehículos para cada ingreso y el desarrollo de este análisis se puede apreciar en el Anexo 6. Finalmente, los gráficos de distribución de velocidades se muestran a continuación:

Figura 36: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Figura 37: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: elaboración propia.

Figura 38: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

Figura 39: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

Figura 40: Frecuencia acumulada de velocidades en vehículos para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Aforo peatonal

El aforo peatonal se obtiene del conteo de peatones que será posible con la toma de datos de las grabaciones realizadas con el dron preliminarmente. De esta manera, los datos obtenidos servirán de entrada para construir el modelo actual de la intersección.

- Clasificación de peatones

En principio, al igual que para el aforo vehicular, es necesario una clasificación previa de lo que se va a contar. Es así, que para el aforo peatonal se subdividirán en 2 grandes tipos de peatones descritos a continuación:

El peatón Promedio: Personas entre 18 y 60 años que pertenezcan al común de personas con una velocidad y frecuencia media, así como demuestren una trayectoria típica. Asimismo, estos pueden ser civiles, personas que laboran, enamorados, estudiantes universitarios y entre otros.

El peatón Particular: Personas que tienen un peculiar ritmo de caminata (conlleva velocidad, frecuencia y/o trayectoria atípica), entre las cuales se encuentran las personas con bebés y/o niños pequeños, vagabundos, vendedores ambulantes, personas cargando mercadería, adulto mayor y entre otros.

- Flujo peatonal

Para determinar el flujo peatonal, es necesario establecer puntos de orígenes de donde se supone que saldrán la mayor cantidad de flujo peatonal. En ese sentido, para la presente investigación, se encontraron 9 puntos de orígenes distribuidos a lo largo de la intersección y, a su vez, estos se dividen en puntos de orígenes que van hacia los paraderos de los buses del corredor y aquellos que van hacia la estación La Cultura del Metro de Lima. Luego, es necesario identificar las trayectorias más frecuentes que tendrán los puntos de orígenes y; finalmente, ya con la clasificación previa y las trayectorias identificadas, se procede a realizar el conteo del flujo peatonal.

El desarrollo de este proceso se muestra en detalle en el Anexo 7 y los resultados del aforo peatonal con los puntos de orígenes, trayectorias y volumen de peatones se muestran en la siguiente imagen:

Figura 41: Flujo peatonal en la hora de máxima demanda (5:00pm – 6:00pm) (Orígenes 1, 3, 4 y 7). Fuente: Elaboración propia.

Figura 42: Flujo peatonal en la hora de máxima demanda (5:00pm – 6:00pm) (Orígenes 2, 5, 6, 8 y 9). Fuente: Elaboración propia.

- Velocidad de los peatones

Para el caso de las velocidades de los peatones, al igual que en el caso de los vehículos, estas ya vienen definidas por default en el software Vissim. Sin embargo, las velocidades de estos peatones no son las mismas y varían de acuerdo al lugar en donde se encuentre.

De esta manera, es necesario realizar el mismo procedimiento que para con los vehículos, pero ahora para con los peatones para poder determinar las velocidades típicas de viaje. Es así, que se toman los 9 puntos de orígenes junto a sus trayectorias determinados previamente y se establecen distancias en cada una estas trayectorias para poder hallar el tiempo que los peatones tardan en ese trayecto. Por lo tanto, ya con los datos de tiempo y espacio recolectados de campo, es posible obtener las velocidades. Además, cabe precisar que para este procedimiento solo se tomó en cuenta una única clasificación de peatones ya que en la grabación con drone se pudo observar que los grupos minoritarios representan una gran minoría en el aforo de peatones de la intersección en estudio.

Finalmente, el procedimiento y los datos obtenidos se muestran en el Anexo 8 y la figura de combinación de frecuencias representativas de las velocidades acumuladas perteneciente a los peatones para cada punto de origen se presenta a continuación:

Figura 43: Frecuencia acumulada de velocidades representativas de peatones según punto de origen. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Ciclo semafórico

El ciclo semafórico se realizó mediante el conteo del tiempo de verde, ámbar y rojo que tienen los semáforos en la intersección. De esta manera, se puede constatar que la intersección cuenta con dos fases y es controlada con un ciclo semafórico que dura 180 segundos. A continuación, se muestran las fases pertenecientes a cada ingreso de la intersección y el ciclo semafórico global.

FASE	1	Avenida Javier Prado (Oeste-Este)		
		87	3	90
	1	Avenida Javier Prado (Este-Oeste)		
		87	3	90
	2	Avenida Aviación (Norte-Sur)		
		90	87	3
	2	Avenida Aviación (Sur-Norte)		
		90	87	3

Figura 44: Diagrama de fases de la intersección Av. Javier Prado y Av. Aviación. Fuente: Elaboración propia

5. MICROSIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo, por un lado, se desarrolla la microsimulación del modelo actual de la intersección del caso de estudio; y, por otro lado, se realiza la microsimulación del modelo con la propuesta de solución. De esta manera, se espera poder demostrar la reducción del tiempo de transbordo de los peatones entre el paradero de los buses del Corredor Rojo y la estación La Cultura del Metro de Lima.

En principio, se realiza la construcción del modelo actual de la intersección en el software Vissim 9 -Viswalk 9 en base a los datos de campo de la intersección, de los vehículos y de los peatones extraídos del capítulo anterior. Después, se procede con la verificación del modelo para comprobar que los datos de entrada sean los correctos y constatar que el modelo funcione de forma adecuada. Luego se realiza la calibración del modelo construido tomando al tiempo de viaje como parámetro de eficiencia tanto para vehículos y peatones. Asimismo, los parámetros a variar durante la simulación para vehículos y peatones son los parámetros de Wiedemann y de fuerza social, respectivamente. Posterior a ello, cuando el modelo se encuentre calibrado y se asemeje lo más posible a la realidad, se procede con la validación del mismo. Este proceso de validación consiste en tomar nuevos datos de campo y simular el modelo con los parámetros ya establecidos durante la calibración. De esta manera, se puede constatar que el modelo sí representa a la realidad y por lo tanto es útil para los posteriores estudios.

Una vez que el modelo se encuentra validado, se realiza la simulación de la intersección planteada con la propuesta de solución; es decir, con la implementación del conector intermodal. Para ello, es necesario añadir la nueva infraestructura del conector intermodal al modelo que ya se encuentra construido, y esto se realiza mediante el software Vissim 9-Viswalk 9. Luego, se procede a simular el nuevo modelo, se evalúa y se registran los nuevos tiempos de transbordo de los peatones entre el paradero de los buses del Corredor Rojo y la estación La Cultura del Metro de Lima.

Finalmente, con los datos obtenidos de la nueva simulación, se analiza y verifica la reducción de tiempos de transbordo del modelo propuesto frente al modelo de la situación actual para comprobar su efectividad.

5.1. Construcción del modelo actual de la intersección

Con los datos de campo registrados, los cuales se dividen en: geometría de la intersección, tiempos semafóricos y conteo de vehículos y peatones; se procede a la elaboración del modelo actual. A continuación, se detalla paso a paso el procedimiento seguido para la construcción del modelo de la situación actual.

5.1.1. Plano de referencia

La imagen de referencia seleccionada se obtiene mediante el ícono del mundo llamado “Toggle background maps”. Luego, se ubica de manera geográfica en Perú, posteriormente en Lima, luego en San Borja y finalmente en la intersección de las Avenidas Javier Prado y Aviación. De esta manera, se obtiene una vista en planta de toda la intersección propuesta con los nombres y dimensiones de las avenidas como se muestra en la Figura 41.

Figura 45: Vista en planta utilizada para el modelo. Fuente: Google Maps.

5.1.2. Vías y conectores

La inserción de las vías y conectores se realiza mediante la opción “links” ubicado en la parte superior izquierda de la barra de herramientas. De esta manera, es posible crear y definir las avenidas, calles, conectores y demás vías en general que se encuentran presentes en la intersección planteada. Cabe mencionar que aparece una ventana emergente (Ver Figura 42) la cual precisa datos de entrada necesarios como: nombre de la avenida, número de carriles, ancho de carril y tipo de comportamiento (peatonal, vehicular, etc.).

Link

No.: 5 Name: Javier Prado (E-O)

Num. of lanes: 3 Behavior type: 1: Urban (motorized)

Link length: 199.239 m Display type: 1: Road gray

Level: 1: Base

☐ Use as pedestrian area

Lanes Meso Display Others

Count	Index	Width	BlockedV	DisplayTyt	NoLnChL	NoLnChR	NoLnChLV	NoLnChRV
1	1	3.30			☐	☐		
2	2	3.30			☐	☐		
3	3	3.30			☐	☐		

☐ Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 46: Pestaña para la creación de un link. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los conectores permiten, como su nombre lo indica, conectar las vías que se intersecan. De esta manera, el punto de intersección entre dos vías adquiera una forma circular y más acorde a la realidad en sus extremos. Asimismo, en esta parte es importante el uso de la herramienta “Spline”, a la cual se le da un valor entre 15 y 30, que indica la cantidad de puntos necesarios para darle la forma de curva a estos conectores. Y, finalmente, el resultado obtenido para vías y conectores se observa en la Figura 43.

Figura 47: Vías y conectores de la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Área de peatones

Para la creación del área de peatones, dentro de Viswalk, se utiliza la herramienta “Área”, la cual permite delinear las diferentes áreas de peatones presentes en distintas partes. Para ello es necesario completar algunos datos de entrada como se observa en la Figura 44.

Pedestrian Area

No.: 1 Name: Area de peatones 1

Level: 1: Base

Z-Offset: 0.000 m

Thickness (3D): 0.050 m

Display type: 1: Road gray

☒ Show individual pedestrians ☒ Pedestrian record active

☒ Show classified values ☐ Always use as origin area

☒ Show label ☐ Always use as destination area

Area Behavior: Public Transport & Elevators

Behavior type:

Time distribution:

☐ Waiting time is relative to the start of simulation

☐ Queuing

☐ Queue evaluation active

Count	PedClass	QueueStraight	QueueOrder
0			

OK Cancel

Figura 48: Pestaña para la creación de un área de peatones. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, luego de definir y/o dibujar las distintas áreas de peatones presentes en toda la intersección se obtiene lo reflejado en la Figura 45.

Figura 49: Representación de las áreas de peatones creadas. Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Vías peatonales

Para la creación de vías peatonales, también es necesario el uso de la herramienta “Link”. Sin embargo, a diferencia de las vías vehiculares, se selecciona la opción de “Use as a pedestrian area” y automáticamente se crea la vía peatonal con doble sentido. Luego, se procede a crear todas las vías peatonales que servirán para el traslado de peatones entre las vías vehiculares. De esta manera, se obtienen 12 vías peatonales a lo largo de toda la intersección y el resultado del proceso se muestra en la Figura 46.

Figura 50: Vías peatonales de la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. Velocidades deseadas vehiculares y peatonales

Las velocidades deseadas para vehículos y peatones se colocan con la herramienta “Desire speed distributions” ubicado en la opción de “Base data”. Esta herramienta permite registrar una tabla con los valores de frecuencias acumuladas de velocidades para cada tipo de vehículo según su ingreso y para cada tipo de peatón según su punto de origen, y de acuerdo a sus rutas establecidas. De esta manera, se inserta 13 frecuencias acumuladas de velocidades para los vehículos y 23 frecuencias acumuladas de velocidades para los peatones de acuerdo a su punto de origen, tal como se muestra en la Figura 47.

Por otro lado, los datos de entrada necesarios se obtienen en campo y el detalle del procedimiento se muestra en el Anexo 6 y Anexo 8 que corresponden a la determinación de velocidades de vehículos y peatones, respectivamente.

Figura 51: Representación gráfica de frecuencia de velocidades vehiculares y peatonales.
Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Composición de vehículos y peatones

La composición vehicular se realiza mediante la herramienta “Vehicle composition” y con la cual se colocan los distintos tipos de vehículos que pasan por cada ingreso de la intersección y el porcentaje de frecuencia de cada uno de los tipos de vehículos registrados con relación al total de vehículos (Ver Figura 48). Por otro lado, los buses se insertan de forma independiente y su proceso se detalla más adelante.

Figura 52: Pestaña para la asignación de datos con relación a la composición vehicular.
Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, se realiza el mismo procedimiento para con los peatones, pero ahora se utiliza la herramienta “Pedestrian compositions”. En esta sección, se ingresa la composición de peatones (promedio, rápido y lento) que se tiene en cuenta para el estudio según su punto de origen y que se crean previamente en la opción “Pedestrian Types” (ver Figura 49). Además, de forma preliminar, es importante definir el comportamiento de los peatones por medio de los parámetros de fuerza social (Tau, Lamba, Noise) que se modifican con la herramienta “Walking behaviors”.

Pedestrian Compositions / Relative Flows			
Select layout...			
Cou	No	Name	
1	1	Pedestrians	
2	11	Commuters at a station	
3	21	International Maritime Organization MSC/Circ. 123	
4	22	ORIGEN 1A	
5	23	ORIGEN 1B	
6	24	ORIGEN 1C	
7	25	ORIGEN 2A	
8	26	ORIGEN 2B	
9	27	ORIGEN 2C	
1	28	ORIGEN 3A	
1	29	ORIGEN 3B	
1	30	ORIGEN 3C	
1	31	ORIGEN 4A	
1	32	ORIGEN 4B	
1	33	ORIGEN 5A	
1	34	ORIGEN 5B	
1	35	ORIGEN 5C	
1	36	ORIGEN 6A	
1	37	ORIGEN 6B	
2	38	ORIGEN 6C	
2	39	ORIGEN 7A	
2	40	ORIGEN 7B	
2	41	ORIGEN 8A	
2	42	ORIGEN 8B	
2	43	ORIGEN 9A	
2	44	ORIGEN 9B	

Count	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	310: Promed	1060: Origen 1A	0.400
2	320: Promed	1060: Origen 1A	0.400
3	330: Rápidos	1060: Origen 1A	0.050
4	340: Rápidos	1060: Origen 1A	0.050
5	350: Lentos	1060: Origen 1A	0.050
6	360: Lentos	1060: Origen 1A	0.050

Figura 53: Composición peatonal de la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.7. Aforos vehiculares y peatonales

Los volúmenes de entrada de vehículos por cada ingreso y de peatones por cada punto de origen se realizan mediante las herramientas “Vehicle Inputs y Pedestrian Inputs (ubicado en la parte de Viswalk), respectivamente. Los datos de entrada son los correspondiente al flujograma de vehículos y peatones elaborado en el capítulo anterior (ver Figura 50).

Vehicle Inputs / Vehicle Volumes By Time Interval					
Select layout...					
Cou	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	5		1: Javier Prado (O-E)	1333.0	2: JP (O-E)
2	6		4: Aviación (S-N)	1005.0	5: A (S-N)
3	7		5: Javier Prado (E-O)	1064.0	3: JP (E-O)
4	8		3: Aviación (N-S)	972.0	4: A (N-S)
5	9		8: Subida VE	408.0	6: S VE

Figura 54: Pestaña para la asignación de volúmenes totales para cada ingreso de la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.8. Rutas vehiculares y peatonales

Luego de ingresar los aforos vehiculares y peatonales, se procede a distribuir las rutas que tomarán tanto vehículos y peatones luego de ingresar a la intersección.

En principio, para el caso de los vehículos, se hace uso de la herramienta “Vehicle Route”, y se procede a trazar las rutas que se tiene para cada ingreso de la intersección como se observa en la Figura 48, así como sus respectivos porcentajes en relación al total. Los datos necesarios también se obtienen del flujograma vehicular detallado en el capítulo anterior.

Figura 55:Asignación de ruta para la Avenida Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la Figura 52 se muestra la ventana donde se inserta los porcentajes correspondientes a cada ruta que tienen los ingresos de la intersección.

Static Vehicle Routing Decisions / Static Vehicle Routes													
Select layout...							Static vehicle routes						
Cou	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	Count: 4	VehRoutDec	No	Name	DestLink	DestPos	RelFlow(0)
1	1	1: Javier Prado (O-E)		3.309	☒		1	1	1	2: Morelli		70.313	0.240
2	2	4: Aviación (S-N)		2.555	☒		2	1	2	1: Javier Prado (O-E)		409.060	0.390
3	3	5: Javier Prado (E-O)		6.089	☒		3	1	3	3: Aviación (N-S)		290.394	0.170
4	4	3: Aviación (N-S)		4.393	☒		4	1	4	4: Aviación (S-N)		277.141	0.200
5	5	8: Subida VE		2.009	☒								

Figura 56:Inserción de datos con relación a las rutas vehiculares. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para el caso de los peatones, se hace uso de la herramienta “Pedestrian Routes” ubicado en la parte de Viswalk. Los datos de entrada para este proceso son los correspondientes al flujo peatonal que se detalla en el capítulo anterior, donde también se muestra las rutas a seguir de los peatones según cada punto de origen. De esta manera, se ingresan un total de 24 rutas peatonales correspondientes a cada punto de origen y su distribución. Además, también se crean las rutas correspondientes al aforo peatonal que llega a los paraderos de los buses y al aforo peatonal que bajan de los buses.

En la Figura 57, se muestran algunas rutas peatonales con sus puntos de orígenes. Las áreas de color verde representan las zonas de salida o punto de origen de los peatones y las áreas de color rojo representan el punto de destino o de llegada de los peatones.

Figura 57: Puntos de origen y de llegada de las rutas peatonales. Fuente: Elaboración propia.

5.1.9. Transporte público

Para el transporte público se hace uso de las herramientas “Public Transport Lines” y “Public Transport Lines Stops” para ingresar las rutas y las paradas, respectivamente. Los datos de entrada necesarios se muestran en el capítulo anterior en la parte correspondiente a la composición vehicular. De esta manera, se crean 4 rutas de transporte público: 2 en la Av. Javier Prado y 2 en la Av. Aviación. La primera ventana emergente permite definir y personalizar los buses (ver Figura 54).

Figura 58: Datos de entrada para el transporte público. Fuente: Elaboración propia.

Además, en esta ventana es posible colocar la frecuencia con la que pasarán los buses de cada línea de transporte y el aforo de peatones que tienen al momento de llegar a la parada, tal como se observa en la Figura 55.

The screenshot shows a software window titled "PT Line". At the top, there are fields for "No.: 1" and "Name: Ruta JV (OE)". Below these are three tabs: "Base data", "Departure times", and "PT telegrams". The "Departure times" tab is selected, displaying a table with the following columns: "Count: 54", "Dep", "TeleCour", and "Occup". The table lists 32 rows of data, showing a regular 10-minute departure schedule from 0.0 to 2100.0, with a constant passenger capacity of 50. At the bottom right of the window are "OK" and "Cancel" buttons.

Count: 54	Dep	TeleCour	Occup
1	0.0	0	50
2	70.0	0	50
3	140.0	0	50
4	210.0	0	50
5	280.0	0	50
6	350.0	0	50
7	420.0	0	50
8	490.0	0	50
9	560.0	0	50
10	630.0	0	50
11	700.0	0	50
12	770.0	0	50
13	840.0	0	50
14	910.0	0	50
15	980.0	0	50
16	1050.0	0	50
17	1120.0	0	50
18	1190.0	0	50
19	1260.0	0	50
20	1330.0	0	50
21	1400.0	0	50
22	1400.0	0	50
23	1470.0	0	50
24	1540.0	0	50
25	1610.0	0	50
26	1680.0	0	50
27	1750.0	0	50
28	1820.0	0	50
29	1890.0	0	50
30	1960.0	0	50
31	2030.0	0	50
32	2100.0	0	50

Figura 59: Tiempo de salida y volumen de los buses según línea de transporte. Fuente: Elaboración propia.

Luego, con el uso de la herramienta “Public Transport Lines Stop”, se procede a crear la parada de los buses de las líneas de transporte público. Asimismo, para hacer efectiva la parada, es necesario hacer algunas modificaciones en la opción de “PT Line Stop” como se muestra en la Figura 53. Además, como también se muestra en la siguiente figura, es necesario incluir las áreas de “Platform Egde” (color rosa) y “Waiting Area” (color azul) para el desplazamiento de los peatones que lleguen y bajen en esa parada de transporte público o también denominada “PT Line Stop” (color rojo).

Figura 60: Parada de transporte público, plataforma de bajada y área de espera. Fuente: Elaboración propia.

5.1.10. Señales de control

Para la creación de las señales de control es necesario hacer uso de la herramienta “Signal Control” y de su opción seguida “Signal Controllers”. En esta sección, con la opción “add” y luego con la opción “Edit Signal Control”, es posible definir las fases semafóricas de la intersección para los vehículos y peatones. De esta forma, se procede a crear 4 “Signal Groups”, 2 pertenecientes a las fases semafóricas vehiculares y dos pertenecientes a las fases peatonales (ver Figura 57). El ciclo semafórico que incluye las fases que sirven de base para insertar las señales de control se muestra a detalle en el último inciso del capítulo anterior.

Seguidamente, con las señales de control creadas, se procede a ubicarlas y trazarlas en la intersección. Para ello, es necesario el uso de la herramienta “Signal Heads” y con el click derecho se procede a colocar las señales de control en las vías vehiculares y peatonales que así lo requieran. De esta manera, se colocan 20 “Signal Heads” que sirven para el control del flujo peatonal y 10 “Signal Heads” que sirven para el control del flujo vehicular.

Además, cabe resaltar que también es posible visualizar las señales de control por medio de semáforos en 3D. Sin embargo, este procedimiento se detalla en la parte de inserción de objetos en 3D en los posteriores incisos.

Figura 61: Inserción de grupo de señales para la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.11. Zonas de conflicto

En esta sección, se procede a establecer las reglas de prioridad durante la circulación entre vehículos y peatones en las zonas de conflicto. Para ello, es necesario el uso de las herramientas de “Conflict Area” y/o “Priority Rules”; además, se requiere información previa sobre los movimientos permitidos y no permitidos de los vehículos y peatones, observados en la parte de recolección de datos dinámicos de la intersección.

Por un lado, la herramienta “Conflict Area” se usa cuando se tiene una idea clara de lo que sucede en una zona de conflicto. De esta manera, al activar la herramienta, se somborean todas las zonas de conflicto presentes en la intersección. Luego, se procede a seleccionar la zona a modificar y se presiona click derecho hasta que se pinte de color verde la vía que tendrá preferencia sobre la otra vía de color rojo. Por otro lado, la herramienta de “Priority Rules” se usa cuando la preferencia de pase no es notoria y de esta manera se puede solucionar problemas de circulación que quedan pendientes luego de usar la herramienta anterior.

A continuación, en la Figura 58, se muestran las zonas de conflicto que se encuentran en la intersección y que requieren de reglas de prioridad:

Figura 62: Zonas de conflicto con sus posibles soluciones en la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.1.12. Obstáculos y entorno

La creación de los obstáculos se realiza con el fin de restringir el movimiento de los peatones durante su trayectoria y para este proceso se toma en cuenta los datos obtenidos en el mapeo de obstáculos. Los principales elementos que cuentan como obstáculos encontrados en la intersección son: postes de luz, señales verticales de tránsito, vendedores ambulantes, plantas y/o jardines. Además, se puede añadir las edificaciones como obstáculos o previamente se pueden solo trazar el área preestablecida por donde podrán transitar los peatones.

Para esta sección, se hace uso de la herramienta “Obstacle” en la parte de Viswalk y con el click derecho se procede a trazar las zonas donde estarán ubicados estos obstáculos. Luego, con las áreas dibujadas, se define en el cuadro de diálogo como “Obstacle”. Y, finalmente, con los obstáculos definidos, se procede a colocar los elementos 3D para que el modelo se asemeje al entorno real. Para ello, se utiliza la herramienta “Static 3D Models” y se procede a insertar los elementos 3D en las áreas de obstáculo previamente definidas.

5.1.13. Modelo actual

Finalmente, en la Figura 59, se observa el resultado del modelo actual de la intersección. Al fondo, el paradero de la estación La Cultura del Metro de Lima, en el eje horizontal la Vía Expresa de Javier Prado y en el eje vertical la Avenida Aviación. Asimismo, en el extremo superior derecho y extremo inferior izquierdo de la imagen, se puede observar los paraderos de los buses del Corredor Rojo del Metro de Lima. Cabe resaltar que estos puntos son los de mayor importancia para el estudio de transbordo de los peatones y serán los puntos de inicio y fin entre sus trayectorias.

Por otro lado, se puede observar que el aforo vehicular es relativamente alto en el horario para el cual se está simulando (5:00 pm – 6:00 pm), por lo cual existe una gran concentración de vehículos en las vías y se presentan atascos en determinados puntos. Asimismo, se observa que el aforo peatonal también es relativamente alto para el mismo periodo de tiempo, por lo que las vías peatonales (veredas) también se encuentran saturadas.

Figura 63: Modelo actual de la intersección. Fuente: Elaboración propia.

5.2. Calibración del modelo actual de la intersección

Con el modelo de la intersección en su situación actual, se procede a realizar la calibración, esto con el objetivo de lograr que los datos obtenidos con el programa Vissim9-Viswalk9 sean similares a los obtenidos durante el levantamiento de información en campo. Para ello, para la prueba de hipótesis de diferencia de medias, se trabaja con un nivel de confianza de 95% y una margen de error aceptable de 10%.

El parámetro de eficiencia seleccionado para la calibración es el de tiempo de viaje, para los vehículos; y, la velocidad de viaje, para los peatones. En primer lugar y para los vehículos, con la herramienta “Vehicle Travel Times” se registra la distancia que se seleccionan en el levantamiento en campo. En segundo lugar y para los peatones, con la herramienta “Sections” se registra la distancia que recorre el peatón, la cual debe ser la misma que la definida en el levantamiento de campo. De esta manera, en la siguiente figura, se observa los tramos definidos en la intersección para la calibración vehicular y peatonal.

Figura 64: Tramos definidos para la calibración vehicular y peatonal. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, también es importante establecer los parámetros de simulación, los cuales se tienen que definir antes de correr el modelo. Los principales parámetros para considerar son: número inicial de semilla, incremento de número de semillas, número de corridas y velocidad de simulación. Este proceso de modificación de parámetros base se realiza con la herramienta “Simulation/Parameters”. De esta manera, para la presente investigación, el número de semilla escogido es 32, el número de corridas es 25, el incremento es 1 y la velocidad de simulación es la máxima (ver Figura 65).

Simulation parameters

General Meso

Comment:

Period: 4200 Simulation seconds

Start time: 00:00:00 [hh:mm:ss]

Start date: [DD.MM.YYYY]

Simulation resolution: 10 Time step(s) / Sim. sec.

Random Seed: 32

Number of runs: 25

Random seed increment: 1

Dynamic assignment volume increment: 0.00 %

Simulation speed: ☐ 1.0 Sim. sec. / s
☒ Maximum
☐ Retrospective synchronization

Break at: 600 Simulation seconds

Number of cores: use all cores

OK Cancel

Figura 65: Parámetros de simulación base para el estudio. Fuente: Elaboración propia.

Además, el tiempo de estabilización (warm up) es de 600 segundos y el tiempo de simulación total preestablecido es de 4200 segundos. Estos datos se incorporan a través de la herramienta “Evaluation” y su opción seguida de “Configuration”.

Por otro lado, también es necesario definir los parámetros correspondientes al comportamiento vehicular y peatonal. Estos parámetros pueden modificarse a través de la selección de las opciones “Driving Behaviors” y “Pedestrian Behaviors” de la herramienta

Base Data. Sin embargo, la primera corrida del modelo se realiza con los parámetros establecidos por defecto en el programa.

En cuanto al comportamiento vehicular, se modifican los parámetros de seguimiento vehicular de Wiedemann 74. Estos son la distancia media de parada (a_x), que al principio es 2; y los valores usados para el cálculo de la distancia de seguridad deseada b_{xadd} y b_{xmult} , que inicialmente son 2 y 3, respectivamente.

Para obtener los resultados de los parámetros de eficiencia adoptados, se ingresa a la opción “Results” de la pestaña “Lists”, donde se seleccionan “Vehicle Travel Time Results”.

En cuanto al comportamiento peatonal, se modifica los parámetros Tau, Lambda y Noise, cuyos valores iniciales son 0.4, 0.176 y 1.2, respectivamente. En primer lugar, el parámetro Tau se relaciona con el tiempo de reacción y la aceleración que presenten los peatones. En otras palabras, la aceleración del peatón es inversamente proporcional a la velocidad de reacción de este, y a su vez, directamente proporcional a la densidad peatonal que se presente. Por otro lado, el parámetro Lambda se relaciona con el factor de anisotropía, más específicamente como afecta de manera favorable o desfavorable la totalidad de peatones en el comportamiento de un solo peatón. En otras palabras, el parámetro Lambda es directamente proporcional a la efectividad que pueda presentar el flujo de peatones. Por último, Noise se utiliza para tratar de obtener velocidades constantes entre los peatones.

Para obtener los resultados de los parámetros de eficiencia adoptados, se ingresa a la opción “Results” de la pestaña “Lists”, donde se seleccionan “Area Measurement Results.”

5.2.1. Calibración vehicular

Para la calibración vehicular se realizan un total de 25 simulaciones, en cada una de las cuales se realizan 25 corridas y se modifican los parámetros de Wiedemann 74. Esta iteración se realiza hasta que los tiempos de viaje de los vehículos para los trayectos definidos sean similares al tiempo que se obtiene en campo. De esta manera, los resultados que se obtienen para los parámetros de a_x , b_{xadd} y b_{xmult} son 0.4, 1 y 2.2, respectivamente. Los resultados de los tiempos de viaje que se recolectan en campo y que se obtienen del software Vissim para el tramo definido, se muestran en el Anexo 9.

Luego, con los resultados obtenidos se procede a verificar si el número de corridas realizadas cumple con ser mayor al mínimo establecido. Los resultados se muestran en la Tabla 15. Asimismo, esta tabla contiene el tamaño de muestra, la media, la desviación estándar, el

valor máximo, el valor mínimo, el margen de error aceptado (10%), la variable t-student para un grado de libertad de 24 (según datos de Vissim) y para un grado de libertad de 49 (según datos de campo), el número mínimo de corridas y la diferencia de medias.

Tiempo de viaje		
Descripción	Campo	Vissim
Tamaño de muestra	50	25
Media	44.214	44.084
Desviación estándar	2.226	2.018
Valor máximo	48.3	47.046
Valor mínimo	40.05	40.518
Margen de error	4.421	4.408
Variable t-student	2.010	2.064
Número mínimo de corridas	1.024	0.893
Diferencia de medias	0.13	

Tabla 15: Resultados del proceso de calibración vehicular del tramo único. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos que se muestran en el cuadro se verifica que, en efecto, el número de corridas realizadas en campo y en el Software Vissim son mayores a los mínimos establecidos. Para ello, el número mínimo de corridas se calcula con la siguiente fórmula:

$$N_{\min} = (t_{(1-\alpha(2), N-1)} * \frac{S}{e})^2$$

Donde:

$N_{\min}$: número mínimo de corridas

$t_{(1-\alpha(2), N-1)}$: variable estadística T-Student con N-1, grados de libertad, donde N es igual al número de corridas o repeticiones.

S: desviación estándar

e: margen de error

Finalmente, se realiza la prueba de hipótesis de diferencia de medias con un nivel de confianza de 95% mediante el uso de la herramienta en línea denominada “Statkey”. En esta herramienta se realiza un “Randomization Test for a Difference in Means” y se emplean 10000 permutaciones. El objetivo es verificar que la diferencia de medias se encuentre dentro del rango de aceptación, el cual es aceptable para el tramo único de calibración.

Figura 66: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de tiempos de viaje vehicular para el tramo único. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Calibración peatonal

Para la calibración peatonal se realizan un total de 26 simulaciones corridas, en cada una de las cuales se ejecutan 25 corridas y se modifican los parámetros de fuerza social. Esta iteración se realiza hasta que las velocidades de viaje de los peatones para los trayectos definidos sean similares a los valores que se obtienen en campo. De esta manera, los resultados que se obtienen para los parámetros de Tau, Lambda y Noise son 0.2, 0.7 y 3, respectivamente. Los resultados de las velocidades de viaje que se recolectan en campo y que se obtienen del software Vissim para el tramo definido, se muestran en el Anexo 10.

Luego, con los resultados que se obtienen se procede a verificar si el número de corridas realizadas cumple con ser mayor al mínimo establecido. Los resultados se muestran en la Tabla 16. De igual manera, esta tabla contiene el tamaño de muestra, la media, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo, el margen de error aceptado (10%), la variable t-student para un grado de libertad de 24 (según datos de Vissim) y para un grado de libertad de 49 (según datos de campo), el número mínimo de corridas y la diferencia de medias.

Velocidad de viaje		
Descripción	Campo	Vissim
Tamaño de muestra	50	25
Media	4.265	4.277
Desviación estándar	0.093	0.0193
Valor máximo	4.54	4.17
Valor mínimo	4.03	3.94
Margen de error	0.427	0.428
Variable t-student	2.010	2.064
Número mínimo de corridas	0.192	0.009
Diferencia de medias	-0.012	

Tabla 16: Resultados del proceso de calibración peatonal del tramo único. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos que se muestran en el cuadro se verifica que, en efecto, el número de corridas realizadas en campo y en el Software Vissim son mayores a los mínimos establecidos. El número mínimo de corridas se calcula con la fórmula usada en la calibración vehicular.

Finalmente, se realiza la prueba de hipótesis de diferencia de medias con un nivel de confianza de 95% mediante el uso de la herramienta en línea denominada Statkey. En esta herramienta se realiza un “Randomization Test for a Difference in Means” y se emplean 10000 permutaciones. El objetivo es verificar que la diferencia de medias se encuentre dentro del rango de aceptación, el cual es aceptable para el tramo único de calibración.

Figura 67: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de velocidades de viaje peatonal para el tramo único. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Validación del modelo actual de la intersección

Luego de calibrar el modelo, se continua con el proceso de validación. En ese sentido, se toman nuevos datos de campo que pasan a formar parte de la nueva data de entrada del programa. Los datos de entrada correspondientes al aforo vehicular y peatonal se pueden observar en el Anexo 11 y Anexo 12, respectivamente.

De esta manera, con los parámetros de Wiedemann 74 y del modelo de fuerza social que se obtienen en la calibración, se procede a simular el modelo con la nueva data de campo. Los parámetros de simulación como el número de corridas, el número de semilla, el incremento del número de semilla y la velocidad de simulación son los mismos que los que se asumen para la calibración.

5.3.1. Validación vehicular

Al igual que en el proceso de calibración, el parámetro de eficiencia a evaluar en la validación es el tiempo de viaje de los vehículos. Los resultados de los tiempos de viaje que se recolectan en campo y que se obtienen del software Vissim para el tramo definido, se muestran en el Anexo 13.

Luego, con los resultados que se obtienen se procede a verificar si el número de corridas realizadas cumple con ser mayor al mínimo establecido. Los resultados se muestran en la Tabla 17. Asimismo, esta tabla contiene el tamaño de muestra, la media, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo, el margen de error aceptado (10%), la variable t-student para un grado de libertad de 24 (según datos de Vissim) y para un grado de libertad de 49 (según datos de campo), el número mínimo de corridas y la diferencia de medias.

Tiempo de viaje		
Descripción	Campo	Vissim
Tamaño de muestra	50	25
Media	43.34	42.941
Desviación estándar	2.883	1.778
Valor máximo	48.001	46.446
Valor mínimo	39.127	40.625
Margen de error	4.334	4.294
Variable t-student	2.010	2.064
Número mínimo de corridas	1.788	0.730
Diferencia de medias	0.3995	

Tabla 17: Resultado del proceso de validación vehicular del tramo único. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos que se muestran en el cuadro se verifica que, en efecto, el número de corridas realizadas en campo y en el Software Vissim son mayores a los mínimos establecidos.

Finalmente, se realiza la prueba de hipótesis de diferencia de medias con un nivel de confianza de 95% mediante el uso de la herramienta en línea denominada Statkey. En esta herramienta se realiza un “Randomization Test for a Difference in Means” y se emplean 10000 permutaciones. El objetivo es verificar que la diferencia de medias se encuentre dentro del rango de aceptación, el cual es aceptable para el tramo único de validación y se puede decir que el modelo está validado.

Figura 68: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de tiempos de viaje vehicular para el tramo único. Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Validación peatonal

Al igual que en el proceso de calibración, el parámetro de eficiencia a evaluar es la velocidad de viaje de peatones. Los resultados de las velocidades de viaje que se recolectan en campo y que se obtienen del software Vissim para el tramo definido, se muestran en el Anexo 14.

Luego, con los resultados que se obtienen se procede a verificar si el número de corridas realizadas cumple con ser mayor al mínimo establecido. Los resultados se muestran en la Tabla 18. De igual manera, esta tabla contiene el tamaño de muestra, la media, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo, el margen de error aceptado (10%), la variable t-student para un grado de libertad de 24 (según datos de Vissim) y para un grado de libertad de 49 (según datos de campo), el número mínimo de corridas y la diferencia de medias.

Velocidad de viaje		
Descripción	Campo	Vissim
Tamaño de muestra	50	25
Media	4.248	4.229
Desviación estándar	0.074	0.017
Valor máximo	4.4	4.272
Valor mínimo	4.02	4.195
Margen de error	0.425	0.423
Variable t-student	2.010	2.064
Número mínimo de corridas	0.123	0.007
Diferencia de medias	0.019	

Tabla 18: Resultado del proceso de validación peatonal del tramo único. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos que se muestran en el cuadro se verifica que, en efecto, el número de corridas realizadas en campo y en el Software Vissim son mayores a los mínimos establecidos.

Finalmente, se realiza la prueba de hipótesis de diferencia de medias con un nivel de confianza de 95% mediante el uso de la herramienta en línea denominada Statkey. En esta herramienta se realiza un “Randomization Test for a Difference in Means” y se emplean 10000 permutaciones. El objetivo es verificar que la diferencia de medias se encuentre dentro del rango de aceptación, el cual es aceptable para el tramo único de validación.

Figura 69: Prueba de hipótesis nula para la diferencia de medias de velocidades de viaje peatonal para el tramo único. Fuente Elaboración propia.

5.4. Construcción de la propuesta de solución

En esta etapa se procede a implementar el conector peatonal que es parte de la propuesta de solución. La implementación se desarrolla sobre el modelo base del caso de estudio validado en el subcapítulo anterior. Para ello, también se emplea el software Vissim junto a todas las herramientas necesarias.

De esta manera, como se observa en las siguientes imágenes el conector está compuesto por 9 tramos consecutivos y un conjunto de rampas ubicado en el extremo perteneciente al paradero del metro de Lima.

Figura 70: Primera vista del conector peatonal atravesando la intersección. Fuente: Elaboración propia.

Figura 71: Rampa ubicada en la parte final del conector. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, a continuación, se muestra el cuadro resumen de los tramos pertenecientes al conector con sus respectivos datos de elevaciones y longitudes.

Conector peatonal					
Tramo	Longitud	Punto inicial	Punto final	Elevación inicial	Elevación final
1	32 m	A	B	0.00 m	0.00 m
2	10 m	B	C	0.00 m	0.45 m
3	25 m	C	D	0.45 m	1.70 m
4	15 m	D	E	1.70 m	2.45 m
5	15 m	E	F	2.45 m	3.20 m
6	20 m	F	G	3.20 m	4.20 m
7	13 m	G	H	4.20 m	4.20 m
8	12 m	H	I	4.20 m	4.50 m
9	18 m	I	J	4.50 m	4.50 m
Rampa					
Tramo	Longitud	Punto inicial	Punto final	Elevación inicial	Elevación final
1	15 m	A	B	4.50 m	3.00 m
2	15 m	B	C	3.00 m	1.50 m
3	15 m	C	D	1.50 m	0.00 m

Tabla 19: Cuadro resumen de longitudes y elevaciones de los tramos del conector peatonal y la rampa final. Fuente: Elaboración propia.

Todos los tramos del conector peatonal se desarrollan en el software con un máximo de 5% de inclinación y los tramos correspondientes a la rampa tienen 13, 33% de inclinación. Además, el espesor para todos los tramos del conector y la rampa es de 0.20 cm.

5.5.Evaluación y análisis comparativo de resultados de desempeño del modelo actual y el modelo propuesto

Para este proceso es necesario definir los datos de aforo vehicular y peatonal con los cuales se evaluará el desempeño de la intersección en estudio. Para ello, se hace una comparación con los datos obtenidos para el desarrollo del modelo (calibración) y los datos obtenidos para a validación. A continuación, se muestra el cuadro resumen de los datos de aforo utilizados:

Aforo vehicular		
Ingreso	Calibración	Validación
Av. Javier Prado (Oeste-Este)	1387	1263
Av. Aviación (Sur-Norte)	1081	1034
Av. Javier Prado (Este-Oeste)	1158	1062
Av. Aviación (Norte-Sur)	1068	1062
Suvida Vía Expresa	408	417
Total	5102	4838
Variación	5.17%	

Tabla 20: Cuadro comparativo de aforo vehicular. Fuente: Elaboración propia.

Aforo peatonal		
Ingreso	Calibración	Validación
Origen 1	1408	1447
Origen 2	794	805
Origen 3	1017	1050
Origen 4	481	501
Origen 5	767	912
Origen 6	1327	1271
Origen 7	821	903
Origen 8	401	466
Origen 9	297	328
Total	7313	7683
Variación	4.82%	

Tabla 21: Cuadro comparativo de aforo peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, los datos de aforo para la calibración y validación no presentan mucha diferencia. La diferencia es de 5.17% en aforo vehicular y 4.82% en aforo peatonal por lo que se concluye que cualquiera de las muestras puede ser trabajada. Para el análisis cuantitativo comparativo se usan los datos correspondientes a la validación.

Para el análisis comparativo de los datos entre el modelo actual versus el modelo propuesto se toman dos tramos de evaluación. Ambas rutas están comprendidas desde el paradero de buses del corredor rojo ubicado en la Av. Javier Prado (Oeste-Este) hasta la entrada a la estación La Cultura del Metro de Lima, la diferencia es que el primer tramo es a nivel (modo tradicional) y el segundo es sobre nivel (por medio del conector peatonal). Luego, con ayuda de la herramienta “Pedestrian travel time” se ubica el punto de origen y punto final para la evaluación. Se consideran 25 corridas, un intervalo de tiempo de evaluación de 600 hasta 4200 segundos y se asumen todos los parámetros de fuerza social, de Wiedemann 74 u otros que se hayan establecido en la etapa de calibración. Los resultados se observan al activar la opción “Pedestrian travel time results” de la herramienta “List” y “Results”. Los resultados de la evaluación de ambos tramos se muestran en el Anexo 15.

La presente investigación hace énfasis a los resultados que se obtienen del desempeño de los peatones en el caso de estudio, por lo que se deja de lado los parámetros de eficiencia vehicular. Para ello, los parámetros de eficiencia peatonal a evaluar son el tiempo de viaje promedio y la velocidad promedio, ambos en los tramos definidos anteriormente.

5.5.1. Análisis de resultados de los parámetros peatonales

La primera diferencia a resaltar entre ambas rutas es que con la primera (a nivel) se recorre una distancia de 270 metros aproximadamente y con la segunda (sobre nivel) se recorre una distancia de 320 metros aproximadamente. Sin embargo, el tiempo promedio de viaje para el primer tramo (más corto y a nivel) es de 338.62 segundos o su equivalente a 5.5 minutos. Por otro lado, el tiempo de viaje promedio para el segundo tramo (más largo y sobre nivel) es de 278.17 segundos o su equivalente a 4.5 minutos. Esta diferencia en los tiempos de viaje a favor de la segunda ruta, a pesar de tener la distancia más larga, se puede deber a que con ella se evita el cruce de 3 semáforos peatonales y se evita la interacción con otros tipos de características propias del entorno (obstáculos) y con los demás peatones.

En cuanto a las velocidades, la velocidad promedio de todo el primer tramo a nivel es de 2.46 km/h, mientras que para el segundo tramo a sobre nivel es de 3.33 km/h. es probable que esta diferencia también se deba a que con el primer tramo hay tiempo muerto debido a los 3 semáforos en exceso que se deben pasar por esa ruta. Asimismo, se debe resaltar que por el primer tramo (a nivel) los peatones cruzan un total de 4 semáforos mientras que por el segundo tramo (sobre nivel) los peatones solo cruzan 1 semáforo.

Por último, también se debe mencionar que con el primer tramo a nivel logran pasar un promedio total de 496 peatones durante todo el tiempo de simulación. Por otro lado, con el segundo tramo sobre nivel logran pasar un total de 512 peatones. Lo cual daría un poco más de eficiencia al segundo tramo al lograr hacer pasar 16 peatones más en el mismo tiempo.

Parámetros	Ruta	
Tipo	Ruta 1 (a nivel)	Ruta 2 (sobre nivel)
Longitud (m)	270	320
Tiempo de viaje (s)	338.57	280.82
Velocidad promedio total de viaje (km/h)	2.46	3.33
Semáforos a cruzar (cantidad)	4	1
Peatones (cantidad)	493	512
Zonas de conflicto (cantidad)	5	1

Tabla 22: Cuadro resumen de los parámetros de eficiencia peatonal evaluados. Fuente: Elaboración propia.

6. SEGURIDAD VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO

El presente capítulo constituye la parte cualitativa de la presente investigación. En ese sentido, se identifican y analizan los diversos factores que pueden afectar a la seguridad de los peatones durante su transbordo en la zona de estudio. Por un lado, se hace un análisis del estado actual de la intersección donde se identifican las deficiencias y/o fortalezas de las características físicas del entorno. Por otro lado, mediante la lista de chequeos, se hace un análisis más detallado de los factores que existen y que pueden hacer falta para garantizar la seguridad de los peatones.

De esta manera, con los resultados de la evaluación cualitativa se espera proponer soluciones a las deficiencias del estado actual de la intersección. Estas soluciones deben estar ligadas al diseño e implementación del conector peatonal desarrollado previamente y del cual ya se encuentra verificado su eficacia con los resultados numéricos expuestos anteriormente.

6.1. Análisis del estado actual de la intersección

Según la información recopilada en los mapeos de la zona de estudio, los anchos de las veredas y los carriles son los adecuados para zonas cercanas a centros comerciales. Sin embargo, en cuanto a las veredas, el ancho efectivo se ve minorado a causa de la presencia de las características físicas existentes en el entorno: postes de luz, señales de tránsito vertical, semáforos, jaladores de combis, vendedores ambulantes, mendigos, tachos de basura, etc. Asimismo, la infraestructura pública del lugar como las barandas, las aceras y las rampas presentan deterioro en muchos puntos, lo cual puede poner en riesgo la seguridad de los peatones. Los factores antes mencionados afectan el flujo de los peatones y disminuyen la eficiencia del sistema.

Por otro lado, existen importantes zonas de peligro donde los peatones usan la vía pública para desplazarse. Estas zonas de peligro se encuentran detalladas en el mapeo de zona de peligro. Además, la presencia de los paraderos informales de autos colectivos en diversos puntos de la intersección también representa peligros y obstrucciones para el flujo continuo de los peatones durante su transbordo o trayectoria, según sea el caso.

6.2. Lista de chequeos

Según el Manual de Seguridad Vial, existe una gran cantidad de temas e ítems con relación a la lista de chequeos de los cuales los más significativos y relevantes para la presente investigación son (ver tabla 23): Infraestructura existente, accidentalidad, movilidad urbana,

infraestructura vial, infraestructura de servicios públicos, intersecciones, transporte público, generalidades de señales verticales, usuarios vulnerables a lo largo de la vía, usuarios vulnerables cruzando la vía, alcances generales, semáforos y programación de los semáforos.

De esta forma, en el Anexo 16 se analiza y se menciona las distintas deficiencias e irregularidades que existen en la intersección lo cual atenta contra la integridad no solo de los peatones sino también de los conductores. Entre los problemas más significativos están: la preferencia en todos los semáforos hacia el vehículo, tiempos de semáforo desactualizados, infraestructura vial deteriorada, obstáculos de distintos tipos presentes tanto en la Avenida Javier Prado como Aviación, transporte publico informal reflejado en paraderos informales y peligrosos, entre otros.

	ITEM
1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE
2	ACCIDENTALIDAD
3	MOVILIDAD URBANA
4	INFRAESTRUCTURA VIAL
5	INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PUBLICOS
6	INTERSECCIONES
7	TRANSPORTE PUBLICO
8	GENERALIDADES DE SEÑALES VERTICALES
9	USUARIOS VULNERABLES A LO LARGO DE LA VIA
10	USUARIOS VULNERABLES CRUZANDO LA VIA
11	ALCANCES GENERALES
12	SEMAFOROS
13	PROGRAMACION DE SEMAFOROS

Tabla 23:Ítems considerados para la lista de chequeos de seguridad vial. Fuente: Elaboración propia.

7. PROPUESTA DE DISEÑO DE SOLUCIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO

En el presente capítulo se incluye la propuesta de solución al problema de investigación con la cual se verifica el cumplimiento de la hipótesis. Esta propuesta es la correspondiente al conector peatonal. En ese sentido, se muestran los planos bases de la infraestructura del conector peatonal y su ubicación dentro del plano de la intersección. Se espera que esta información sirva de entrada para futuras investigaciones o para planos a detalle más elaborados en el caso de que se materialice la implementación de dicho conector peatonal en la zona de estudio.

Asimismo, se debe resaltar que el conector peatonal propuesto mejora las condiciones de desplazamiento de los usuarios de transporte (peatones) en el tramo que es parte del estudio.

7.1. Conector peatonal

El conector peatonal que forma parte de la propuesta de solución es una estructura metálica de 20 centímetros de espesor y 1.6 metros de ancho. Está conformado por 9 tramos propios del conector y en su parte final se anexa una rampa de 3 tramos que sirve para la bajada de los peatones. Su punto de origen se encuentra en el cruce de la margen izquierda de la Av. Javier Prado (en dirección al Este) con la margen derecha de la Av. Aviación (en dirección Sur). Su punto final se encuentra ubicado sobre la plataforma que alberga la entrada a la estación La Cultura de la línea 1 del Metro de Lima. La longitud es de 320 metros lineales y la pendiente máxima es de 5% en todos sus tramos a excepción de la rampa ubicada en la parte final que tiene 10% de pendiente en sus 3 tramos. Los bordes se encuentran con barandas rectangulares intercaladas de 1.5 metros de altura y 10 centímetros. El techo es de doble agua con 15 centímetros de espesor, la altura mínima es de 2.20 metros y la altura máxima es de 2.70 metros.

El conector cumple la función de transbordar de forma segura, eficiente y más rápida a los usuarios de transporte que hace uso de los buses del corredor rojo y el metro de Lima (en ambos sentidos). A pesar de que su uso está dirigido solo a ese público objetivo, no se descarta la posibilidad de ser usado en otras rutas que formen parte de la intersección y su área de influencia. La implementación de conector asegura una mejor eficiencia en el flujo de peatones a nivel de suelo por la ruta convencional.

Los planos con la propuesta y sus dimensiones se muestran en el Anexo 17 y a continuación se muestra un bosquejo de la vista en planta del conector peatonal.

Figura 72: Bosquejo del conector peatonal (vista en planta). Fuente: Elaboración propia.

Además, a continuación, se muestra un tramo del supuesto de cómo sería el conector peatonal junto a los peatones que se desplazarían por su interior.

Figura 73: Tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 74: Vista en dirección noroeste del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 75: Vista en dirección noreste del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 76: Vista en dirección Sur del tramo ilustrativo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Se describió la delimitación de la zona de estudio mediante la utilización de 8 mapeos. Asimismo, se define la clasificación de medio de transporte mediante el establecimiento de 4 tipos de vehículos y para peatones mediante la identificación de 6 tipos de personas.

En cuanto al aforo vehicular y peatonal se elaboró flujogramas dinámicos los cuales representan y reflejan los movimientos y puntos de orígenes, respectivamente.

Se determinó las composiciones vehiculares y peatonales para poder calcular las frecuencias respectivas. De manera análoga, se identifica y representa el ciclo semafórico de la presente intersección del caso de estudio.

- El procedimiento de la microsimulación del estado actual en el software Vissim se describe mediante 13 etapas las cuales incluyen capturas de pantalla del programa utilizado. De manera análoga, se describe detalladamente la implementación de la propuesta a la microsimulación de la situación actual.

Para el proceso de calibración, los parámetros evaluados fueron tiempo y velocidad de viaje para vehículos y peatones, respectivamente. La calibración vehicular cuenta con los parámetros ax , $bxadd$ y $bmult$ los cuales tienen un valor de 0.4, 1 y 2, respectivamente. De igual forma para la calibración peatonal los parámetros son τ , λ y Noise , los cuales presentan un valor de 0.2, 0.7, 3.

Para la obtención de un nivel de confianza mayor al 95% en cuanto a la diferencia de medias entre los datos de campo y del Vissim en la calibración y validación para vehículos y peatones; se utiliza la herramienta StatKey, la cual emplea un total de 10000 permutaciones para corroborar dicha diferencia.

El análisis comparativo de la implementación de la nueva infraestructura propuesta en comparación con la situación actual refleja una reducción del tiempo de

transbordo de peatones en un 17.1% pese a un aumento de 50 metros de la longitud de la trayectoria; asimismo se evidenció una mejora reflejada en el aumento de la velocidad promedio de peatones en un 26.1%, la reducción de interacción con semáforos en un 75% y la evasión de aproximadamente el 80% de zonas de conflicto.

- Desde el punto de vista cualitativo, los principales temas y/o aspectos a considerar con relación a la lista de chequeos planteada son: Infraestructura vial, seguridad vial, ciclos semafóricos, transporte público y usuarios vulnerables.

La propuesta del conector peatonal permite una reducción considerable de las irregularidades y deficiencias halladas en la lista de chequeos correspondiente a 13 ítems derivados de los aspectos mencionados anteriormente.

Tomando como indicador la lista de chequeos, la presente propuesta repercute en una mejora de la gestión de tránsito; por el lado de los conductores influye en una mejora en la presente intersección y por el lado de los peatones promueve una mejora del transbordo del intercambio modal.

- El conector peatonal inicia en el cruce de las Avenidas Javier Prado (Oeste a este) y Aviación (Norte a Sur) siguiendo el sentido de los vehículos, y termina con una rampa de bajada en la estación “La Cultura” del Metro de Lima. Cabe resaltar que el conector no se pudo adaptar al segundo nivel de la estación debido a que la estructura de la estación no permitía una implementación ni acople a dicha estación.

La implementación del conector peatonal se plantea y define considerando los reglamentos y normas referentes a tipo de puentes peatonales.

El diseño del conector peatonal es de estructura metálica techada y tiene una longitud de 320 metros; asimismo propone una pendiente máxima de 5% a lo largo del conector, una pendiente máxima de 10% en la rampa de bajada y un ancho efectivo constante de 1.6 metros.

8.2.Recomendaciones

- Adquirir los planos originales de la intersección y, de ser posible, el plano topográfico del lugar. De esta manera, habrá mayor precisión al momento de representar el modelo y los resultados obtenidos de acuerdo con los parámetros que se evalúen tendrán mayor exactitud y confiabilidad.

El levantamiento de información de la zona de estudio a través de los mapeos debe ser de forma minuciosa y detallada de tal manera que se puedan reflejar todas las características del entorno. Los mapeos más importantes para considerar son: obstáculos, ancho efectivo, líneas de deseo, puntos de conflicto o zonas de peligro y ocupación peatonal.

Tiene que realizarse por lo menos 2 grabaciones del caso de estudio. La primera para la calibración del modelo y la segunda para la validación de este. Las grabaciones deben ser el mismo día, en los mismos horarios, pero en diferentes fechas para asegurarse que el modelo sí se adapta.

- Evaluar otros parámetros de comportamiento peatonal y vehicular más allá de los convencionales. Por ejemplo, en cuanto a los peatones, además del tau, lambda y Noise debería evaluarse el “A soc mean” y “B soc mean”, u otros parámetros que sean necesarios según el caso de estudio.

Obtener el número mínimo de corridas en los procesos de calibración y validación de tal manera que se garanticen la confiabilidad de los resultados. Asimismo, el modelo se debe correr al menos unas 25 veces y este número debe ser similar al número de corridas (datos) que se obtengan en campo.

Para la microsimulación es importante contar con el software Vissim 9 y/o una versión superior debido a que siempre hay actualizaciones. Asimismo, de ser posible se debe trabajar con la versión original de manera que se pueda usar todas las opciones y/o herramientas disponibles, ya que la versión estudiantil es de características limitadas.

- La lista de chequeo puede ser de elaboración propia o se pueden tomar como referencia las listas de chequeo del manual de seguridad vial propuestas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Fotografiar las observaciones identificadas que sean más relevantes e impactantes con respecto a las características de los ítems de la lista de chequeos con la finalidad de evidenciar de manera visual las deficiencias en la intersección.

Las investigaciones e indagaciones para la elaboración de la lista de chequeos deben de ser actuales; en otras palabras, con datos, sondeos, fotografías y características en general con un tiempo no mayor a medio año de antigüedad.

- Es posible implementar una ampliación y/o ramificación del conector peatonal mediante escaleras que permitan la conexión directa con paraderos formales de buses, esto con la finalidad de darle mayor funcionalidad y mayor flujo de peatones. Ya que en un principio se planificó pensando exclusivamente para el traslado durante el transbordo de peatones dentro de un intercambio modal establecido.

Considerar reglamentaciones y normatividades nacionales (y posiblemente internacionales) con relación a las características mínimas de pendientes y anchos efectivos para puentes peatonales de estructura metálica.

Revisar antecedentes, investigaciones y/o proyectos referentes a “conectores peatonales” y/o puentes de los últimos años en la ciudad de Lima, específicamente en transbordos multimodales entre: Metro de Lima, Corredores Azul o Rojo, Alimentadores y Metropolitano.

REFERENCIAS

- Alexanderson, S., Johansson, E. (2013). Pedestrian in Microscopic Traffic Simulation. Comparison between software Viswalk and Legion for Aimsum. Master Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.
- Alvarez, J. (2017). Micro-simulación intermodal en la ciudad de Cusco empleando los softwares Vissim 8 y Viswalk 8. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Araújo, D. R. C., Jacondino, G. B., Cybis, H. B. B. & Caten, C. S., 2004. Método de calibração de modelos de micro-simulação de tráfego através de otimização multivariada. *TRANSPORTES*, 12(1), pp. 5-12.
- Arrieta, K. (2013). Modelación del tráfico vehicular con el software PTV Vissim tramo bomba El Gallo- bomba el Amparo. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- Banco de Desarrollo de América Latina, CAF (2013). ¿Qué es movilidad urbana? Recuperado de: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2013/08/que-es-movilidad-urbana/> (consulta: 16 de septiembre de 2019).
- Bartolovich, R., Belaus, E. & Crosetto, R. Estaciones intermodales de transporte para la ciudad de Córdoba y su área metropolitana. (Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Arquitectura, Córdoba: Argentina). Recuperado de: https://issuu.com/rociocrosettobrizzio/docs/tesina_issuu (consulta: 19 de septiembre de 2019).
- BBC NEWS MUNDO (2017). Las ciudades y países con el tráfico más congestionado de América Latina. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39045803> (consulta: 9 de abril de 2020).
- Bell, D. (2019). Intermodal Mobility Hubs and User Needs. *Social Sciencies*, (8), 1-9. Doi: 10.3390/socsci8020065.
- Bloomberg, L. & Dale, J. (2000). A comparison of the VISSIM and CORSIM Traffic Simulation Models. Institute of Transportation Engineers Annual Meeting. 98104(Agosto), 1-16.
- Bourdieu, P. (1998). Sozialer Raum, symbolischer Raum In Praktische Vernunft Zur Theorie des Handelns. *Frankfurt a. M.: Edition Suhrkamp*. ISBN 978-3-518-11985-3.

- Bull, A. (2003). Congestión de tránsito: El problema y como enfrentarlo. Naciones Unidas CEPAL. Santiago de Chile, Chile.
- Cabrera, F., (2016). Apuntes de clase de gestión del tránsito. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cascajo, R., López, E., Herrero, F. & Monzón, A. (2018). User perception of transfers in multimodal urban trips: A qualitative study. *International Journal of Sustainable Transportation* 13(6) 393-406. Doi: 10.1080/15568318.2018.1476632.
- CODATU (15 de octubre de 2017). Lima-Callao, el difícil camino de modernización del transporte en la capital peruana. Recuperado de: <http://www.codatu.org/publications/lima-callao-el-dificil-camino-de-modernizacion-del-transporte-en-la-capital-peruana/> (consulta: 10 de septiembre de 2019).
- Dávila, L. F. (2015) .Conceptos y enfoques de seguridad.Universidad EAFT.Recuperado de : <http://www.pensamientopenal.com.ar/system/files/2015/01/doctrina40562.pdf>
- Dou, X., Meng Q., & Guo, X. (2015). Bus Schedule coordination for the last train service in an intermodal bus and train transport network. *Transportation Research Part C*, 360-375.Doi: 10.1016/j.trc.2015.09.006.
- Dowling, R., Skabardonis, A., Halkias, J., McHale, G., & Zammit, G. (2004). Guidelines for calibration of microsimulation models: framework and applications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1876), 1-9.
- Durán, L. (2016). Basic parameters for the design of intermodal public transport infrastructures. *Transportation Research Procedia*, (14),499-508. Doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.104.
- Ewing, R. & Cervero, R. (2010), “Travel and the Built Environment: A Synthesis”. *Transportation Research Record*, (1780), 87-114.
- FHWA (2004). Traffic analysis toolbox Volume II: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040.
- Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *EURE (Santiago)*, 2, 72. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71611998007200002>.

- Garnert, A. (6 de noviembre de 2013). Estudio sobre centros de transbordo urbano de pasajeros. Recuperado de: <http://revistavial.com/estudio-sobre-centros-de-transbordo-urbano-de-pasajeros/> (consulta: 21 de septiembre de 2019).
- Gebhardt, L., Krajzewicz, D., Oostendorp, R., Goletz, M., Greger, K., Klötzke, M., Wagner, P., Heinrichs, D., (2016). Intermodal urban mobility: users, uses, and use cases. *Transportation Research Procedia*. 14, 1183–1192. Doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.189.
- GROUP, P. PTV Vissim. (2013). Recuperado de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/> (consulta: 27 de agosto de 2019).
- INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION (IMB) (2011). Crisis del tráfico vehicular en las principales ciudades del mundo. Recuperado de: <http://trafico.weebly.com/traacutefico-en-el-mundo.html> (consulta: 13 de abril de 2020).
- IHODL (6 de octubre de 2017). Gráfico del día: Los países con más tráfico de todo el mundo. Recuperado de: <https://es.ihodl.com/infographics/2017-10-06/grafico-del-dia-los-paises-con-mas-trafico-de-todo-el-mundo/> (consulta: 29 de agosto de 2019).
- INRIX (2015). Inrix Global Traffic Scorecard. Recuperado de: <https://www.ecoticias.com/co2/131856/Las-ciudades-atascos-Europa> (consulta: 15 de abril de 2020).
- INRIX (2017). Inrix Global Traffic Scorecard. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39045803> (consulta: 15 de abril de 2020).
- Lima Como Vamos. IX Informe de percepción sobre la calidad de vida en Lima y Callao. Lima: PUCP 2018. Recuperado de <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2018/12/EncuestaLimaComoVamos2018.pdf> (consulta: 15 de septiembre de 2019).
- Luchemos por la vida (2009). Peatones seguros e informe “Caminar con seguridad” de la OMS. Recuperado de: <http://www.luchemos.org.ar/es/sabermas/contenidos-por-tema/peatones-seguros> (consulta: 25 de septiembre de 2019).

- Mendiola, A., Aguirre, C., Ayala, E., Barboza, W., & Pinillos, W. (2014). Análisis de la propuesta de concesión para el transporte público de Lima: viabilidad financiera de un potencial operador. *Universidad ESAN*. 49,50.
- Ministerio del Interior de España, Dirección General de Tráfico (2014). Los peatones. Recuperado de: http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/peatones.pdf (consulta: 23 de septiembre de 2019).
- Ministerio de transportes y comunicaciones & Ministerio de Educación (2008). Guía de Educación en seguridad vial. JB Grafic EIRL. Recuperado de : <https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/Guia%20Ed.Vial%20Primaria.pdf>
- Misterio de transporte y comunicaciones (MTC), Viceministerio de transportes, Dirección general de caminos y ferrocarriles (2017). Manual de seguridad vial. Lima, Perú.
- Monzón, Andrés, S., Hernández, & F., Di Ciommo. 2016. Efficient Urban Interchanges: The City-HUB Model. *Transportation Research Procedia* 14: 1124–33. Doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.183.
- Murata, M., Delgado Campos, J., & Suarez Lastra, M. (2017). ¿Por qué la gente no usa Metro? Efectos del transporte en la zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas. UNAM* ,158-177.Doi: 10.14350/rig.56661.
- Navarrete, F. J., & Ortuzar, J. D D. (2013). Subjective valuation of the transit transfer experience: The case of Santiago de Chile. *Transport Policy*, 25, 138–147. Doi: 10.1016/j.tranpol.2012.10.006.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) (2015). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Ginebra: OMS 2015. Recuperado de https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf?ua=1 (consulta: 18 de septiembre de 2019).
- Pitsiava L., Magdalini, R., & Panagiotis I. (2012). Intermodal Passengers Terminals: Design Standards for Better Level of Service. *Procedia Social and Behavioral Sciences* (48): 3 297–306. Doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1295.

- PTV GROUP (2019). Welcome to PTV Group! – PTV Group. Recuperado de: <https://www.ptvgroup.com> (consulta: 27 de noviembre de 2019).
- Ramirez, A. & Dominguez, E. (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35, 137.
- REDACCIONPERU21 (10 de febrero de 2013). A punto del colapso: Lima no soporta enorme cantidad de vehículos. Recuperado de: <https://peru21.pe/lima/punto-colapso-lima-soporta-enorme-volumen-vehiculos-92350-noticia/> (consulta: 17 de septiembre de 2019).
- REDACCION RPP. (3 de noviembre de 2016). ¿Caos vehicular? Conoce los sistemas de semaforización. Recuperado de: <https://rpp.pe/lima/actualidad/sistemas-de-semaforizacion-noticia-1007327> (consulta: 20 de octubre de 2019).
- Roca, V., (2009). Análisis operacional de glorietas mediante simulación microscópica. *Revista Andinatraffic*, Issue 5, pp. 28-31.
- Rodríguez, C. (10 de agosto de 2016). Intersección vial. Recuperado de: <https://prezi.com/cl68eaxddtjs/interseccion-vial-vi/> (consulta: 16 de septiembre de 2019).
- Santos, R. (30 de junio de 2015). Intersecciones viales. Recuperado de: <https://prezi.com/rgielagi9dm5/intersecciones-viales/> (consulta: 16 de septiembre de 2019).
- Schakenbos, R., La Paix, L., Nijenstein, S., & Geurs, K. T. (2016). Valuation of a transfer in a multimodal public transport trip. *Transport Policy*, 46, 72–81.
- Schmidt & Taylor (1970). Simulation and Analysis of Industrial Systems. Homewood-Illinois: Richard D. Irwin
- Seriani, S., & Fernandez, R. (2015). Pedestrian traffic management of boarding and alighting in metro stations. *Transportation Research Part C*, 76-92. Doi: 10.1016/j.trc.2015.02.003
- Shannon E. Robert (1988). “Simulación de sistemas “. Editorial Trillas.

- Siddharth S. & Gitakrishnan R. (2013). Calibration of VISSIM for Indian Heterogeneous Traffic Conditions. Chennai: *Department of Civil Engineering*, 380-389.
- Tian , Z. & Urbanik, T. (2002). Variations in capacity and delay estimates from microscopic traffic simulation models. *Journal of the Transportation Research Board* , 23-31. Doi:10.3141/1802-04
- Tobón Pérez, David (2013). “El espacio público en los intercambiadores modales de transporte. El caso de placa Espanya”. Facultad de Bellas Artes. Universidad de Barcelona. Recuperado de: https://www.semanticscholar.org/paper/El-espacio-p%C3%ABlico-en-los-intercambiadores-modales-P%C3%A9rez/3cab0bf9c31e0cb27cc005af338da1b16e0fd_f93 (consulta: 2 de octubre de 2019)
- TOM TOM (2018). Estudio anual sobre el tiempo que pierden los ciudadanos en el tránsito en diferentes ciudades del mundo. Recuperado de: <https://www.infobae.com/america/america-latina/2019/08/17/las-10-ciudades-mas-congestionadas-del-america-latina/> (consulta: 18 de abril de 2020).
- TRB, 2003. Transit Capacity Manual 2000, Special Report 209, Transportation Research Board, Washington D.C.
- TRB, 2010. Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Universidad Nacional de Colombia (2015). “Accesibilidad al medio físico y al transporte”. Facultad de artes, Oficina de Proyectos, Santa fe de Bogotá. Recuperado de : <http://www.cnree.go.cr/documentacion/publicaciones/ACCESIBILIDAD%20AL%20MEDIO%20FISICO%20Y%20AL%20TRANSPORTE.pdf> (consulta: 15 de septiembre de 2019)
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV), (2012). Movilidad y transporte. Recuperado de: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/820042normalc.html> (consulta: 16 de septiembre de 2019).
- Wu, Y., Tang, J., Yu, Y., Pan, Z., (2015). A stochastic optimization model for transit network timetable design to mitigate the randomness of traveling time by adding slack time. *Transport. Res. Part C: Emerg. Technol.* 52, 15–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2014.12.012>.

- WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI MÉXICO). Sistemas integrados de transporte. Recuperado de: <http://movilidadamable.org/sistema-integrado-de-transporte> (consulta: 27 de septiembre de 2019).
- Valladares, A. (2016). Comparación de un enfoque macroscópico y otro microscópico a estimar las demoras por la congestión urbana. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Civil. Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/51870/8/472922.2016.pdf>.
- Zúñiga, V. I., 2010. Uso de herramientas de microsimulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

[ANEXOS]

ANEXO 1: PRINCIPALES RAZONES DE LA SATURACIÓN EN LAS CALLES DE LIMA.

■ ¿Cuál es la razón más importante del problema? (%)

Razones	TOTAL	Peatón	Conductor de auto particular	Taxista	Chofer de transporte público	Policia de tránsito
Excesivo parque automotor	32	31	32	47	59	38
Primacía de los intereses personales	20	21	20	18	3	24
Infraestructura vial desarticulada de la realidad	19	19	25	19	5	11
Inadecuado planeamiento vial	17	18	15	5	8	3
Deficiente educación vial	16	17	31	-	5	5
No hay señalización necesaria	15	16	9	5	8	18
Pasividad de las autoridades	10	10	16	10	10	-
Informalidad	8	9	6	6	5	1
El parque automotor en mal estado	7	7	3	-	-	-
Falta de transporte público idóneo	3	4	3	-	-	-
La ciudad está mal diseñada	1	-	3	-	7	-
No precisa	4	4	4	5	-	-

Figura 77: Principales razones de saturación en las calles de lima. Fuente: Diario Correo

ANEXO 2: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

Figura 78: Clasificación de vehículos. De arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: tren, bus de transporte público, bus del corredor rojo, automóvil y camión.

ANEXO 3: GRABACIÓN CON DRONE E INSTRUMENTOS

Figura 79: Drone utilizado para la grabación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 80: Personal de la grabación con drone. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: ENUMERACIÓN DE CARRILES

Figura 81: Enumeración de carriles en la intersección de la Av. Javier Prado y Av. Aviación. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5: DESARROLLO DEL FLUJO VEHICULAR (FLUJOGRAMA)

Tabla 24: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia calle pequeña San Borja. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	9				16				28			
5:10-5:20	8				18				30			
5:20-5:30	11				15				29			
5:30-5:40	7				16				27			
5:40-5:50	11				16				28			
5:50-6:00	8				15				26			
Subtotal	54	0	0	0	96	0	0	0	168	0	0	0

Tabla 25: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	1				9				28			
5:10-5:20	2				9				30			
5:20-5:30	0				7				28			
5:30-5:40	1				10				28			
5:40-5:50	1				11				27			
5:50-6:00	1				11				26			
Subtotal	6	0	0	0	57	0	0	0	167	0	0	0

Tabla 26: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	26	4	5	1	34	4	1		21			
5:10-5:20	25	4	4	0	35	4	1		20			
5:20-5:30	27	5	4	0	33	5	0		22			
5:30-5:40	26	3	3	1	36	5	0		24			
5:40-5:50	29	4	2	0	34	4	0		19			
5:50-6:00	25	5	3	1	33	5	1		22			
Subtotal	158	25	21	3	205	27	3	0	128	0	0	0

Tabla 27 : Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	33	4			9							
5:10-5:20	32	4			7							
5:20-5:30	35	5			9							
5:30-5:40	30	4			8							
5:40-5:50	31	3			10							
5:50-6:00	29	6			8							
Subtotal	190	26	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 28: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Javier Prado (Este).
Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	3				23				3			
5:10-5:20	2				22				3			
5:20-5:30	4				23				2			
5:30-5:40	5				21				5			
5:40-5:50	3				25				2			
5:50-6:00	2				24				3			
Subtotal	19	0	0	0	138		0	0	18	0	0	0

Tabla 29: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia vía Expresa. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	1				6				22			
5:10-5:20	1				4				21			
5:20-5:30	0				4				22			
5:30-5:40	0				7				24			
5:40-5:50	1				6				20			
5:50-6:00	0				9				23			
Subtotal	3	0	0	0	36	0	0	0	132	0	0	0

Tabla 30 : Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Aviación (Norte).
Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	19				3				1			
5:10-5:20	20				2				1			
5:20-5:30	22				1				0			
5:30-5:40	17				4				0			
5:40-5:50	17				3				0			
5:50-6:00	19				4				1			
Subtotal	114	0	0	0	17	0	0	0	3	0	0	0

Tabla 31: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	42		1		37			2	9		1	10
5:10-5:20	41		1		35			3	8		1	8
5:20-5:30	40		0		36			1	9		0	12
5:30-5:40	39		1		37			3	7		0	11
5:40-5:50	43		0		39			2	11		0	14
5:50-6:00	38		0		38			2	10		1	8
Subtotal	243	0	3	0	222	0	0	13	54	0	3	63

*Tabla 32: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Norte).
Fuente: Elaboración propia.*

	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	11				23				2			
5:10-5:20	8				28				4			
5:20-5:30	9				25				3			
5:30-5:40	7				21				4			
5:40-5:50	11				24				3			
5:50-6:00	8				29				2			
Subtotal	54	0	0	0	150	0	0	0	18	0	0	0

Tabla 33: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	27	5		1	42	4			8	4		
5:10-5:20	23	3		2	47	6			7	6		
5:20-5:30	32	4		3	45	3			6	4		
5:30-5:40	19	3		3	39	7			9	5		
5:40-5:50	26	5		1	46	5			5	4		
5:50-6:00	29	4		2	45	5			7	7		
Subtotal	156	24	0	12	264	30	0	0	42	30	0	0

*Tabla 34: Conteo de flujo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Sur).
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	49				8				1			
5:10-5:20	53				11				3			
5:20-5:30	47				9				2			
5:30-5:40	55				10				3			
5:40-5:50	61				9				1			
5:50-6:00	41				13				2			
Subtotal	306				60	0	0	0	12	0	0	0

Tabla 35: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	1				4				3			
5:10-5:20	0				5				6			
5:20-5:30	2				3				3			
5:30-5:40	1				7				7			
5:40-5:50	0				6				5			
5:50-6:00	2				5				6			
Subtotal	6	0	0	0	30		0	0	30	0	0	0

*Tabla 36: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Aviación (Sur).
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	65		1		52		3	1	7			14
5:10-5:20	59		0		48		1	1	9			17
5:20-5:30	55		2		51		2	1	10			15
5:30-5:40	59		1		47		3	1	8			16
5:40-5:50	53		2		52		2	0	9			17
5:50-6:00	69		0		50		1	2	11			11
Subtotal	360	0	6	0	300	0	12	6	54	0	0	90

*Tabla 37: Conteo de flujo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Este).
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	19				8				1			
5:10-5:20	20				9				1			
5:20-5:30	22				7				1			
5:30-5:40	19				7				1			
5:40-5:50	21				9				1			
5:50-6:00	19				8				1			
Subtotal	120	0	0	0	48	0	0	0	6	0	0	0

Tabla 38: Conteo de flujo vehicular de vía Expresa hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	19								35			
5:10-5:20	21								41			
5:20-5:30	20								39			
5:30-5:40	23								31			
5:40-5:50	18								35			
5:50-6:00	19								35			
Subtotal	120	0	0	0	0	0	0	0	216	0	0	0

Tabla 39: Conteo de flujo vehicular de vía Expresa hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	5								7			
5:10-5:20	7								5			
5:20-5:30	6								4			
5:30-5:40	4								6			
5:40-5:50	7								7			
5:50-6:00	7								7			
Subtotal	36	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0

ANEXO 6: DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS

Tabla 40: Velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	5.82	26	16.08	28	8.44	26	11.09	55	10.49	26	8.92
2	6.51	26	14.38	29	8.22	26	11.39	56	9.64	26	9.71
3	8.58	26	10.91	30	10.87	26	8.61	57	9.97	26	9.39
4	7.49	26	12.50	31	7.74	26	12.09	58	6.97	26	13.43
5	4.69	26	19.96	32	5.95	26	15.73	59	7.91	26	11.83
6	5.52	26	16.96	33	6.9	26	13.57	60	6.15	26	15.22
7	8.06	26	11.61	34	8.01	26	11.69	61	9.41	26	9.95
8	5.4	26	17.33	35	8	26	11.70	62	6.19	26	15.12
9	6.41	26	14.60	36	8.19	26	11.43	63	7.73	26	12.11
10	8.88	26	10.54	37	11.52	26	8.13	64	6.33	26	14.79
11	4.64	26	20.17	38	12.52	26	7.48	65	9.14	26	10.24
12	4.99	26	18.76	39	9.3	26	10.06	66	4.21	26	22.23
13	5.97	26	15.68	40	11.24	26	8.33	67	4.99	26	18.76
14	5.7	26	16.42	41	10.49	26	8.92	68	10.35	26	9.04
15	6.72	26	13.93	42	8.44	26	11.09	69	4.96	26	18.87
16	6.26	26	14.95	43	7.55	26	12.40	70	6.74	26	13.89
17	7.59	26	12.33	44	6.17	26	15.17	71	6.78	26	13.81
18	6.81	26	13.74	45	4.33	26	21.62	72	9.11	26	10.27
19	5.87	26	15.95	46	4.15	26	22.55	73	9.97	26	9.39
20	6.16	26	15.19	47	3.65	26	25.64	74	6.19	26	15.12
21	7.13	26	13.13	48	8.02	26	11.67	75	5.27	26	17.76
22	5.34	26	17.53	49	8.35	26	11.21	76	10.09	26	9.28
23	5.73	26	16.34	50	5.09	26	18.39	77	7.92	26	11.82
24	4.34	26	21.57	51	9.05	26	10.34	78	6.43	26	14.56
25	7.95	26	11.77	52	6.26	26	14.95	79	7.14	26	13.11
26	4.12	26	22.72	53	7.77	26	12.05	80	7.26	26	12.89
27	4.15	26	22.55	54	5.77	26	16.22				

Tabla 41: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	80	1	7.48	10.07	8.78	13	13	0.16	0.16
Min	7.48	2	10.07	12.67	11.37	23	36	0.29	0.45
Máx	25.64	3	12.67	15.26	13.97	20	56	0.25	0.70
Rango	18.16	4	15.26	17.86	16.56	11	67	0.14	0.84
K (# de grupos)	7	5	17.86	20.45	19.15	6	73	0.08	0.91
W (Amplitud)	2.59	6	20.45	23.05	21.75	6	79	0.08	0.99
		7	23.05	25.64	24.34	1	80	0.01	1.00

Tabla 42: Velocidades de buses para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	11.38	26	8.22
2	9.26	26	10.11
3	13.09	26	7.15
4	5.75	26	16.28
5	18.01	26	5.20
6	7.59	26	12.33
7	18.74	26	4.99
8	17.89	26	5.23
9	16.45	26	5.69
10	13.19	26	7.10
11	14.82	26	6.32
12	7.26	26	12.89
13	6.78	26	13.81
14	20.54	26	4.56
15	16.57	26	5.65
16	7.21	26	12.98
17	10.64	26	8.80

Tabla 43: Frecuencia acumulada de velocidades de buses para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	17	1	4.56	7.49	6.02	9	9	0.53	0.53
Min	4.56	2	7.49	10.42	8.95	3	12	0.18	0.71
Máx	16.28	3	10.42	13.35	11.88	3	15	0.18	0.88
Rango	11.72	4	13.35	16.28	14.81	2	17	0.12	1.00
K (# de grupos)	4								
W (Amplitud)	2.93								

Tabla 44: Velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	6.36	26	14.717
2	10.13	26	9.240
3	7.51	26	12.463
4	11.67	26	8.021
5	9.53	26	9.822
6	9.47	26	9.884
7	6.94	26	13.487
8	6.74	26	13.887

Tabla 45: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	8	1	8.02	10.25	9.14	4	4	0.5	0.5
Mín	8.02	2	10.25	12.48	11.37	1	5	0.125	0.625
Máx	14.72	3	12.48	14.72	13.60	3	8	0.375	1
Rango	6.70								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	2.23								

Tabla 46: Velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	10.69	50	16.84	28	10.18	50	17.68	55	7.27	50	24.76
2	12.04	50	14.95	29	13.18	50	13.66	56	9.94	50	18.11
3	12.07	50	14.91	30	7.76	50	23.20	57	10.95	50	16.44
4	17.39	50	10.35	31	10.62	50	16.95	58	6.84	50	26.32
5	15.86	50	11.35	32	11.39	50	15.80	59	8.67	50	20.76
6	10.88	50	16.54	33	9.92	50	18.15	60	8.55	50	21.05
7	7.21	50	24.97	34	10.77	50	16.71	61	9.55	50	18.85
8	12.24	50	14.71	35	13.17	50	13.67	62	15.12	50	11.90
9	6.93	50	25.97	36	14.05	50	12.81	63	6.17	50	29.17
10	8.29	50	21.71	37	15.51	50	11.61	64	6.24	50	28.85
11	13.39	50	13.44	38	7.58	50	23.75	65	13.01	50	13.84
12	9.15	50	19.67	39	7.63	50	23.59	66	12.42	50	14.49
13	11.64	50	15.46	40	6.29	50	28.62	67	12.57	50	14.32
14	8.65	50	20.81	41	9.68	50	18.60	68	6.27	50	28.71
15	11.83	50	15.22	42	5.91	50	30.46	69	6.64	50	27.11
16	9.33	50	19.29	43	7.89	50	22.81	70	6.08	50	29.61
17	10.21	50	17.63	44	6.11	50	29.46	71	14.54	50	12.38
18	7.21	50	24.97	45	7.12	50	25.28	72	6.73	50	26.75
19	7.98	50	22.56	46	8.24	50	21.84	73	5.51	50	32.67
20	11.43	50	15.75	47	9.01	50	19.98	74	8.83	50	20.39
21	9.74	50	18.48	48	7.64	50	23.56	75	7.38	50	24.39
22	11.29	50	15.94	49	7.73	50	23.29	76	8.44	50	21.33
23	9.65	50	18.65	50	8.17	50	22.03	77	13.95	50	12.90
24	8.49	50	21.20	51	7.42	50	24.26	78	7.89	50	22.81
25	12.71	50	14.16	52	15.21	50	11.83	79	7.21	50	24.97
26	7.13	50	25.25	53	14.23	50	12.65	80	6.57	50	27.40
27	9.45	50	19.05	54	6.53	50	27.57				

Tabla 47: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	80	1	10.35	13.54	11.94	10	10	0.13	0.13
Min	10.35	2	13.54	16.73	15.13	18	28	0.23	0.35
Máx	32.67	3	16.73	19.92	18.32	12	40	0.15	0.50
Rango	22.32	4	19.92	23.10	21.51	13	53	0.16	0.66
K (# de grupos)	7	5	23.10	26.29	24.70	14	67	0.18	0.84
W (Amplitud)	3.19	6	26.29	29.48	27.89	9	76	0.11	0.95
		7	29.48	32.67	31.08	4	80	0.05	1.00

*Tabla 48: Velocidades de buses del corredor para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste).
Fuente: Elaboración propia.*

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	13.89	26	6.739	10	10.44	26	8.966
2	11.91	26	7.859	11	9.84	26	9.512
3	7.66	26	12.219	12	12.24	26	7.647
4	10.14	26	9.231	13	7.53	26	12.430
5	9.78	26	9.571	14	7.98	26	11.729
6	10.75	26	8.707	15	11.24	26	8.327
7	8.92	26	10.493	16	12.91	26	7.250
8	9.44	26	9.915	17	8.24	26	11.359
9	8.72	26	10.734	18	7.73	26	12.109

Tabla 49: Frecuencia acumulada de buses del corredor para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	18	1	6.74	8.64	7.69	6	6	0.33	0.33
Min	6.74	2	8.64	10.53	9.58	6	12	0.33	0.67
Máx	12.43	3	10.53	12.43	11.48	6	18	0.33	1.00
Rango	5.69								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	1.90								

Tabla 50: Velocidades de buses para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	14.86	26	6.299
2	8.19	26	11.429
3	7.91	26	11.833
4	11.53	26	8.118
5	9.97	26	9.388
6	7.56	26	12.381
7	13.03	26	7.183
8	8.74	26	10.709
9	7.79	26	12.015

*Tabla 51: Frecuencia acumulada de buses para el ingreso Javier Prado (Este-Oeste).
Fuente: Elaboración propia.*

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	9	1	6.30	8.33	7.31	3	3	0.33	0.33
Min	6.30	2	8.33	10.35	9.34	1	4	0.11	0.44
Máx	12.38	3	10.35	12.38	11.37	5	9	0.56	1.00
Rango	6.08								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	2.03								

Tabla 52: Velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	13	50	13.85	28	8	50	22.50	55	50	50	3.60
2	13	50	13.85	29	8	50	22.50	56	45	50	4.00
3	12	50	15.00	30	9	50	20.00	57	40	50	4.50
4	40	50	4.50	31	10	50	18.00	58	43	50	4.19
5	38	50	4.74	32	9	50	20.00	59	9	50	20.00
6	37	50	4.86	33	14	50	12.86	60	11	50	16.36
7	11	50	16.36	34	14	50	12.86	61	13	50	13.85
8	11	50	16.36	35	8	50	22.50	62	14	50	12.86
9	10	50	18.00	36	16	50	11.25	63	18	50	10.00
10	11	50	16.36	37	14	50	12.86	64	20	50	9.00
11	28	50	6.43	38	20	50	9.00	65	10	50	18.00
12	27	50	6.67	39	16	50	11.25	66	11	50	16.36
13	9	50	20.00	40	14	50	12.86	67	14	50	12.86
14	11	50	16.36	41	15	50	12.00	68	22	50	8.18
15	13	50	13.85	42	24	50	7.50	69	26	50	6.92
16	12	50	15.00	43	22	50	8.18	70	29	50	6.21
17	11	50	16.36	44	24	50	7.50	71	33	50	5.45
18	10	50	18.00	45	25	50	7.20	72	26	50	6.92
19	15	50	12.00	46	22	50	8.18	73	11	50	16.36
20	18	50	10.00	47	14	50	12.86	74	13	50	13.85
21	14	50	12.86	48	11	50	16.36	75	17	50	10.59
22	30	50	6.00	49	9	50	20.00	76	19	50	9.47
23	32	50	5.63	50	7	50	25.71	77	22	50	8.18
24	46	50	3.91	51	18	50	10.00	78	20	50	9.00
25	43	50	4.19	52	17	50	10.59	79	18	50	10.00
26	42	50	4.29	53	22	50	8.18	80	14	50	12.86
27	7	50	25.71	54	13	50	13.85				

Tabla 53: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

Parametros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	80	1	3.60	6.36	4.98	15	15	0.19	0.19
Min	3.60	2	6.36	9.13	7.75	14	29	0.18	0.36
Máx	25.71	3	9.13	11.89	10.51	10	39	0.13	0.49
Rango	22.1	4	11.89	14.66	13.28	16	55	0.20	0.69
K (# de grupos)	8	5	14.66	17.42	16.04	11	66	0.14	0.83
W (Amplitud)	2.76	6	17.42	20.19	18.80	9	75	0.11	0.94
		7	20.19	22.95	21.57	3	78	0.04	0.98
		8	22.95	25.71	24.33	2	80	0.03	1.00

Tabla 54: Velocidades de Corredores para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	22	50	8.2
2	23	50	7.8
3	24	50	7.5
4	21	50	8.6
5	19	50	9.5
6	18	50	10.0
7	15	50	12.0
8	14	50	12.9

Tabla 55: Frecuencia acumulada de velocidades de corredores para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

Parametros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	8	1	7.50	9.29	8.39	3	3	0.38	0.38
Min	7.5	2	9.29	11.07	10.18	3	6	0.38	0.75
Máx	12.9	3	11.07	12.86	11.96	2	8	0.25	1.00
Rango	5.4								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	1.79								

Tabla 56: Velocidades de Camiones para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	16	50	11.3
2	20	50	9.0
3	17	50	10.6
4	14	50	12.9
5	11	50	16.4
6	13	51	14.1

Tabla 57: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso Javier Prado (Oeste-Este). Fuente: Elaboración propia.

Parametros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	6	1	9.00	11.45	10.23	3	3	0.50	0.50
Min	9.0	2	11.45	13.91	12.68	1	4	0.17	0.67
Máx	16.4	3	13.91	16.36	15.14	2	6	0.33	1.00
Rango	7.4								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	2.45								

Tabla 58: Velocidades de automóviles para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	5.82	26	16.08	28	8.44	26	11.09	55	10.49	26	8.92
2	6.51	26	14.38	29	8.22	26	11.39	56	9.64	26	9.71
3	8.58	26	10.91	30	10.87	26	8.61	57	9.97	26	9.39
4	7.49	26	12.50	31	7.74	26	12.09	58	6.97	26	13.43
5	4.69	26	19.96	32	5.95	26	15.73	59	7.91	26	11.83
6	5.52	26	16.96	33	6.9	26	13.57	60	6.15	26	15.22
7	8.06	26	11.61	34	8.01	26	11.69	61	9.41	26	9.95
8	5.4	26	17.33	35	8	26	11.70	62	6.19	26	15.12
9	6.41	26	14.60	36	8.19	26	11.43	63	7.73	26	12.11
10	8.88	26	10.54	37	11.52	26	8.13	64	6.33	26	14.79
11	4.64	26	20.17	38	12.52	26	7.48	65	9.14	26	10.24
12	4.99	26	18.76	39	9.3	26	10.06	66	4.21	26	22.23
13	5.97	26	15.68	40	11.24	26	8.33	67	4.99	26	18.76
14	5.7	26	16.42	41	10.49	26	8.92	68	10.35	26	9.04
15	6.72	26	13.93	42	8.44	26	11.09	69	4.96	26	18.87
16	6.26	26	14.95	43	7.55	26	12.40	70	6.74	26	13.89
17	7.59	26	12.33	44	6.17	26	15.17	71	6.78	26	13.81
18	6.81	26	13.74	45	4.33	26	21.62	72	9.11	26	10.27
19	5.87	26	15.95	46	4.15	26	22.55	73	9.97	26	9.39
20	6.16	26	15.19	47	3.65	26	25.64	74	6.19	26	15.12
21	7.13	26	13.13	48	8.02	26	11.67	75	5.27	26	17.76
22	5.34	26	17.53	49	8.35	26	11.21	76	10.09	26	9.28
23	5.73	26	16.34	50	5.09	26	18.39	77	7.92	26	11.82
24	4.34	26	21.57	51	9.05	26	10.34	78	6.43	26	14.56
25	7.95	26	11.77	52	6.26	26	14.95	79	7.14	26	13.11
26	4.12	26	22.72	53	7.77	26	12.05	80	7.26	26	12.89
27	4.15	26	22.55	54	5.77	26	16.22				

Tabla 59: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	80	1	7.48	10.69	9.09	13	13	0.16	0.16
Min	7.48	2	10.69	13.90	12.30	23	36	0.29	0.45
Máx	25.64	3	13.90	17.11	15.51	20	56	0.25	0.70
Rango	18.16	4	17.11	20.32	18.72	11	67	0.14	0.84
K (# de grupos)	7	5	20.32	23.53	21.93	6	73	0.08	0.91
W (Amplitud)	3.21	6	23.53	26.74	25.14	6	79	0.08	0.99
		7	26.74	29.95	28.35	1	80	0.01	1.00

Tabla 60: Velocidades de buses para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	11.38	26	8.22
2	9.26	26	10.11
3	13.09	26	7.15
4	5.75	26	16.28
5	18.01	26	5.20
6	7.59	26	12.33
7	18.74	26	4.99
8	17.89	26	5.23
9	16.45	26	5.69
10	13.19	26	7.10
11	14.82	26	6.32
12	7.26	26	12.89
13	6.78	26	13.81
14	20.54	26	4.56
15	16.57	26	5.65
16	7.21	26	12.98
17	10.64	26	8.80

Tabla 61: Frecuencia acumulada de velocidades de buses para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	17	1	4.56	7.09	5.82	9	9	0.53	0.53
Min	4.56	2	7.09	9.62	8.35	3	12	0.18	0.71
Máx	16.28	3	9.62	12.15	10.88	3	15	0.18	0.88
Rango	11.72	4	12.15	14.68	13.41	2	17	0.12	1.00
K (# de grupos)	4								
W (Amplitud)	2.53								

Tabla 62: Velocidades de camiones para el ingreso Aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	6.36	26	14.717
2	10.13	26	9.240
3	7.51	26	12.463
4	11.67	26	8.021
5	9.53	26	9.822
6	9.47	26	9.884
7	6.94	26	13.487
8	6.74	26	13.887

Tabla 63: Frecuencia acumulada de velocidades de camiones para el ingreso aviación (Sur-Norte). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	8	1	8.02	10.25	9.14	4	4	0.5	0.5
Min	8.02	2	10.25	12.48	11.37	1	5	0.125	0.625
Máx	14.72	3	12.48	14.72	13.60	3	8	0.375	1
Rango	6.70								
K (# de grupos)	3								
W (Amplitud)	2.23								

Tabla 64: Velocidades de automóviles para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	8	40	18.0	28	12	40	12.0	55	8	40	18.0
2	10	40	14.4	29	13	40	11.1	56	8	40	18.0
3	11	40	13.1	30	11	40	13.1	57	10	40	14.4
4	8	40	18.0	31	10	40	14.4	58	11	40	13.1
5	7	40	20.6	32	9	40	16.0	59	9	40	16.0
6	6	40	24.0	33	11	40	13.1	60	7	40	20.6
7	14	40	10.3	34	9	40	16.0	61	8	40	18.0
8	11	40	13.1	35	12	40	12.0	62	9	40	16.0
9	12	40	12.0	36	11	40	13.1	63	10	40	14.4
10	9	40	16.0	37	8	40	18.0	64	10	40	14.4
11	11	40	13.1	38	10	40	14.4	65	11	40	13.1
12	7	40	20.6	39	11	40	13.1	66	12	40	12.0
13	10	40	14.4	40	10	40	14.4	67	9	40	16.0
14	10	40	14.4	41	13	40	11.1	68	8	40	18.0
15	14	40	10.3	42	8	40	18.0	69	10	40	14.4
16	13	40	11.1	43	9	40	16.0	70	11	40	13.1
17	11	40	13.1	44	10	40	14.4	71	11	40	13.1
18	9	40	16.0	45	8	40	18.0	72	10	40	14.4
19	10	40	14.4	46	7	40	20.6	73	9	40	16.0
20	11	40	13.1	47	9	40	16.0	74	8	40	18.0
21	11	40	13.1	48	8	40	18.0	75	7	40	20.6
22	7	40	20.6	49	10	40	14.4	76	8	40	18.0
23	8	40	18.0	50	9	40	16.0	77	8	40	18.0
24	10	40	14.4	51	9	40	16.0	78	9	40	16.0
25	9	40	16.0	52	8	40	18.0	79	8	40	18.0
26	8	40	18.0	53	9	40	16.0	80	7	40	20.6
27	12	40	12.0	54	10	40	14.4				

Tabla 65: Frecuencia acumulada de velocidades de automóviles para el ingreso subida Aviación (Norte-Sur). Fuente: Elaboración propia.

Parametros		Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	80	1	10.29	12.57	11.43	10	10	0.125	0.125
Min	10.3	2	12.57	14.86	13.71	30	40	0.375	0.5
Máx	24.0	3	14.86	17.14	16.00	18	58	0.225	0.725
Rango	13.7	4	17.14	19.43	18.29	14	72	0.175	0.9
K (# de grupos)	6	5	19.43	21.71	20.57	7	79	0.0875	0.9875
W (Amplitud)	2.29	6	21.71	24.00	22.86	1	80	0.0125	1

ANEXO 7: DESARROLLO DEL FLUJO PEATONAL

Tabla 66: Aforo de peatones para punto de origen 1. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 1					
	A		B		C	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	81	6	105	4	116	7
5:10-5:20	91	4	113	5	107	9
5:20-5:30	84	7	108	6	121	4
5:30-5:40	75	2	97	8	117	5
5:40-5:50	89	4	107	5	123	4
5:50-6:00	86	6	104	6	114	8
Subtotal	506	29	634	34	698	37
Total	535		668		735	

Tabla 67: Aforo de peatones para punto de origen 2. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 2					
	A		B		C	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	41	2	57	1	31	1
5:10-5:20	47	1	62	2	23	2
5:20-5:30	43	3	55	1	22	0
5:30-5:40	40	2	63	3	27	2
5:40-5:50	51	1	51	4	21	1
5:50-6:00	42	2	56	5	25	4
Subtotal	264	11	344	16	149	10
Total	275		360		159	

Tabla 68: Aforo de peatones para punto de origen 3. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 3					
	A		B		C	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	124	6	41	1	47	3
5:10-5:20	119	4	39	2	43	1
5:20-5:30	127	9	43	3	45	3
5:30-5:40	121	5	35	1	37	1
5:40-5:50	137	8	41	2	52	2
5:50-6:00	141	7	45	4	42	4
Subtotal	769	39	244	13	266	14
Total	808		257		280	

Tabla 69: Aforo de peatones para punto de origen 4. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 4			
	A		B	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	65	5	9	0
5:10-5:20	59	1	11	1
5:20-5:30	63	7	7	2
5:30-5:40	71	2	13	0
5:40-5:50	62	3	15	1
5:50-6:00	72	3	9	0
Subtotal	392	21	64	4
Total	413		68	

Tabla 70: Aforo de peatones para punto de origen 5. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 5					
	A		B		C	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	23	0	83	4	190	6
5:10-5:20	20	1	80	3	192	5
5:20-5:30	24	0	88	2	201	4
5:30-5:40	18	1	85	4	187	6
5:40-5:50	22	0	83	1	177	7
5:50-6:00	26	1	79	3	185	6
Subtotal	133	3	498	17	1132	34
Total	136		515		1166	

Tabla 71: Aforo de peatones para punto de origen 6. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 6					
	A		B		C	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	39	2	18	1	15	1
5:10-5:20	40	1	19	1	16	1
5:20-5:30	44	2	22	0	14	2
5:30-5:40	36	3	17	1	13	0
5:40-5:50	35	4	15	2	18	1
5:50-6:00	38	1	20	0	15	1
Subtotal	232	13	111	5	91	6
Total	245		116		97	

Tabla 72: Aforo de peatones para punto de origen 7. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 7			
	A		B	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	55	4	82	3
5:10-5:20	51	3	80	2
5:20-5:30	56	4	88	3
5:30-5:40	54	3	79	1
5:40-5:50	58	4	77	4
5:50-6:00	54	2	82	2
Subtotal	328	20	488	15
Total	348		503	

Tabla 73: Aforo de peatones para punto de origen 8. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 8			
	A		B	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	48	2	55	4
5:10-5:20	45	1	59	4
5:20-5:30	51	2	54	3
5:30-5:40	49	1	51	3
5:40-5:50	45	2	56	4
5:50-6:00	49	0	55	3
Subtotal	287	8	330	21
Total	295		351	

Tabla 74: Aforo de peatones para punto de origen 9. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 9			
	A		B	
Periodo /Tipo	Promedio	Particular	Promedio	Particular
5:00-5:10	41	5	29	4
5:10-5:20	42	4	30	3
5:20-5:30	39	6	33	4
5:30-5:40	38	5	27	2
5:40-5:50	37	5	26	5
5:50-6:00	44	4	29	3
Subtotal	241	29	174	21
Total	270		195	

ANEXO 8: DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES DE PEATONES

Tabla 75: Velocidades de peatones para el punto de origen 1. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 1							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	3.59	10	10.03	11	9.17	10	3.93
2	8.97	10	4.01	12	5.77	10	6.24
3	8.95	10	4.02	13	10.55	10	3.41
4	9.52	10	3.78	14	6.39	10	5.63
5	9.47	10	3.80	15	6.34	10	5.68
6	4.57	10	7.88	16	5.81	10	6.20
7	8.38	10	4.30	17	10.19	10	3.53
8	8.17	10	4.41	18	9.65	10	3.73
9	9.12	10	3.95	19	9.19	10	3.92
10	9.08	10	3.96	20	8.13	10	4.43
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	9.509	13	4.92	11	10.027	13	4.67
2	11.03	13	4.24	12	10.265	13	4.56
3	10.775	13	4.34	13	8.514	13	5.50
4	8.769	13	5.34	14	8.718	13	5.37
5	11.829	13	3.96	15	8.327	13	5.62
6	7.749	13	6.04	16	9.517	13	4.92
7	8.293	13	5.64	17	14.09	13	3.32
8	9.925	13	4.72	18	10.299	13	4.54
9	8.29	13	5.65	19	7.689	13	6.09
10	7.55	13	6.20	20	8.701	13	5.38
C							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	24.17	33	4.92	11	20.17	26	4.64
2	23.95	33	4.96	12	21.95	26	4.26
3	24.94	33	4.76	13	22.44	26	4.17
4	23.26	33	5.11	14	21.26	26	4.40
5	25.37	33	4.68	15	23.37	26	4.01
6	26.06	33	4.56	16	24.06	26	3.89
7	24.91	33	4.77	17	22.91	26	4.09
8	24.63	33	4.82	18	25.63	26	3.65
9	26.97	33	4.40	19	24.97	26	3.75
10	23.57	33	5.04	20	21.57	26	4.34

Tabla 76: Velocidades de los peatones para el punto de origen 2. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 2							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	24.17	33	4.92	11	25.67	33	4.63
2	23.95	33	4.96	12	28.35	33	4.19
3	24.44	33	4.86	13	26.05	33	4.56
4	23.26	33	5.11	14	24.76	33	4.80
5	25.37	33	4.68	15	27.37	33	4.34
6	26.06	33	4.56	16	26.06	33	4.56
7	24.91	33	4.77	17	24.91	33	4.77
8	24.63	33	4.82	18	25.63	33	4.64
9	26.97	33	4.40	19	24.97	33	4.76
10	23.57	33	5.04	20	23.57	33	5.04
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	9.509	13	4.92	11	10.027	13	4.67
2	11.03	13	4.24	12	10.265	13	4.56
3	10.775	13	4.34	13	8.514	13	5.50
4	8.769	13	5.34	14	8.718	13	5.37
5	11.829	13	3.96	15	8.327	13	5.62
6	7.949	13	5.89	16	9.517	13	4.92
7	8.293	13	5.64	17	14.09	13	3.32
8	9.925	13	4.72	18	10.299	13	4.54
9	8.29	13	5.65	19	7.689	13	6.09
10	7.55	13	6.20	20	8.701	13	5.38
C							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	11.509	15	4.69	11	12.47	15	4.33
2	13.03	15	4.14	12	12.265	15	4.40
3	12.775	15	4.23	13	10.514	15	5.14
4	10.769	15	5.01	14	10.718	15	5.04
5	13.529	15	3.99	15	10.327	15	5.23
6	9.749	15	5.54	16	11.517	15	4.69
7	10.893	15	4.96	17	15.07	15	3.58
8	11.295	15	4.78	18	12.299	15	4.39
9	10.99	15	4.91	19	9.698	15	5.57
10	9.95	15	5.43	20	14.52	15	3.72

Tabla 77: Velocidades de los peatones para el punto de origen 3. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 3							
A							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	8.95	15	6.03	11	12.02	15	4.49
2	11.77	15	4.59	12	11.02	15	4.90
3	12.03	15	4.49	13	11.59	15	4.66
4	12.35	15	4.37	14	10.68	15	5.06
5	9.94	15	5.43	15	12.75	15	4.24
6	11.29	15	4.78	16	11.23	15	4.81
7	11.96	15	4.52	17	9.13	15	5.91
8	13.12	15	4.12	18	10.97	15	4.92
9	11.37	15	4.75	19	13.01	15	4.15
10	10.45	15	5.17	20	11.52	15	4.69
B							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	15.45	19	4.43	11	14.29	19	4.79
2	17.98	19	3.80	12	14.03	19	4.88
3	15.97	19	4.28	13	17.75	19	3.85
4	17.09	19	4.00	14	16.21	19	4.22
5	16.89	19	4.05	15	17.21	19	3.97
6	16.01	19	4.27	16	15.99	19	4.28
7	15.32	19	4.46	17	16.89	19	4.05
8	17.23	19	3.97	18	15.67	19	4.37
9	16.45	19	4.16	19	14.78	19	4.63
10	14.97	19	4.57	20	14.53	19	4.71
C							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	11.01	12.5	4.09	11	12.92	12.5	3.48
2	8.91	12.5	5.05	12	9.23	12.5	4.88
3	10.71	12.5	4.20	13	12.17	12.5	3.70
4	9.86	12.5	4.56	14	11.76	12.5	3.83
5	10.85	12.5	4.15	15	12.53	12.5	3.59
6	12.07	12.5	3.73	16	10.45	12.5	4.31
7	8.27	12.5	5.44	17	11.56	12.5	3.89
8	7.97	12.5	5.65	18	10.99	12.5	4.09
9	11.51	12.5	3.91	19	11.79	12.5	3.82
10	12.03	12.5	3.74	20	12.83	12.5	3.51

Tabla 78: Velocidades de los peatones para el punto de origen 4. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 4							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	4.81	6.8	5.09	11	6.12	6.8	4.00
2	4.62	6.8	5.30	12	6.78	6.8	3.61
3	4.97	6.8	4.93	13	5.99	6.8	4.09
4	5.69	6.8	4.30	14	6.23	6.8	3.93
5	7.51	6.8	3.26	15	4.27	6.8	5.73
6	6.02	6.8	4.07	16	4.77	6.8	5.13
7	4.65	6.8	5.26	17	6.84	6.8	3.58
8	5.23	6.8	4.68	18	7.13	6.8	3.43
9	5.98	6.8	4.09	19	5.03	6.8	4.87
10	6.53	6.8	3.75	20	5.32	6.8	4.60
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	5.99	8.5	5.11	11	5.89	8.5	5.20
2	6.41	8.5	4.77	12	6.12	8.5	5.00
3	6.33	8.5	4.83	13	6.09	8.5	5.02
4	6.57	8.5	4.66	14	6.27	8.5	4.88
5	5.81	8.5	5.27	15	5.51	8.5	5.55
6	7.01	8.5	4.37	16	6.63	8.5	4.62
7	5.9	8.5	5.19	17	6.89	8.5	4.44
8	5.23	8.5	5.85	18	6.47	8.5	4.73
9	6.79	8.5	4.51	19	6.99	8.5	4.38
10	5.86	8.5	5.22	20	5.67	8.5	5.40

Tabla 79: Velocidades de los peatones para el punto de origen 5. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 5							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	41.2	60	5.24	11	39.5	60	5.47
2	40.6	60	5.32	12	46.5	60	4.65
3	39.5	60	5.47	13	35.5	60	6.08
4	38.4	60	5.63	14	34.5	60	6.26
5	44.2	60	4.89	15	36.8	60	5.87
6	45.1	60	4.79	16	37.5	60	5.76
7	43.9	60	4.92	17	40.8	60	5.29
8	40.2	60	5.37	18	41.2	60	5.24
9	39.9	60	5.41	19	44.2	60	4.89
10	28.3	60	7.63	20	46.2	60	4.68
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	44.2	75	6.11	11	46.6	75	5.79
2	42.3	75	6.38	12	47.8	75	5.65
3	41.3	75	6.54	13	49.8	75	5.42
4	40.2	75	6.72	14	44.1	75	6.12
5	46.5	75	5.81	15	43.2	75	6.25
6	44.9	75	6.01	16	41.2	75	6.55
7	47.1	75	5.73	17	41.2	75	6.55
8	44.8	75	6.03	18	42.7	75	6.32
9	40.8	75	6.62	19	47	75	5.74
10	45.3	75	5.96	20	43.4	75	6.22
C							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	40.2	60	5.37	11	41.6	60	5.19
2	39.9	60	5.41	12	42.7	60	5.06
3	42.2	60	5.12	13	40.1	60	5.39
4	44.2	60	4.89	14	40.9	60	5.28
5	41.3	60	5.23	15	43.6	60	4.95
6	40.8	60	5.29	16	44.1	60	4.90
7	39.9	60	5.41	17	39.6	60	5.45
8	45	60	4.80	18	40.1	60	5.39
9	43.4	60	4.98	19	39.9	60	5.41
10	45.02	60	4.80	20	42.7	60	5.06

Tabla 80: Velocidades de los peatones para el punto de origen 6. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 6							
A							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	40.2	65	5.82	11	41.8	65	5.60
2	39.6	65	5.91	12	42.2	65	5.55
3	41.2	65	5.68	13	40.3	65	5.81
4	42.1	65	5.56	14	42.7	65	5.48
5	40.8	65	5.74	15	39.6	65	5.91
6	39.5	65	5.92	16	40.8	65	5.74
7	38.9	65	6.02	17	41.6	65	5.63
8	40.7	65	5.75	18	41.1	65	5.69
9	40.1	65	5.84	19	40.9	65	5.72
10	39.8	65	5.88	20	40.7	65	5.75
B							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	22.2	27	4.38	11	23.7	27	4.10
2	23.2	27	4.19	12	24.8	27	3.92
3	23.5	27	4.14	13	21.2	27	4.58
4	22.5	27	4.32	14	22.9	27	4.24
5	20.1	27	4.84	15	23.7	27	4.10
6	24.3	27	4.00	16	24.8	27	3.92
7	24.9	27	3.90	17	23.3	27	4.17
8	23.1	27	4.21	18	24.6	27	3.95
9	22.9	27	4.24	19	23.9	27	4.07
10	23.12	27	4.20	20	22.8	27	4.26
C							
N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	16	20	4.50	11	17.8	20	4.04
2	15.3	20	4.71	12	17.7	20	4.07
3	16.6	20	4.34	13	16.9	20	4.26
4	14.2	20	5.07	14	16.8	20	4.29
5	17.3	20	4.16	15	16.1	20	4.47
6	17.8	20	4.04	16	18.1	20	3.98
7	16.8	20	4.29	17	17.2	20	4.19
8	16.1	20	4.47	18	16.4	20	4.39
9	15.8	20	4.56	19	17.3	20	4.16
10	16.7	20	4.31	20	17.8	20	4.04

Tabla 81: Velocidades de los peatones para el punto de origen 7. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 7							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	19.5	21	3.88	11	16.7	21	4.53
2	18.4	21	4.11	12	19.1	21	3.96
3	17.2	21	4.40	13	18.5	21	4.09
4	18.3	21	4.13	14	17.9	21	4.22
5	19.2	21	3.94	15	20.5	21	3.69
6	17.2	21	4.40	16	21	21	3.60
7	18.2	21	4.15	17	19.4	21	3.90
8	17.7	21	4.27	18	18.3	21	4.13
9	16.8	21	4.50	19	17.8	21	4.25
10	19.4	21	3.90	20	17.9	21	4.22
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	6.5	9	4.98	11	6.9	9	4.70
2	6.8	9	4.76	12	7	9	4.63
3	6.6	9	4.91	13	6.3	9	5.14
4	6.3	9	5.14	14	5.9	9	5.49
5	6.7	9	4.84	15	7.3	9	4.44
6	7.2	9	4.50	16	6	9	5.40
7	5.9	9	5.49	17	7.1	9	4.56
8	6.1	9	5.31	18	6.9	9	4.70
9	6.6	9	4.91	19	6.1	9	5.31
10	6.7	9	4.84	20	7.3	9	4.44

Tabla 82: Velocidades de los peatones para el punto de origen 8. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 8							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	8.2	10.5	4.61	11	8.5	9.5	4.02
2	8	10.5	4.73	12	8.1	9.5	4.22
3	7.9	10.5	4.78	13	7.9	9.5	4.33
4	8.2	10.5	4.61	14	8	9.5	4.28
5	8.1	10.5	4.67	15	7.8	9.5	4.38
6	8	10.5	4.73	16	8.7	9.5	3.93
7	7.4	10.5	5.11	17	8.3	9.5	4.12
8	7.6	10.5	4.97	18	8.4	9.5	4.07
9	8.6	10.5	4.40	19	7.8	9.5	4.38
10	8.4	10.5	4.50	20	8.9	9.5	3.84
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	6	9.5	5.70	11	5.5	9.5	6.22
2	5.9	9.5	5.80	12	6.8	9.5	5.03
3	5.5	9.5	6.22	13	6.1	9.5	5.61
4	6.7	9.5	5.10	14	6.2	9.5	5.52
5	5.9	9.5	5.80	15	5.8	9.5	5.90
6	5.4	9.5	6.33	16	6	9.5	5.70
7	6.1	9.5	5.61	17	5.8	9.5	5.90
8	6.3	9.5	5.43	18	5.7	9.5	6.00
9	5.7	9.5	6.00	19	6.4	9.5	5.34
10	6	9.5	5.70	20	6.1	9.5	5.61

Tabla 83: Velocidades de los peatones para el punto de origen 9. Fuente: Elaboración propia.

ORIGEN 9							
A							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	7.5	10.5	5.04	11	6.5	10.5	5.82
2	7.1	10.5	5.32	12	7.9	10.5	4.78
3	7	10.5	5.40	13	7	10.5	5.40
4	7.3	10.5	5.18	14	7.3	10.5	5.18
5	7.8	10.5	4.85	15	7.6	10.5	4.97
6	7.9	10.5	4.78	16	7.7	10.5	4.91
7	7.1	10.5	5.32	17	6.9	10.5	5.48
8	7	10.5	5.40	18	7.5	10.5	5.04
9	6.9	10.5	5.48	19	7.8	10.5	4.85
10	8.5	10.5	4.45	20	8	10.5	4.73
B							
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	5.5	9.5	6.22	11	5.6	9.5	6.11
2	5.6	9.5	6.11	12	5.4	9.5	6.33
3	6	9.5	5.70	13	5.2	9.5	6.58
4	5.9	9.5	5.80	14	5.9	9.5	5.80
5	5.7	9.5	6.00	15	6	9.5	5.70
6	5.8	9.5	5.90	16	5.5	9.5	6.22
7	6	9.5	5.70	17	5.9	9.5	5.80
8	5.1	9.5	6.71	18	6	9.5	5.70
9	5.3	9.5	6.45	19	6.3	9.5	5.43
10	6	9.5	5.70	20	6.8	9.5	5.03

Tabla 84: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 1. Fuente: Elaboración propia.

Origen 1										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.41	5.07	4.24	14	14	0.70	0.70
Rango	6.62	3.41	2	5.07	6.72	5.89	4	18	0.20	0.90
K (# de grupos)	4	Máx	3	6.72	8.37	7.55	1	19	0.05	0.95
W (Amplitud)	1.65	10.03	4	8.37	10.03	9.20	1	20	0.05	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.32	4.04	3.68	2	2	0.10	0.10
Rango	2.88	3.32	2	4.04	4.76	4.40	6	8	0.30	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.76	5.48	5.12	5	13	0.25	0.65
W (Amplitud)	0.72	6.20	4	5.48	6.20	5.84	7	20	0.35	1.00
C										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.65	4.02	3.83	4	4	0.20	0.20
Rango	1.46	3.65	2	4.02	4.38	4.20	4	8	0.20	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.38	4.74	4.56	4	12	0.20	0.60
W (Amplitud)	0.36	5.11	4	4.74	5.11	4.93	8	20	0.40	1.00

Tabla 85: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 2. Fuente: Elaboración propia.

Origen 2										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.19	4.42	4.31	3	3	0.15	0.15
Rango	0.92	4.19	2	4.42	4.65	4.53	5	8	0.25	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.65	4.88	4.76	7	15	0.35	0.75
W (Amplitud)	0.23	5.11	4	4.88	5.11	4.99	5	20	0.25	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.32	4.04	3.68	2	2	0.10	0.10
Rango	2.88	3.32	2	4.04	4.76	4.40	6	8	0.30	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.76	5.48	5.12	5	13	0.25	0.65
W (Amplitud)	0.72	6.20	4	5.48	6.20	5.84	7	20	0.35	1.00
C										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.58	4.08	3.83	3	3	0.15	0.15
Rango	1.98	3.58	2	4.08	4.58	4.33	5	8	0.25	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.58	5.07	4.82	7	15	0.35	0.75
W (Amplitud)	0.50	5.57	4	5.07	5.57	5.32	5	20	0.25	1.00

Tabla 86: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 3. Fuente: Elaboración propia.

Origen 3										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.12	4.60	4.36	8	8	0.40	0.40
Rango	1.92	4.12	2	4.60	5.07	4.83	8	16	0.40	0.80
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.07	5.55	5.31	2	18	0.10	0.90
W (Amplitud)	0.48	6.03	4	5.55	6.03	5.79	2	20	0.10	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.80	4.07	3.94	7	7	0.35	0.35
Rango	1.07	3.80	2	4.07	4.34	4.21	5	12	0.25	0.60
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.34	4.61	4.47	4	16	0.20	0.80
W (Amplitud)	0.27	4.88	4	4.61	4.88	4.74	4	20	0.20	1.00
C										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.48	4.02	3.75	10	10	0.50	0.50
Rango	2.16	3.48	2	4.02	4.56	4.29	6	16	0.30	0.80
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.56	5.11	4.83	2	18	0.10	0.90
W (Amplitud)	0.54	5.65	4	5.11	5.65	5.38	2	20	0.10	1.00

Tabla 87: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 4. Fuente: Elaboración propia.

Origen 4										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.26	3.88	3.57	5	5	0.25	0.25
Rango	2.47	3.26	2	3.88	4.50	4.19	6	11	0.30	0.55
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.50	5.11	4.81	5	16	0.25	0.80
W (Amplitud)	0.62	5.73	4	5.11	5.73	5.42	4	20	0.20	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.37	4.74	4.55	7	7	0.35	0.35
Rango	1.49	4.37	2	4.74	5.11	4.92	6	13	0.30	0.65
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.11	5.48	5.29	5	18	0.25	0.90
W (Amplitud)	0.37	5.85	4	5.48	5.85	5.67	2	20	0.10	1.00

Tabla 88: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 5. Fuente: Elaboración propia.

Origen 5										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.65	5.39	5.02	11	11	0.55	0.55
Rango	2.99	4.65	2	5.39	6.14	5.77	7	18	0.35	0.90
K (# de grupos)	4	Máx	3	6.14	6.89	6.51	1	19	0.05	0.95
W (Amplitud)	0.75	7.63	4	6.89	7.63	7.26	1	20	0.05	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	5.42	5.75	5.58	4	4	0.20	0.20
Rango	1.29	5.42	2	5.75	6.07	5.91	5	9	0.25	0.45
K (# de grupos)	4	Máx	3	6.07	6.39	6.23	5	14	0.25	0.70
W (Amplitud)	0.324	6.72	4	6.39	6.72	6.55	6	20	0.30	1.00
C										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.80	4.96	4.88	5	5	0.25	0.25
Rango	0.66	4.80	2	4.96	5.13	5.04	4	9	0.20	0.45
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.13	5.29	5.21	4	13	0.20	0.65
W (Amplitud)	0.164	5.45	4	5.29	5.45	5.37	7	20	0.35	1.00

Tabla 89: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 6. Fuente: Elaboración propia.

Origen 6										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	5.48	5.61	5.55	4	4	0.20	0.20
Rango	0.54	5.48	2	5.61	5.75	5.68	6	10	0.30	0.50
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.75	5.88	5.81	4	14	0.20	0.70
W (Amplitud)	0.13	6.02	4	5.88	6.02	5.95	6	20	0.30	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.90	4.14	4.02	9	9	0.45	0.45
Rango	0.93	3.90	2	4.14	4.37	4.25	8	17	0.40	0.85
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.37	4.60	4.49	2	19	0.10	0.95
W (Amplitud)	0.23	4.84	4	4.60	4.84	4.72	1	20	0.05	1.00
C										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.98	4.25	4.11	8	8	0.40	0.40
Rango	1.09	3.98	2	4.25	4.52	4.39	9	17	0.45	0.85
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.52	4.80	4.66	2	19	0.10	0.95
W (Amplitud)	0.27	5.07	4	4.80	5.07	4.93	1	20	0.05	1.00

Tabla 90: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 7. Fuente: Elaboración propia.

Origen 7										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.60	3.83	3.72	2	2	0.10	0.10
Rango	0.93	3.60	2	3.83	4.06	3.95	5	7	0.25	0.35
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.06	4.30	4.18	9	16	0.45	0.80
W (Amplitud)	0.23	4.53	4	4.30	4.53	4.41	4	20	0.20	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.44	4.70	4.57	7	7	0.35	0.35
Rango	1.05	4.44	2	4.70	4.96	4.83	5	12	0.25	0.60
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.96	5.23	5.10	3	15	0.15	0.75
W (Amplitud)	0.26	5.49	4	5.23	5.49	5.36	5	20	0.25	1.00

Tabla 91: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 8. Fuente: Elaboración propia.

Origen 8										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	3.84	4.16	4.00	5	5	0.25	0.25
Rango	1.27	3.84	2	4.16	4.48	4.32	6	11	0.30	0.55
K (# de grupos)	4	Máx	3	4.48	4.79	4.63	7	18	0.35	0.90
W (Amplitud)	0.32	5.11	4	4.79	5.11	4.95	2	20	0.10	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	5.03	5.36	5.19	3	3	0.15	0.15
Rango	1.30	5.03	2	5.36	5.68	5.52	5	8	0.25	0.40
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.68	6.01	5.84	9	17	0.45	0.85
W (Amplitud)	0.33	6.33	4	6.01	6.33	6.17	3	20	0.15	1.00

Tabla 92: Frecuencia acumulada de velocidades de peatones para el origen 9. Fuente: Elaboración propia.

Origen 9										
A										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	4.45	4.79	4.62	4	4	0.20	0.20
Rango	1.37	4.45	2	4.79	5.13	4.96	6	10	0.30	0.50
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.13	5.47	5.30	7	17	0.35	0.85
W (Amplitud)	0.34	5.82	4	5.47	5.82	5.64	3	20	0.15	1.00
B										
Parámetros			Grupo	Lím. Inf	Lím. Sup	MC	fi	Fi	hi	Hi
n	20	Min	1	5.03	5.45	5.24	2	2	0.10	0.10
Rango	1.68	5.03	2	5.45	5.87	5.66	8	10	0.40	0.50
K (# de grupos)	4	Máx	3	5.87	6.29	6.08	6	16	0.30	0.80
W (Amplitud)	0.42	6.71	4	6.29	6.71	6.50	4	20	0.20	1.00

ANEXO 9: TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR EN CAMPO Y VISSIM PARA LA CALIBRACIÓN

Tabla 93: Tiempos de viaje vehicular en campo para la calibración. Fuente: Elaboración propia

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	44.2	85	6.9
2	41.7	85	7.3
3	46.2	85	6.6
4	42.5	85	7.2
5	47.5	85	6.4
6	41.8	85	7.3
7	48.2	85	6.3
8	46.9	85	6.5
9	45.7	85	6.7
10	48.3	85	6.3
11	44.2	85	6.9
12	41.4	85	7.4
13	40.5	85	7.6
14	46.2	85	6.6
15	47.5	85	6.4
16	45.9	85	6.7
17	41.5	85	7.4
18	44.2	85	6.9
19	43.8	85	7.0
20	43.1	85	7.1
21	41.2	85	7.4
22	40.5	85	7.6
23	42.8	85	7.1
24	41.3	85	7.4
25	45.7	85	6.7
26	46.1	85	6.6
27	43.9	85	7.0
28	41.8	85	7.3
29	46.6	85	6.6
30	45.4	85	6.7
31	42.5	85	7.2
32	43.1	85	7.1
33	41.9	85	7.3
34	40.5	85	7.6
35	46.7	85	6.6
36	48.1	85	6.4
37	44.8	85	6.8
38	44.1	85	6.9
39	40.8	85	7.5
40	42.7	85	7.2
41	44.1	85	6.9
42	46.1	85	6.6
43	44.5	85	6.9
44	44.9	85	6.8
45	44.7	85	6.8
46	44.7	85	6.8
47	45.2	85	6.8
48	44.1	85	6.9
49	43.9	85	7.0
50	46.7	85	6.6
Tiempo promedio (segundos)			44.214
Desviación estándar			2.226

Tabla 94: Tiempos de viaje vehicular en el Software Vissim para la calibración. Fuente: Elaboración propia

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Total de vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
1	600-4200	867	41.421223	85
2	600-4200	857	45.81735	85
3	600-4200	850	41.662707	85
4	600-4200	902	44.24478	85
5	600-4200	886	47.045775	85
6	600-4200	897	43.620689	85
7	600-4200	954	40.878187	85
8	600-4200	892	43.57755	85
9	600-4200	858	46.644916	85
10	600-4200	929	45.307211	85
11	600-4200	903	40.518135	85
12	600-4200	922	45.843342	85
13	600-4200	917	42.35645	85
14	600-4200	931	41.658589	85
15	600-4200	851	44.375702	85
16	600-4200	888	46.583716	85
17	600-4200	881	42.60466	85
18	600-4200	963	43.923974	85
19	600-4200	892	45.534718	85
20	600-4200	966	42.250308	85
21	600-4200	921	43.061882	85
22	600-4200	907	46.082777	85
23	600-4200	911	44.912707	85
24	600-4200	881	45.146081	85
25	600-4200	902	47.022017	85
Average	600-4200	901	44.083818	85
Standard deviation	600-4200	32	2.018017	0
Minimum	600-4200	850	40.518135	85
Maximum	600-4200	966	47.045775	85

ANEXO 10: VELOCIDAD DE VIAJE PEATONAL EN CAMPO Y VISSIM PARA LA CALIBRACIÓN

Tabla 95: Velocidad de viaje peatonal en campo para la calibración. Fuente: Elaboración propia

TRAMO ÚNICO			
Sentido 1 (N-S) - (S-N)			
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	25.41	30	4.25
2	25.01	30	4.32
3	25.37	30	4.26
4	25.69	30	4.20
5	25.81	30	4.18
6	24.58	30	4.39
7	24.81	30	4.35
8	25.34	30	4.26
9	25.02	30	4.32
10	25.09	30	4.30
11	25.41	30	4.25
12	25.61	30	4.22
13	25.23	30	4.28
14	25.74	30	4.20
15	23.81	30	4.54
16	25.08	30	4.31
17	25.61	30	4.22
18	25.55	30	4.23
19	25.38	30	4.26
20	25.46	30	4.24
21	25.51	30	4.23
22	25.42	30	4.25
23	25.17	30	4.29
24	25.11	30	4.30
25	25.21	30	4.28
26	24.91	30	4.34
27	24.82	30	4.35
28	26.02	30	4.15
29	25.94	30	4.16
30	25.73	30	4.20
31	25.81	30	4.18
32	24.93	30	4.33
33	24.58	30	4.39
34	24.38	30	4.43
35	25.11	30	4.30
36	26.41	30	4.09
37	24.55	30	4.40
38	24.89	30	4.34
39	24.93	30	4.33
40	25.19	30	4.29
41	25.3	30	4.27
42	25.27	30	4.27
43	24.91	30	4.34
44	25.74	30	4.20
45	26.71	30	4.04
46	25.48	30	4.24
47	26.77	30	4.03
48	25.81	30	4.18
49	25.03	30	4.31
50	26.11	30	4.14
DEstan	0.093	VP (km/h)	4.265

Tabla 96: Velocidad de viaje peatonal en el software Vissim para la calibración. Fuente: Elaboración propia

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Tiempo promedio	Velocidad Promedio
1	600-4200	23.138889	4.268969
2	600-4200	21.986306	4.300348
3	600-4200	22.941333	4.280638
4	600-4200	22.764472	4.266426
5	600-4200	22.317583	4.276531
6	600-4200	22.770167	4.295175
7	600-4200	23.4405	4.234751
8	600-4200	23.413583	4.26398
9	600-4200	22.642361	4.288593
10	600-4200	22.416389	4.27156
11	600-4200	23.184556	4.276379
12	600-4200	22.493194	4.275725
13	600-4200	22.547528	4.274292
14	600-4200	22.948944	4.274363
15	600-4200	22.56125	4.262301
16	600-4200	22.557444	4.276972
17	600-4200	22.932944	4.274561
18	600-4200	22.888167	4.263721
19	600-4200	22.344	4.266448
20	600-4200	22.578528	4.336118
21	600-4200	23.189528	4.272809
22	600-4200	22.680444	4.292162
23	600-4200	23.045028	4.264181
24	600-4200	23.559278	4.256106
25	600-4200	23.003583	4.307092
Average	600-4200	22.81384	4.276808
Standard deviation	600-4200	0.384922	0.019319
Minimum	600-4200	21.986306	4.234751
Maximum	600-4200	23.559278	4.336118

ANEXO 11: AFORO VEHICULAR PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO

*Tabla 97: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia calle pequeña San Borja.
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	4				13				25			
5:10-5:20	8				15				31			
5:20-5:30	8				12				25			
5:30-5:40	7				17				22			
5:40-5:50	11				15				26			
5:50-6:00	8				15				25			
Subtotal	46	0	0	0	87	0	0	0	154	0	0	0

Tabla 98 : Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviacion (Sur) Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	0				6				25			
5:10-5:20	0				6				26			
5:20-5:30	1				9				22			
5:30-5:40	1				11				28			
5:40-5:50	0				8				25			
5:50-6:00	1				11				30			
Subtotal	3	0	0	0	51	0	0	0	156	0	0	0

*Tabla 99 : Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Javier Prado (Este).
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	22	4	4	1	29	5	0		16			
5:10-5:20	21	5	3	0	30	4	0		20			
5:20-5:30	23	3	4	0	35	3	1		19			
5:30-5:40	25	4	3	1	33	5	1		24			
5:40-5:50	24	4	4	0	32	2	0		27			
5:50-6:00	26	4	3	1	33	5	1		19			
Subtotal	141	24	21	3	192	24	3	0	125	0	0	0

*Tabla 100: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Oeste) hacia Av. Aviacion (Norte).
Fuente: Elaboración propia.*

Sentido	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	25		2		6							
5:10-5:20	26		2		5							
5:20-5:30	30		2		9							
5:30-5:40	33		1		5							
5:40-5:50	24		0		5							
5:50-6:00	29		2		3							
Subtotal	167		9	0	33	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 101: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	1				18				1			
5:10-5:20	1				22				3			
5:20-5:30	3				19				1			
5:30-5:40	1				16				3			
5:40-5:50	3				25				1			
5:50-6:00	2				20				3			
Subtotal	11	0	0	0	120		0	0	12	0	0	0

Tabla 102: Aforo vehicular de Av. Aviación (Sur) hacia Vía Expresa. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	0				4				19			
5:10-5:20	1				4				20			
5:20-5:30	1				5				19			
5:30-5:40	0				4				21			
5:40-5:50	1				3				19			
5:50-6:00	0				5				16			
Subtotal	3	0	0	0	25	0	0	0	114	0	0	0

Tabla 103: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	15				4				0			
5:10-5:20	20				3				0			
5:20-5:30	21				1				0			
5:30-5:40	22				4				1			
5:40-5:50	21				0				1			
5:50-6:00	20				2				1			
Subtotal	119	0	0	0	14	0	0	0	3	0	0	0

Tabla 104: Aforo vehicular de Av. Aviacion (Sur) hacia Av. Aviacion Norte. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	40		1		40			2	6		0	8
5:10-5:20	44		0		39			1	6		2	7
5:20-5:30	39		0		36			3	5		0	8
5:30-5:40	41		1		39			2	7		0	9
5:40-5:50	42		0		36			0	7		0	4
5:50-6:00	46		0		43			2	8		1	4
Subtotal	252	0	2	0	233	0	0	10	39	0	3	40

Tabla 105: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Norte). Fuente: Elaboración propia.

Periodo /Tipo	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	6				19				1			
5:10-5:20	9				14				1			
5:20-5:30	11				14				1			
5:30-5:40	13				19				2			
5:40-5:50	10				16				2			
5:50-6:00	7				16				2			
Subtotal	56	0	0	0	98	0	0	0	9	0	0	0

Tabla 106: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Javier Prado (Oeste). Fuente: Elaboración propia.

Periodo /Tipo	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	22	5		1	43	4			5	4		
5:10-5:20	21	4		1	40	4			4	4		
5:20-5:30	26	4		2	39	5			8	4		
5:30-5:40	28	4		1	40	4			3	5		
5:40-5:50	31	4		0	39	3			5	3		
5:50-6:00	25	5		3	42	5			7	4		
Subtotal	153	26	0	8	243	25	0	0	32	24	0	0

Tabla 107: Aforo vehicular de Av. Javier Prado (Este) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.

Periodo /Tipo	Javier Prado											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	49				6				1			
5:10-5:20	45				7				4			
5:20-5:30	47				5				5			
5:30-5:40	44				8				3			
5:40-5:50	46				5				2			
5:50-6:00	42				9				1			
Subtotal	273				40	0	0	0	16	0	0	0

Tabla 108: Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Oeste) . Fuente: Elaboración propia.

Periodo /Tipo	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	1				4				3			
5:10-5:20	0				4				4			
5:20-5:30	1				3				3			
5:30-5:40	0				7				4			
5:40-5:50	1				4				5			
5:50-6:00	0				5				6			
Subtotal	3	0	0	0	27		0	0	25	0	0	0

Tabla 109: Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	55		1		48		2	1	7			11
5:10-5:20	59		0		44		1	0	5			13
5:20-5:30	58		2		45		1	0	7			12
5:30-5:40	60		1		49		2	1	5			10
5:40-5:50	56		2		51		3	2	6			10
5:50-6:00	60		0		46		1	0	10			14
Subtotal	348	0	6	0	283	0	10	4	40	0	0	70

Tabla 110 : Aforo vehicular de Av. Aviación (Norte) hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	19				9				1			
5:10-5:20	16				8				0			
5:20-5:30	18				9				1			
5:30-5:40	20				8				0			
5:40-5:50	21				11				1			
5:50-6:00	22				10				0			
Subtotal	116	0	0	0	55	0	0	0	3	0	0	0

Tabla 111: Aforo vehicular de vía Expresa hacia Av. Aviación (Sur). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	15								35			
5:10-5:20	18								38			
5:20-5:30	20								33			
5:30-5:40	19								29			
5:40-5:50	21								33			
5:50-6:00	19								29			
Subtotal	112	0	0	0	0	0	0	0	197	0	0	0

Tabla 112: Aforo vehicular de vía Expresa hacia Av. Javier Prado (Este). Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Aviacion											
	Carril izquierdo				Carril Central				Carril Derecho			
Periodo /Tipo	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus	Auto	Corredor	Camión	Bus
5:00-5:10	5								7			
5:10-5:20	4								8			
5:20-5:30	5								8			
5:30-5:40	3								7			
5:40-5:50	5								6			
5:50-6:00	4								6			
Subtotal	26	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0

ANEXO 12: AFORO PEATONAL PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO

Tabla 113: Aforo de peatones para los puntos de origen 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 1						Origen 2					
	A		B		C		A		B		C	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	81	6	105	4	116	7	41	2	57	1	31	1
5:10-5:20	91	4	113	5	107	9	47	1	62	2	23	2
5:20-5:30	84	7	108	6	121	4	43	3	55	1	22	0
5:30-5:40	75	2	97	8	117	5	40	2	63	3	27	2
5:40-5:50	89	4	107	5	123	4	51	1	51	4	21	1
5:50-6:00	86	6	104	6	114	8	42	2	56	5	25	4
Subtotal	506	29	634	34	698	37	264	11	344	16	149	10
Total	530		168		750		281		367		157	
Sentido	Origen 3						Origen 4					
	A		B		C		A		B		C	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	124	6	41	1	47	3	65	5	9	0	-	-
5:10-5:20	119	4	39	2	43	1	59	1	11	1	-	-
5:20-5:30	127	9	43	3	45	3	63	7	7	2	-	-
5:30-5:40	121	5	35	1	37	1	71	2	13	0	-	-
5:40-5:50	137	8	41	2	52	2	62	3	15	1	-	-
5:50-6:00	141	7	45	4	42	4	72	3	9	0	-	-
Subtotal	769	39	244	13	266	14	392	21	64	4	-	-
Total	508		260		283		88		413		-	-
Sentido	Origen 5						Origen 6					
	A		B		C		A		B		C	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	23	0	83	4	190	6	39	2	18	1	15	1
5:10-5:20	20	1	80	3	192	5	40	1	19	1	16	1
5:20-5:30	24	0	88	2	201	4	44	2	22	0	14	2
5:30-5:40	18	1	85	4	187	6	36	3	17	1	13	0
5:40-5:50	22	0	83	1	177	7	35	4	15	2	18	1
5:50-6:00	26	1	79	3	185	6	38	1	20	0	15	1
Subtotal	133	3	498	17	1132	34	232	13	111	5	91	6
Total	133		415		966		250		164		55	

Tabla 114: Aforo de peatones par los puntos de origen 7, 8 y 9. Fuente: Elaboración propia.

Sentido	Origen 7			
	A		B	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	55	4	82	3
5:10-5:20	51	3	80	2
5:20-5:30	56	4	88	3
5:30-5:40	54	3	79	1
5:40-5:50	58	4	77	4
5:50-6:00	54	2	82	2
Subtotal	328	20	488	15
Total	378		525	
Sentido	Origen 8			
	A		B	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	48	2	55	4
5:10-5:20	45	1	59	4
5:20-5:30	51	2	54	3
5:30-5:40	49	1	51	3
5:40-5:50	45	2	56	4
5:50-6:00	49	0	55	3
Subtotal	287	8	330	21
Total	285		181	
Sentido	Origen 9			
	A		B	
Periodo /Tipo	Prom	Part	Prom	Part
5:00-5:10	41	5	29	4
5:10-5:20	42	4	30	3
5:20-5:30	39	6	33	4
5:30-5:40	38	5	27	2
5:40-5:50	37	5	26	5
5:50-6:00	44	4	29	3
Subtotal	241	29	174	21
Total	275		53	

ANEXO 13: TIEMPO DE VIAJE VEHICULAR CAMPO Y VISSIM (VALIDACIÓN)

Tabla 115: Tiempo de viaje vehicular en campo para la validación. Fuente: Elaboración propia.

N° Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	41	85	7.5
2	44	85	7.0
3	47	85	6.5
4	45	85	6.8
5	44	85	7.0
6	43	85	7.1
7	44	85	7.0
8	46	85	6.7
9	43	85	7.1
10	48	85	6.4
11	47	85	6.5
12	41	85	7.5
13	44	85	7.0
14	45	85	6.8
15	47	85	6.5
16	48	85	6.4
17	45	85	6.8
18	40	85	7.7
19	41	85	7.5
20	45	85	6.8
21	41	85	7.5
22	40	85	7.7
23	41	85	7.5
24	40	85	7.7
25	46	85	6.7
26	44	85	7.0
27	43	85	7.1
28	41	85	7.5
29	42	85	7.3
30	40	85	7.7
31	47	85	6.5
32	41	85	7.5
33	46	85	6.7
34	48	85	6.4
35	48	85	6.4
36	39	85	7.8
37	41	85	7.5
38	39	85	7.8
39	44	85	7.0
40	39	85	7.8
41	41	85	7.5
42	48	85	6.4
43	42	85	7.3
44	48	85	6.4
45	40	85	7.7
46	42	85	7.3
47	40	85	7.7
48	41	85	7.5
49	45	85	6.8
50	42	85	7.3
DEstan	2.883	Promedio	43.340

Tabla 116: Tiempos de viaje vehicular en el software Vissim para la validación. Fuente: Elaboración propia.

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Total de vehículos	Tiempo de viaje	Distancia
1	600-4200	831	43.301007	85
2	600-4200	866	41.073397	85
3	600-4200	924	46.445978	85
4	600-4200	947	42.890109	85
5	600-4200	861	41.711892	85
6	600-4200	881	43.248657	85
7	600-4200	898	43.538661	85
8	600-4200	841	41.472444	85
9	600-4200	907	41.187935	85
10	600-4200	953	44.511572	85
11	600-4200	872	41.789633	85
12	600-4200	877	46.080117	85
13	600-4200	898	41.282605	85
14	600-4200	902	40.829031	85
15	600-4200	869	41.623007	85
16	600-4200	840	40.625372	85
17	600-4200	892	41.79985	85
18	600-4200	888	43.248605	85
19	600-4200	858	43.290007	85
20	600-4200	874	43.94459	85
21	600-4200	861	41.69341	85
22	600-4200	923	45.885517	85
23	600-4200	869	46.125092	85
24	600-4200	838	41.976902	85
25	600-4200	912	43.937799	85
Average	600-4200	883	42.940528	85
Standard deviation	600-4200	33	1.777965	0
Minimum	600-4200	831	40.625372	85
Maximum	600-4200	953	46.445978	85

ANEXO 14: VELOCIDAD DE VIAJE PEATÓN CAMPO Y VISSIM (VALIDACIÓN)

Tabla 117: Velocidad de viaje peatonal en campo para la validación. Fuente: Elaboración propia

TRAMO ÚNICO			
Sentido 1 (N-S) - (S-N)			
Nº Vehículo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	26.02	30	4.15
2	25.91	30	4.17
3	25.71	30	4.20
4	24.88	30	4.34
5	24.55	30	4.40
6	25.83	30	4.18
7	25.61	30	4.22
8	25.09	30	4.30
9	24.97	30	4.33
10	25.64	30	4.21
11	25.19	30	4.29
12	25.62	30	4.22
13	24.87	30	4.34
14	25.34	30	4.26
15	25.99	30	4.16
16	25.05	30	4.31
17	25.44	30	4.25
18	25.33	30	4.26
19	26.12	30	4.13
20	26.88	30	4.02
21	25.72	30	4.20
22	25.62	30	4.22
23	25.97	30	4.16
24	25.66	30	4.21
25	25.48	30	4.24
26	25.51	30	4.23
27	26.12	30	4.13
28	25.21	30	4.28
29	24.76	30	4.36
30	24.88	30	4.34
31	24.72	30	4.37
32	25.39	30	4.25
33	25.28	30	4.27
34	25.21	30	4.28
35	25.46	30	4.24
36	25.64	30	4.21
37	25.67	30	4.21
38	25.22	30	4.28
39	25.31	30	4.27
40	24.62	30	4.39
41	25.83	30	4.18
42	25.49	30	4.24
43	25.32	30	4.27
44	25.11	30	4.30
45	25.2	30	4.29
46	25.31	30	4.27
47	25.15	30	4.29
48	25.37	30	4.26
49	25.18	30	4.29
50	26.08	30	4.14
Destan	0.074	VP (km/h)	4.248

Tabla 118: Velocidad de viaje peatonal en el software Vissim para la validación. Fuente: Elaboración propia

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Tiempo promedio	Velocidad promedio
1	600-4200	22.875833	4.251782
2	600-4200	22.342	4.194899
3	600-4200	22.7045	4.236012
4	600-4200	22.741722	4.228341
5	600-4200	22.116444	4.230019
6	600-4200	22.975361	4.219675
7	600-4200	23.063194	4.23703
8	600-4200	23.349556	4.21765
9	600-4200	22.30875	4.272172
10	600-4200	22.163583	4.238327
11	600-4200	22.691389	4.247046
12	600-4200	22.407056	4.246453
13	600-4200	22.451306	4.229225
14	600-4200	23.077056	4.218833
15	600-4200	22.381667	4.235676
16	600-4200	22.668194	4.200664
17	600-4200	23.105389	4.234281
18	600-4200	22.890056	4.202061
19	600-4200	22.499139	4.21808
20	600-4200	22.682167	4.241297
21	600-4200	23.092444	4.216509
22	600-4200	23.127056	4.213257
23	600-4200	23.174889	4.2258
24	600-4200	23.282917	4.234807
25	600-4200	23.094528	4.234805
Average	600-4200	22.770648	4.228988
Standard deviation	600-4200	0.361583	0.01714
Minimum	600-4200	22.116444	4.194899
Maximum	600-4200	23.349556	4.272172

**ANEXO 15: RESULTADOS DE DESEMPEÑO DE LOS PARÁMETROS DE
EFICIENCIA PEATONAL**

Tabla 119: Resultados de los parámetros de eficiencia peatonal por la vía a nivel (modo convencional). Fuente: Elaboración propia.

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Tiempo de viaje	Velocidad Total	Peatones
1	600-4200	340.55	2.45	504
2	600-4200	343.35	2.44	512
3	600-4200	337.46	2.44	508
4	600-4200	335.98	2.47	473
5	600-4200	336.18	2.47	487
6	600-4200	336.54	2.46	491
7	600-4200	344.84	2.44	472
8	600-4200	338.40	2.43	482
9	600-4200	335.69	2.49	463
10	600-4200	339.40	2.45	506
11	600-4200	334.91	2.46	508
12	600-4200	339.11	2.46	502
13	600-4200	336.74	2.45	510
14	600-4200	338.82	2.46	493
15	600-4200	340.36	2.47	506
16	600-4200	335.90	2.45	508
17	600-4200	337.72	2.44	499
18	600-4200	340.63	2.46	498
19	600-4200	339.52	2.47	505
20	600-4200	336.03	2.47	434
21	600-4200	338.33	2.48	475
22	600-4200	339.79	2.44	497
23	600-4200	340.60	2.46	497
24	600-4200	338.02	2.44	507
25	600-4200	339.50	2.46	499
Average	600-4200	338.57	2.46	493
Standard deviation	600-4200	2.41	0.01	18
Minimum	600-4200	334.91	2.43	434
Maximum	600-4200	344.84	2.49	512

Tabla 120: Resultados de los parámetros de eficiencia peatonal por la vía sobre nivel (conector peatonal). Fuente: Elaboración propia.

Número de corrida	Intervalo de tiempo	Tiempo de viaje	Velocidad Total	Peatones
1	600-4200	278.23	3.26	523
2	600-4200	281.21	3.43	461
3	600-4200	282.44	3.31	543
4	600-4200	284.49	3.20	522
5	600-4200	282.92	3.40	546
6	600-4200	279.46	3.08	481
7	600-4200	281.82	3.31	524
8	600-4200	281.85	3.73	539
9	600-4200	281.99	3.23	540
10	600-4200	281.17	3.21	535
11	600-4200	281.19	4.06	497
12	600-4200	279.25	3.47	508
13	600-4200	279.88	3.21	531
14	600-4200	275.98	3.15	491
15	600-4200	282.49	3.85	557
16	600-4200	280.85	3.38	502
17	600-4200	281.49	3.23	510
18	600-4200	280.90	2.87	454
19	600-4200	278.71	2.97	507
20	600-4200	281.12	3.10	503
21	600-4200	278.25	3.84	504
22	600-4200	282.18	3.03	510
23	600-4200	278.69	3.29	507
24	600-4200	283.25	3.21	506
25	600-4200	280.77	3.48	495
Average	600-4200	280.82	3.33	512
Standard deviation	600-4200	1.90	0.29	25
Minimum	600-4200	275.98	2.87	454
Maximum	600-4200	284.49	4.06	557

ANEXO 16: LISTA DE CHEQUEOS

Tabla 121: Lista de chequeos. Fuente: Elaboración propia.

	ITEM	SI	NO	NM	OBSERVACIONES	FIGURA
1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE					
1.1	¿Se interactuó con proyectos y obras de infraestructura existente para evitar las interferencias?		X		No se observa relacion directa entre obras y proyectos.	
2	ACCIDENTALIDAD					
2.1	¿Se ha tenido en cuenta los análisis de accidentalidad de la zona del proyecto para reducir los riesgos?		X		No se ha realizado un analisis de la zona en su situacion actual en cuanto a temas de mitigacion de riesgo para los peatones.	
3	MOVILIDAD URBANA					
3.1	¿Está controlado el cruce entre el transporte masivo y el transporte convencional?		X		No debido a que en horas de maxima demanda se genera congestion y caos tanto vehicular como peatonal.	
3.2	¿La señalización es efectiva?		X		Existe señalizacion pero no esta actualizada con respecto al aforo actual de vehiculos y peatones.	
3.3	¿El sistema de transporte público colectivo es compatible física y operacionalmente con la clase de vía que utiliza para su desplazamiento?		X		No es compatible dado que se ha querido aumentar la flota de buses del corredor de transporte publico pero aun asi resulta insuficiente.	
3.4	¿Las vías que permiten la alimentación al sistema de transporte masivo reúnen las condiciones de operacionales y de seguridad?		X		No, debido a que las vias fueron diseñadas hace algunas decadas y hoy en dia existe mucho mas demanda de vehiculos y no se ha realizado ninguna	
3.5	¿El transporte público colectivo tiene paraderos seguros?		X		No, dado que existen muchos accidentes como atropellos o colisiones en los paraderos.	
3.6	¿Los paraderos de transporte público colectivo están ubicados a distancias adecuadas para los peatones y a su vez son compatibles con los centros extractores de viaje?		X		No, actualmente es "normal"que los vehiculos y buses en ciertas ocasiones invadan las aceras debido a la gran congestion vehicular en la zona.	
3.7	¿El transporte privado tiene las facilidades para su normal operación con la señalización, estacionamiento visible y compatible con la seguridad de las vías?		X		No,existe excesiva sobrepoblacion de vehiculos privados.	
4	INFRAESTRUCTURA VIAL					
4.1	¿Existe una clasificación funcional de las vías que contribuya a una eficiente conectividad urbana?	X			Se ha realizado algunas modificaciones con el fin de conectar distritos , sin embargo no ha resultado del todo efectivo.	
4.2	¿El cruce entre vías principales y secundarias garantiza el flujo continuo y seguro de los usuarios, presentando sus atributos funcionales?		X		En el cruce de la Av.Javier Prado (calle principal) con la calle Morelli(calle extra) , el peaton se siente vulnerado e inseguro.	
4.3	¿Las veredas de peatones tienen las condiciones físicas y dimensiones, continuidad sin obstáculos, visibilidad y señalización, para ser una alternativa segura de traslado?		X		Tanto en la avenida Aviacion como Javier Prado existen gran cantidad de obstaculos moviles (ambulantes,mendigos) y fijos (stands,botes de basura).	

5	INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PUBLICOS					
5.1	¿El equipamiento y el mobiliario de la infraestructura de servicio público afectan la circulación segura de peatones y vehículos?			X	Algunas infraestructuras colocadas posteiormente y/o como soluciones a otros temas ocasionan dificultades al peaton.	
6	INTERSECCIONES					
6.1	¿Las necesidades de los peatones han sido consideradas satisfactoriamente?		X		No, pese a que se han realizado acciones para este fin, aun los peatones se sienten vulnerados e inseguros.	
6.2	¿Los pasos peatonales subterráneos o elevados (pasarelas) están localizadas de modo de maximizar su uso? (es decir la probabilidad de que los peatones crucen la calzada en las proximidades del paso peatonal son mínimas)		X		No, en el mapeo de uso frecuente se evidencia que los peatones no siguen los pasos peatonales diseños por "ahorrar tiempo"	
6.4	¿Se ha considerado en forma especial a grupos más vulnerables? (por ejemplo, niños, ancianos, personas con movilidad reducida, sordos o invidentes)		X		No, los diseños de las veredas son para los petones promedio y/o generales ,existen si rampas colocadas de manera obligatoria según la norma.	
7	TRANSPORTE PUBLICO					
7.1	¿Han sido consideradas las necesidades de los usuarios del transporte público?		X		No, los peatones que toman el tren y el corredor usan los mismos caminos que un peaton normal que circula por la zona.	
7.2	¿Se han considerado las maniobras del transporte público?			X	No se tiene conocimiento de haberse realizado un estudio y/o analisis al respecto.	
7.3	¿Las paradas de buses están localizadas de forma segura?		X		No, debido a que existe mucha inseguridad a la integridad del peaton.	
8	GENERALIDADES DE SEÑALES VERTICALES					
8.1	¿Existen obstáculos (árboles, luminarias, señales, paraderos, etc.), que impidan la visión de las señales verticales?	X			Son pocas pero si existen	
8.2	¿Hay señales verticales que limiten la visibilidad en accesos e intersecciones?	X				

9	USUARIOS VULNERABLES A LO LARGO DE LA VIA					
9.1	¿Existe un espacio longitudinal a lo largo de la vía para el desplazamiento seguro de peatones y ciclistas (Usuarios Vulnerables)?		X		No , el by-pass por encima de la via expresa Javier Prado la parte peatonal existe un dlujo masivo de peatones pero de forma insegura.	
9.2	¿Es suficiente ancho el espacio para los usuarios vulnerables, o se ven obligados a transitar en el pavimento?		X		No , el ancho efectivo es insuficiente lo que aumenta la insegurida del peaton	
10	USUARIOS VULNERABLES CRUZANDO LA VIA					
10.1	¿Se ha considerado a los ancianos, discapacitados, niños, sillas de rueda y coches de bebé con respecto al diseño de pasamanos, rebajes de solera y mediana, además de rampas?			X		
10.2	¿Están adecuadamente señalizados los cruces para los usuarios vulnerables?		X		La señalizacion es minima y en mucho de los casos es antigua , falta actualizar y remodelar.	
10.3	¿Hay un adecuado número de pasos peatonales a lo largo de la ruta?			X		
11	ALCANCES GENERALES					
11.1	Donde es necesario separar los flujos vehiculares de los peatonales y de ciclistas, ¿se han instalado barreras de contención?		X		No existe ciclivia en la zona , a veces van por la zona de vehiculos , otras por la vereda.	
11.2	¿Están claramente definidas las zonas de flujo peatonal y/o ciclista?		X		No existe una separacion entre el camino del peaton y del ciclista.	
11.3	¿Son las zonas definidas concordantes con los deseos de los usuarios?		X		No, en el mapeo de lineas de deseo se evidencia la falta de relacion con las zonas concordantes.	
12	SEMAFOROS					
12.1	¿Podrán operar las fases y/o secuencias en forma segura?	X			Si se puede optimizar las fases.	
12.2	¿Será adecuado el tiempo previsto para los movimientos del flujo vehicular y peatonal?		X		No es el adecuado , en la interseccion y en todo el Peru , los semaforos siempre favorecen al vehiculo.	
12.3	¿Existirá una fase exclusiva para peatones? ¿Es adecuada?		X			

13	PROGRAMACION DE SEMAFOROS					
13.1	¿Es adecuado el tiempo en verde para cada llegada?		X			
13.2	¿Existen semáforos peatonales?	X				
13.3	¿Es adecuado el tiempo otorgado al cruce peatonal?		X		No, es muy poco tiempo , y por ende se aglomera demasiada gente esperando a la otra "luz verde", estas personas se representan como "obstaculos "para otras.	
13.4	Donde es necesario, ¿se ha provisto ayuda para peatones ancianos o minusválidos? (Por ejemplo, alargar el verde o una fase peatonal exclusiva)		X			

ANEXO 16: PLANO DE VISTA EN PLANTA DEL CONECTOR PEATONAL

Figura 82: Plano de vista en planta del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 83: Plano de elevación de tramos del conector. Fuente: Elaboración propia.

Figura 84: Corte transversal, Corte de frente y vista en planta de un tramo del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 85: Corte transversal de la rampa ubicada al final del conector peatonal. Fuente: Elaboración propia.