

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y  
CIVIL  
E.F.P. DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
**Metodologías para la evaluación de la seguridad  
vial de intersecciones urbanas en la ciudad de  
Ayacucho**

Presenta:

BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CIVIL

**JOSÉ CARLOS CHAMBILLO ANGO**

Ayacucho-Perú

2016

**“METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL DE INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO”.**

**RECOMENDADO** : 31 DE MAYO DEL 2016.

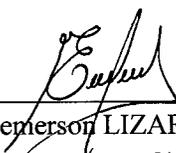
**APROBADO** : 21 DE JULIO DEL 2016.



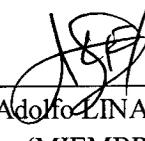
MSc. Ing. Carlos PRADO PRADO  
(PRESIDENTE)



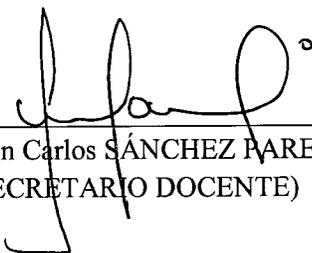
MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ  
(MIEMBRO)



MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN  
(MIEMBRO)

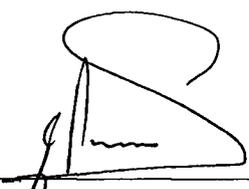


MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES  
(MIEMBRO)



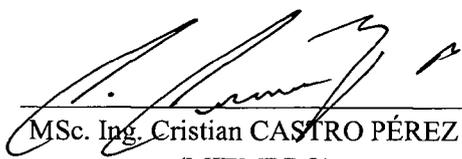
Arq. Juan Carlos SÁNCHEZ PAREDES  
(SECRETARIO DOCENTE)

Según el acuerdo constado en el Acta, levantado el 21 de Julio del 2016, en la Sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil Sr. **José Carlos CHAMBILLO ANGO**, con la Tesis Titulado “**METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL DE INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO**”, fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva **APROBACIÓN**.



---

MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO  
(PRESIDENTE)



---

MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ  
(MIEMBRO)



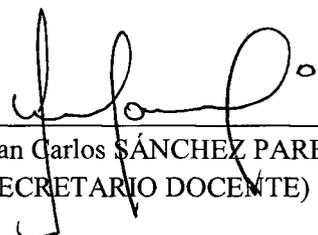
---

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN  
(MIEMBRO)



---

MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES  
(MIEMBRO)



---

Arq. Juan Carlos SÁNCHEZ PAREDES  
(SECRETARIO DOCENTE)

# Resumen

La presente investigación presenta como problema la ocurrencia de accidentes de tráfico en intersecciones urbanas, teniendo como hipótesis los empirismos aplicativos con relación al diseño, la carencia de registros más detallados de los accidentes y el incumplimiento de una buena gestión de la seguridad vial en la ciudad de Ayacucho. Como fundamento teórico se abordan conceptos de diseño de intersecciones a nivel, estudios de ingeniería de tránsito, índices de seguridad vial, gestión de la seguridad vial y la aplicación y posibilidad de desarrollo de software que apoyen la investigación.

La metodología está basada en realizar cuatro estudios de ingeniería de tránsito para la obtención de datos, que son: Estudio de inventario del lugar, estudio de velocidad de punto, estudio de volúmen y estudio de conflictos de tráfico; todos ellos con apoyo de software como MS EXCEL, IHSDM y el desarrollo de aplicaciones para dispositivos con sistema ANDROID, trabajando en conjunto con materiales filmicos. Alternadamente se recolecta documentación sobre la gestión de la seguridad vial en la zona de estudio.

El objetivo es aplicar tres métodos para evaluar la seguridad vial de una intersección urbana sin la ocurrencia de accidentes, de manera cualitativa y cuantitativa a base de estudios de ingeniería de tránsito. Estos métodos se complementan para obtener un mejor panorama para la gestión de proyectos de seguridad vial en intersecciones. Los métodos son: Evaluación del diseño de la intersección, Índice de severidad usando la técnica sueca de conflictos de tráfico (TSCT), y Frecuencia de accidente previsto usando el manual de seguridad de carreteras (HSM).

Como zona de aplicación del estudio se escogió la intersección urbana que une tres vías entre la Av. Independencia con la Av. Universitaria de la ciudad de Ayacucho. Utilizando las tres metodologías se pudo determinar que presenta deficiencias de diseño que origina dificultades de tránsito, así como la posibilidad de accidentes para vehículos y peatones. Se encontró un índice mínimo de severidad de 8.23 conflictos por cada 100000 vehículos usando la TSCT y la probabilidad de frecuencia de accidente previsto de 5.27 accidentes por año usando el HSM. Se determinó que la mayor ocurrencia de conflictos se originan por vehículos que giran a la izquierda desde la dirección opuesta en la Av. Independencia; y que la severidad más alta se da en el ingreso a la Av. Universitaria por la gran cantidad de peatones que cruzan esta vía.

También se pudo acceder a información del proyecto de inversión pública con código SNIP N°289791, presentado por la Municipalidad Provincial de Huamanga; este proyecto es sobre el mejoramiento de la seguridad vial de Ayacucho. Aquí se pudo realizar un comparativo con el procedimiento de gestión de la seguridad vial que propone el HSM; encontrando similitudes con el proceso del desarrollo de un PIP en el marco del SNIP; pero diferencias en el uso de indicadores para proponer y evaluar una zona de estudio.

Se concluye que la seguridad vial en las intersecciones urbanas puede mejorar si se aplican metodologías como las ya mencionadas, y que a su vez estas pueden ser utilizadas en diversas ciudades del Perú y otros países en desarrollo.

Finalmente se realizan las recomendaciones de mejora de diseño y señalización de la intersección de estudio, así como el uso de tecnologías para recolectar datos como aplicaciones para móviles con sistema android. También se recomienda el uso de índices o indicadores usando la TSCT y los procesos de gestión de la seguridad vial del HSM, para una mejor evaluación antes y después de los proyectos realizados.

***Palabras Clave:*** Seguridad vial, Intersecciones, Estudios de tránsito, Métodos de evaluación.

*Dedicado a mis Padres*  
*Isidro y Graciela*  
*así como a mis Hermanos*  
*John y Emily,*  
*que siempre me dieron su apoyo en todo momento.*

# Agradecimiento

*Al Ingeniero Hemerson Lizarbe Alarcón, el cual me dio su confianza y asesoría en la realización de esta investigación.*

*A mis compañeros de carpeta de la escuela de Ingeniería Civil, amigos con los cuales compartí la motivación para el desarrollo de la tesis.*

*A los trabajadores de la gerencia de seguridad ciudadana y de la gerencia de transportes de la M.P.H., y también a los trabajadores de la Comisaría de Ayacucho, que me brindaron información para la investigación.*

*Al personal de Post Grado de la UNSCH, que me permitieron hacer uso de sus instalaciones para recolectar los datos de la intersección de estudio.*

*A mis amigos futuros profesionales Pabel Canchari Arestegui, Güerson Contreras Huayapa y José Luis Mendoza Quispe por el apoyo brindado en la recolección de datos de la investigación.*

*A mis compañeros y hermanos de la Tuna de Ingeniería Civil, por los mejores momentos de alegría vividos en la universidad.*

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>IV</b>
<b>Índice general</b>	<b>V</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>IX</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>XII</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas</b>	<b>XVI</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Formulación del problema . . . . .	2
1.2. Objetivos de la investigación . . . . .	3
1.3. Hipótesis de la investigación . . . . .	3
1.4. Importancia de la investigación . . . . .	4
1.5. Variables de la investigación . . . . .	5
1.6. Metodología de trabajo de la investigación . . . . .	6
<b>2. Revisión de la literatura</b>	<b>7</b>
2.1. Intersecciones viales . . . . .	7
2.1.1. Tipos de intersecciones a nivel . . . . .	7

2.1.2. Diseño de intersecciones a nivel . . . . .	9
2.2. Ingeniería de tránsito . . . . .	22
2.2.1. Elementos de circulación vial . . . . .	23
2.2.2. Estudios de ingeniería de tránsito . . . . .	27
2.3. Seguridad vial en intersecciones . . . . .	39
2.3.1. Índices de accidentalidad . . . . .	39
2.3.2. Técnica sueca de conflictos de tráfico (TSCT) . . . . .	41
2.3.3. Manual de seguridad de carreteras (HSM) . . . . .	43
2.3.4. Causas, estudios de ingeniería y contramedidas . . . . .	50
2.4. Software aplicado a la seguridad vial . . . . .	52
<b>3. Materiales y metodología</b>	<b>56</b>
3.1. Materiales por tipo de estudio . . . . .	56
3.1.1. Estudio de inventario del lugar. . . . .	56
3.1.2. Estudio de velocidad de punto . . . . .	57
3.1.3. Estudio de volumen en intersección . . . . .	59
3.1.4. Estudio de Conflictos de Tráfico . . . . .	61
3.1.5. Estudio documental de la gestión de la seguridad vial . . . . .	62
3.2. Metodologías . . . . .	62
3.2.1. Método 1: Evaluación del diseño de la intersección . . . . .	62
3.2.2. Método 2: Índice de severidad por conflictos de tráfico usando la TSCT . . . . .	63
3.2.3. Método 3: Frecuencia de accidente previsto usando el HSM . . . . .	65
<b>4. Zona de estudio y recolección de datos</b>	<b>75</b>
4.1. Selección de la zona de estudio . . . . .	75
4.1.1. Estación de apoyo . . . . .	79
4.1.2. Justificación y detalles de selección de la zona de estudio . . . . .	80
4.2. Recolección de datos . . . . .	82
4.2.1. Datos de estudio de inventario del lugar . . . . .	82

4.2.2.	Datos de estudio de velocidad de punto . . . . .	83
4.2.3.	Datos de estudio de volumen de intersección . . . . .	93
4.2.4.	Datos de estudio de conflictos de tráfico . . . . .	102
4.2.5.	Datos de estudio de documentos de gestión . . . . .	112
<b>5.</b>	<b>Aplicación de datos y metodologías</b>	<b>113</b>
5.1.	Análisis de datos . . . . .	113
5.1.1.	Análisis de datos de velocidad de punto . . . . .	113
5.1.2.	Análisis de datos de volumen . . . . .	125
5.1.3.	Análisis de datos de conflictos de tráfico . . . . .	140
5.1.4.	Análisis de datos de inventario del lugar . . . . .	144
5.1.5.	Análisis de datos de documentos de gestión . . . . .	146
5.2.	Aplicación de metodologías . . . . .	148
5.2.1.	Aplicación de Método 1: Evaluación del diseño de la intersección	148
5.2.2.	Aplicación de Método 2: Índice de severidad por conflictos de tráfico usando la TSCT . . . . .	149
5.2.3.	Aplicación de Método 3: Frecuencia de accidente previsto usando el HSM . . . . .	151
<b>6.</b>	<b>Discusión de resultados</b>	<b>156</b>
6.1.	Discusión de resultados de acuerdo al primer objetivo específico . . .	156
6.1.1.	El primer objetivo en el diseño de la infraestructura de inter- secciones . . . . .	156
6.1.2.	El primer objetivo en los estudios de ingeniería de tránsito . .	157
6.1.3.	El primer objetivo en los software especializados . . . . .	159
6.2.	Discusión de resultados de acuerdo al segundo objetivo específico . . .	160
6.2.1.	El segundo objetivo en los estudios de ingeniería de tránsito .	160
6.2.2.	El segundo objetivo en los software especializados . . . . .	161
6.2.3.	El segundo objetivo en las investigaciones en otros países . . .	161
6.3.	Discusión de resultados de acuerdo al tercer objetivo específico . . . .	163

6.3.1. El tercer objetivo en las investigaciones en otros países . . . .	163
6.4. Sugerencias para futuras investigaciones . . . . .	164
<b>7. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>165</b>
7.1. Conclusiones de la investigación . . . . .	165
7.1.1. Conclusiones por subhipótesis . . . . .	165
7.1.2. Conclusión general . . . . .	167
7.2. Recomendaciones de la investigación . . . . .	168

# Índice de figuras

2.1. Intersección en T simple . . . . .	8
2.2. Intersección T con islas y carriles para dar vuelta . . . . .	8
2.3. Intersección de 4 vías simple . . . . .	9
2.4. Intersección de 4 vías con islas y carriles para dar vuelta . . . . .	9
2.5. Intersección de vías múltiples transformada . . . . .	10
2.6. Alineamientos en intersecciones a nivel . . . . .	11
2.7. Diseño de curvas . . . . .	13
2.8. Distancia visual entre dos vehículos . . . . .	18
2.9. Distancia-Tiempo de aceleración . . . . .	20
2.10. Conflictos en la misma dirección . . . . .	33
2.11. Conflictos de carril opuesto . . . . .	34
2.12. Conflictos de cruce de vía desde el lado derecho . . . . .	35
2.13. Conflictos de cruce de vía desde el lado izquierdo . . . . .	36
2.14. Conflicto con derecho de vuelta con luz roja . . . . .	37
2.15. Conflicto con peatones . . . . .	37
2.16. Conflictos secundarios . . . . .	38
2.17. Posición de observadores de conflictos . . . . .	38
2.18. Formulario de conflictos de tráfico . . . . .	39
2.19. Pagina de descarga del IHSDM . . . . .	52
2.20. Pagina de descarga del Android Studio . . . . .	53
3.1. Interfaz de usuario de aplicaciones desarrolladas en Android Studio . . . . .	58

3.2. Vista de punto alto para medir velocidad de punto . . . . .	59
3.3. Cámara filmadora desde punto alto para conteo de volumen y conflictos en la intersección . . . . .	61
4.1. Vista de intersección en planta con google maps . . . . .	76
4.2. Vista de intersección desde punto de filmación . . . . .	79
4.3. Vista de estación de conteo de control . . . . .	80
5.1. Evaluación de velocidad de punto - Autos Estación 1 . . . . .	114
5.2. Evaluación de velocidad de punto - Mototaxi Estación 1 . . . . .	115
5.3. Evaluación de velocidad de punto - Microbus Estación 1 . . . . .	116
5.4. Evaluación de velocidad de punto - Moto lineal Estación 1 . . . . .	117
5.5. Evaluación de velocidad de punto - Autos Estación 2 . . . . .	118
5.6. Evaluación de velocidad de punto - Mototaxi Estación 2 . . . . .	119
5.7. Evaluación de velocidad de punto - Moto lineal Estación 2 . . . . .	120
5.8. Evaluación de velocidad de punto - Autos Estación 3 . . . . .	121
5.9. Evaluación de velocidad de punto - Mototaxi Estación 3 . . . . .	122
5.10. Evaluación de velocidad de punto - Microbus Estación 3 . . . . .	123
5.11. Evaluación de velocidad de punto - Moto lineal Estación 3 . . . . .	124
5.12. Gráfica de conteo de control por día cada 15 minutos . . . . .	127
5.13. Gráfica de conteo de control por día cada 30 minutos . . . . .	127
5.14. Gráfica de conteo de control por día cada 1 hora . . . . .	128
5.15. Gráfica de conteo de control promedio cada 15 minutos . . . . .	128
5.16. Gráfica de conteo de control promedio cada 30 minutos . . . . .	129
5.17. Gráfica de conteo de control promedio cada 1 hora . . . . .	129
5.18. Gráfica de movimiento general de los vehículos en la intersección . . .	134
5.19. Gráfica de movimiento de los autos en la intersección . . . . .	135
5.20. Gráfica de movimiento de los mototaxis en la intersección . . . . .	136
5.21. Gráfica de movimiento de las moto lineal en la intersección . . . . .	137
5.22. Gráfica de movimiento de los microbus en la intersección . . . . .	138

5.23. Gráfica de movimiento de los camiones en la intersección . . . . .	139
5.24. Gráfica de conflictos para la Estación 1 - 1er día . . . . .	141
5.25. Gráfica de conflictos para la Estación 2 - 1er día . . . . .	141
5.26. Gráfica de conflictos para la Estación 3 - 1er día . . . . .	142
5.27. Gráfica de conflictos para la Estación 1 - 2do día . . . . .	143
5.28. Gráfica de conflictos para la Estación 2 - 2do día . . . . .	144
5.29. Gráfica de conflictos para la Estación 3 - 2do día . . . . .	145
5.30. Método predictivo en software IHSDM . . . . .	152
5.31. Ingreso de volumen Av. Independencia . . . . .	152
5.32. Ingreso de volumen Av. Universitaria . . . . .	153
5.33. Ingreso de dato de iluminación . . . . .	153
5.34. Resultado de accidentes en intersección . . . . .	153
5.35. Proceso de aplicación del HSM para la intersección 1ra parte . . . . .	154
5.36. Proceso de aplicación del HSM para la intersección 2da parte . . . . .	155
7.1. Proceso de gestión de un proyecto de seguridad vial en una intersección	170

# Índice de cuadros

2.1. Radios mínimos en intersecciones sin canalizar . . . . .	12
2.2. Anchos de diseño de pavimento para dar vuelta . . . . .	16
2.3. Combinaciones de diseño de ancho de vía . . . . .	17
2.4. Velocidad-distancia por tiempo de reacción . . . . .	18
2.5. Niveles de confianza . . . . .	29
2.6. Diagrama de calificación del conflicto . . . . .	42
2.7. Factores de severidad de conflicto . . . . .	43
2.8. Diferentes etapas del proceso de desarrollo de proyectos . . . . .	44
2.9. Capítulos de parte C del HSM . . . . .	46
2.10. Tipos de instalación y rangos para intersecciones . . . . .	47
2.11. Funciones de desempeño de seguridad (SPFs) para intersecciones . . . . .	47
2.12. CMFs para intersecciones . . . . .	48
2.13. Parámetro k de sobredispersión . . . . .	50
2.14. Tabla de distribución de severidad de accidentes y tipo de colisión . . . . .	50
2.15. Relación entre Patrones, Causas y Estudios de Ingeniería . . . . .	54
2.16. Contramedidas para colisiones . . . . .	55
3.1. Coeficientes para colisiones múltiples . . . . .	66
3.2. Coeficientes para colisiones de vehículos simple . . . . .	67
3.3. Coeficientes para colisiones vehículo-peatón base . . . . .	68
3.4. Tabla de volumen de peatones por nivel de actividad . . . . .	68
3.5. Factor de ajuste de accidentes para peatones . . . . .	69

3.6. Factor de ajuste de accidentes para bicicleta . . . . .	69
3.7. $AMF_{1i}$ por número de accesos para girar a la izquierda . . . . .	70
3.8. $AMF_{2i}$ por tipo de señal de fase especial de giro a la izquierda . . . . .	70
3.9. $AMF_{3i}$ por número de accesos para girar a la derecha . . . . .	70
3.10. Coeficientes de proporción de accidentes que ocurren en la noche . . . . .	71
3.11. Coeficientes por tipo de colisión de vehículos múltiples . . . . .	72
3.12. $AMF_{1p}$ por número de paraderos de autobús . . . . .	73
3.13. $AMF_{2p}$ por la presencia de escuelas . . . . .	73
3.14. $AMF_{3p}$ por número de establecimientos de venta de alcohol . . . . .	73
4.1. Accidentes de Tránsito en Intersecciones Urbanas 2013 . . . . .	77
4.2. Accidentes de Tránsito en Intersecciones Urbanas 2013 . . . . .	78
4.3. Datos de velocidad de autos estación 1 . . . . .	83
4.4. Datos de velocidad de mototaxi estación 1 . . . . .	84
4.5. Datos de velocidad de Microbus estación 1 . . . . .	85
4.6. Datos de velocidad de moto lineal estación 1 . . . . .	86
4.7. Datos de velocidad de autos estación 2 . . . . .	87
4.8. Datos de velocidad de mototaxi estación 2 . . . . .	88
4.9. Datos de velocidad de moto lineal estación 2 . . . . .	89
4.10. Datos de velocidad de autos estación 3 . . . . .	90
4.11. Datos de velocidad de mototaxi estación 3 . . . . .	91
4.12. Datos de velocidad de microbus estación 3 . . . . .	92
4.13. Datos de velocidad de moto lineal estación 3 . . . . .	93
4.14. Conteo de control vehicular parte 1 . . . . .	94
4.15. Conteo de control vehicular parte 2 . . . . .	95
4.16. Conteo de control vehicular parte 3 . . . . .	96
4.17. Conteo vehicular turno mañana - Estación 1 . . . . .	97
4.18. Conteo vehicular turno mañana - Estación 2 . . . . .	97
4.19. Conteo vehicular turno mañana - Estación 3 . . . . .	98

4.20. Conteo vehicular turno mediodía - Estación 1 . . . . .	98
4.21. Conteo vehicular turno mediodía - Estación 2 . . . . .	98
4.22. Conteo vehicular turno mediodía - Estación 3 . . . . .	99
4.23. Conteo vehicular turno tarde - Estación 1 . . . . .	99
4.24. Conteo vehicular turno tarde - Estación 2 . . . . .	99
4.25. Conteo vehicular turno tarde - Estación 3 . . . . .	100
4.26. Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 1 . . . . .	100
4.27. Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 2 . . . . .	100
4.28. Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 3 . . . . .	101
4.29. Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 1 . . . . .	101
4.30. Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 2 . . . . .	101
4.31. Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 3 . . . . .	101
4.32. Conflictos ocurridos el 1er día - 1ra parte . . . . .	103
4.33. Conflictos ocurridos el 1er día - 2da parte . . . . .	104
4.34. Conflictos ocurridos el 1er día - 3ra parte . . . . .	105
4.35. Conflictos ocurridos el 1er día - 4ta parte . . . . .	106
4.36. Conflictos ocurridos el 1er día - 5ta parte . . . . .	107
4.37. Conflictos ocurridos el 2do día - 1ra parte . . . . .	107
4.38. Conflictos ocurridos el 2do día - 2da parte . . . . .	108
4.39. Conflictos ocurridos el 2do día - 3ra parte . . . . .	109
4.40. Conflictos ocurridos el 2do día - 4ta parte . . . . .	110
4.41. Conflictos ocurridos el 2do día - 5ta parte . . . . .	111
4.42. Conflictos ocurridos el 2do día - 6ta parte . . . . .	112
5.1. Resumen de análisis de velocidad de punto . . . . .	125
5.2. Factores de expansión horaria parte 1 . . . . .	125
5.3. Factores de expansión horaria parte 2 . . . . .	126
5.4. Obtención del TDPA a partir de los FEH . . . . .	130
5.5. Partición del TDPA por vía . . . . .	131

5.6. Partición del TDPA de estación 1 por vehículo . . . . .	131
5.7. Partición del TDPA de estación 2 por vehículo . . . . .	131
5.8. Partición del TDPA de estación 3 por vehículo . . . . .	131
5.9. Movimientos por vehículo - Estación 1 . . . . .	132
5.10. Movimientos por vehículo - Estación 2 . . . . .	132
5.11. Movimientos por vehículo - Estación 3 . . . . .	133
5.12. Cantidad por tipo de conflicto y estación-1er día . . . . .	140
5.13. Cantidad por 2do vehículo involucrado-1er día . . . . .	140
5.14. Cantidad por tipo de conflicto y estación-2do día . . . . .	142
5.15. Cantidad por 2do vehículo involucrado-2do día . . . . .	143
5.16. Resumen de datos de diseño de la intersección . . . . .	145
5.17. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 1 - 1er día . .	149
5.18. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 2 - 1er día . .	149
5.19. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 3 - 1er día . .	150
5.20. Índice de severidad por 100000 vehículos Total - 1er día . . . . .	150
5.21. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 1 - 2do día .	150
5.22. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 2 - 2do día .	150
5.23. Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 3 - 2do día .	151
5.24. Índice de severidad por 100000 vehículos Total - 2do día . . . . .	151

# Lista de Símbolos y Abreviaturas

<i>3ST</i>	Intersección de tres vías con señal de Pare.
<i>4ST</i>	Intersección de cuatro vías con señal de Pare.
<i>3SG</i>	Intersección de tres vías con semáforo.
<i>4SG</i>	Intersección de cuatro vías con semáforo.
<i>AASHTO</i>	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.
<i>AMF</i>	Factor de modificación de accidentes.
<i>CMF</i>	Factor de modificación de accidentes.
$D_b$	Distancia de frenado (m)
<i>DVP</i>	Distancia visual de paro (m).
$f$	Coefficiente de fricción, que es la desaceleración sobre la gravedad =0.35
<i>FEH</i>	Factor de expansión horario.
<i>FHWA</i>	Administración Federal de Carreteras de EE.UU.
$g$	Gravedad ( $m/s^2$ )
$G$	% de pendiente.
<i>HSM</i>	Manual de seguridad de carreteras.
<i>IHSDM</i>	Software interactivo del modelo de diseño de seguridad en carreteras.
<i>IS</i>	Índice de severidad.
<i>MEF</i>	Ministerio de Economía y Finanzas del Perú.
<i>MTC</i>	Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.
$P$	Vehículo de diseño del tipo ligero según AASHTO.
$\sigma$	Desviación Estándar.
<i>SNIP</i>	Sistema Nacional de Inversión Pública.

<i>SPFs</i> :	Funciones de desempeño de seguridad.
<i>SU</i> :	Vehículo de diseño del tipo pesado según AASHTO.
<i>TDPA</i> :	Tránsito diario promedio anual.
<i>TSCt</i> :	Técnica sueca de conflictos de tráfico.
<i>u</i> :	Velocidad (m/s)
<i>v<sub>p</sub></i> :	Velocidad media aritmética.
<i>VA</i> :	Vehículo de diseño del tipo articulado.
<i>VL</i> :	Vehículo de diseño del tipo ligero.
<i>VP</i> :	Vehículo de diseño del tipo pesado.
<i>V<sub>p85</sub></i> :	Velocidad del percentil 85 ó a la que va el 85 %.
<i>WB</i> :	Vehículo de diseño del tipo articulado según AASHTO.

# Capítulo 1

## Introducción

Los accidentes de tránsito son considerados una de las causas más crecientes de lesiones, muertes y pérdidas económicas en todo el mundo. Es por ello que muchas instituciones de investigación, estados de gobierno, salud pública, etc. invierten tiempo y dinero en mejores sistemas de control vehicular, mejora de carreteras, reglamentos de tránsito para conductores y peatones, mejoras de vehículos; los cuales buscan mitigar el problema. Todas estas mejoras van de la mano con el desarrollo de cada país en diversos aspectos como el económico, tecnológico y social. El Perú es considerado un país en vías de desarrollo al igual que muchos en América Latina, el cual presenta también accidentes de tránsito en diversas partes del territorio, ya sea en zonas urbanas o en carreteras; y estos en su mayoría son reportados por la policía nacional; pero sin un formato específico. Algunos de estos eventos no llegan a ser reportados, porque muchos de los involucrados prefieren tener un arreglo personal, antes de involucrar a la ley; y las sumas altas de dinero a la que pueden llegar a ser las multas impuestas. La ciudad de Ayacucho en el Perú, no es indiferente a este problema, tal vez no represente la mayoría estadística del problema en el país; pero al igual que todas las ciudades se encuentra en expansión urbana y con ello el crecimiento del transporte, así como la necesidad de nuevas vías. En el año 2013 se ha reportado 926 accidentes de tránsito de distinta clase según la DIRTEPOL-Ayacucho [1]. Estos reportes son resumidos en cuadros, sin más detalles que revelen

la situación de lo ocurrido con causas quizá asumidas momentos más tarde que llegó la policía.

Una intersección es una instalación física o punto de encuentro de segmentos de carretera presente en las vías, cuya función es el de poder cambiar de dirección de acuerdo a las necesidades de los usuarios de la vía, y en su mayoría se presentan en las zonas urbanas. Las intersecciones de zonas urbanas son tema de estudio de los investigadores, por el desarrollo de una mejor capacidad de funcionamiento al repartir el tránsito de manera más eficiente; pero también es estudiado para que este sea un lugar más seguro para todos los usuarios. Las intersecciones urbanas representan el encuentro de muchos usuarios por lo que a pesar de tener cuidado, también termina siendo parte del problema de accidentes de tránsito; y este es el tema central de la presente investigación.

## 1.1. Formulación del problema

### Problema general

¿Las intersecciones urbanas de la ciudad de Ayacucho, estarán reguladas por métodos y conceptos de diseño, con registros de accidentes de tránsito consistentes y aplicando una adecuada gestión en seguridad vial?

### Problemas específicos

- ¿Podrán los conceptos de diseño de intersecciones, los estudios de ingeniería de tránsito, y la ayuda de software especializados proponer el diseño de intersecciones urbanas más seguras?
- ¿Será adecuada la información de los registros de accidentes de tránsito de la policía, como un indicador de seguridad vial en una intersección urbana?
- ¿Las autoridades contarán con un plan adecuado de gestión de seguridad vial en intersecciones urbanas?

## 1.2. Objetivos de la investigación

### Objetivo general

Evaluar la situación de seguridad vial en las intersecciones urbanas de la ciudad de Ayacucho, utilizando un marco referencial que integre planteamientos teóricos en relación al tema, proporcionar los datos necesarios para la evaluación debido a la carencia de detalles o indicadores de accidentes de tránsito y complementar la gestión de un programa de mejoramiento de seguridad vial.

### Objetivos específicos

- Escoger los planteamientos teóricos adecuados para la evaluación como: conceptos de diseño de infraestructura de intersecciones, estudios de ingeniería de tránsito, software especializado para mitigar el problema de empirismo aplicativo en el diseño de seguridad vial en una intersección urbana.
- Proponer los planteamientos teóricos adecuados para recoger información como: estudios de ingeniería de tránsito, software especializados, investigaciones en otros países que permitan mitigar el problema de carencia de detalles o indicadores de accidentes de tránsito.
- Proponer planteamientos teóricos adecuados para la gestión de las autoridades como: programas de seguridad vial en otros países que permita corregir el problema de incumplimiento de la seguridad vial para los peatones y conductores.

## 1.3. Hipótesis de la investigación

### Hipótesis general

La seguridad vial en las intersecciones urbanas de la ciudad de Ayacucho adolece de empirismos aplicativos, carencias e incumplimientos con relación al diseño de

una intersección, detalles en los registros o indicadores de accidentes de tránsito y seguridad vial de peatones y conductores respectivamente, debido al desconocimiento o el no aplicar conceptos de diseño, estudios de ingeniería de tránsito, software especializado, investigaciones y programas de seguridad vial en otros países.

### **Subhipótesis**

- El no escoger planteamientos teóricos adecuados como: conceptos de diseño de intersecciones, estudios de ingeniería de tránsito, software especializado genera empirismos aplicativos que afecta el diseño de una intersección urbana.
- El no proponer planteamientos teóricos adecuados para obtener información como: estudios de ingeniería de tránsito, software especializados, investigaciones en otros países genera carencias que afectan los detalles en registros o indicadores de accidentes de tránsito.
- El no proponer o complementar planteamientos teóricos adecuados para la gestión de las autoridades como: programas de seguridad vial en otros países genera incumplimientos que afectan la salud de los peatones y conductores.

## **1.4. Importancia de la investigación**

Esta investigación simboliza un aporte para el desarrollo y planificación de seguridad vial, mitigando los accidentes de tránsito que afectan a la población; también puede tomarse como un ejemplo para las demás ciudades en vías de desarrollo del Perú sirviendo como una guía para la evaluación de accidentalidad en intersecciones urbanas, teniendo un impacto de cambio a nivel nacional e internacional.

Los aportes de la investigación podrán ayudar a los departamentos de transporte para obtener indicadores de seguridad vial sin que ocurran accidentes de tránsito, y así generar proyectos de seguridad vial en intersecciones urbanas que puedan ser evaluados antes y después de la ejecución de mejoras.

También la investigación servirá como guía documental para la prevención de accidentes de tránsito que servirá en el desarrollo de la gestión de gobierno de las autoridades, así como para la planificación y diseño de nuevas intersecciones para la expansión urbana.

## 1.5. Variables de la investigación

A continuación se presentan las variables de acuerdo a su tipo:

### Variables del problema ( $\sim X$ )

- $\sim X1$  = Empirismo Aplicativo.
- $\sim X2$  = Carencia.
- $\sim X3$  = Incumplimiento.

### Variables de la realidad (A)

- A1 = Diseño de una intersección.
- A2 = Registros o indicadores de accidentes de tránsito en intersecciones.
- A3 = Seguridad vial de los peatones y conductores.

### Variables independientes que intervienen ( $\sim B$ )

- $\sim B1$  = Conceptos de diseño de infraestructura de una intersección.
- $\sim B2$  = Estudios de ingeniería de tránsito.
- $\sim B3$  = Software especializado.
- $\sim B4$  = Investigaciones sobre indicadores de seguridad vial.
- $\sim B5$  = Gestión de la seguridad vial.

## 1.6. Metodología de trabajo de la investigación

### Técnicas, instrumentos y fuentes

La investigación se realizará en base a sus hipótesis, actuando sobre sus variables independientes (marco de referencia) y sus variables de la realidad, aplicando lo siguiente:

- La técnica de análisis documental, la cual tendrá predominio en la investigación, utilizando como instrumento libros especializados, informes de investigaciones, páginas web, manual de software especializado, documentos de los organismos de gobierno local, todos relacionados con el tema de estudio, el cual servirá como marco referencial.
- La técnica de la observación de campo, la cual utilizará como instrumento de recolección, fichas o guías de observación digital, planos, videos y fotografías de campo, la cual servirá como parte del marco de la realidad.

### Tratamiento y análisis de la información

Los datos recolectados por la técnica de análisis documental, será tratado como resúmenes puntuales para el marco teórico, en el caso de la técnicas de observación de campo, los datos serán tratados en software adecuados, mostrando cuadros y gráficos, con precisiones porcentuales. Después de tratar la información, se harán apreciaciones objetivas de los resultados que permitan analizar cada subhipótesis, comparando nuestro marco referencial con la realidad, obteniendo una conclusión parcial del mismo y finalmente una conclusión general de la hipótesis global, que permita generar las recomendaciones de esta investigación.

# Capítulo 2

## Revisión de la literatura

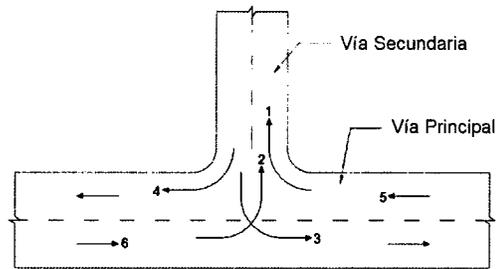
### 2.1. Intersecciones viales

Una intersección es denominada como un área compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta. Existen tres categorías de intersecciones: a desnivel sin rampas, a desnivel con rampas y a nivel, en esta investigación dada las condiciones de las intersecciones de la zona de estudio, se verán las características de las intersecciones a nivel.

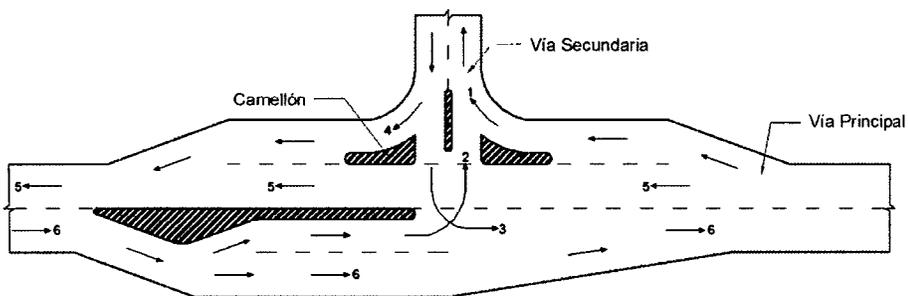
#### 2.1.1. Tipos de intersecciones a nivel

##### Intersecciones tipo T o de tres vías

Existen diferentes tipos de intersecciones en T, que varían de la más simple (Figura 2.1), a aquellas que tienen diferentes carriles con islas y carriles para dar vuelta (Figura 2.2). La construcción de varios carriles, contempla el suministro de instalaciones tales como, las marcas en el pavimento y los camellones para regular y encauzar los flujos vehiculares que entran en conflicto para que sigan trayectorias específicas de viaje.

**Figura 2.1: Intersección en T simple**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

**Figura 2.2: Intersección T con islas y carriles para dar vuelta**

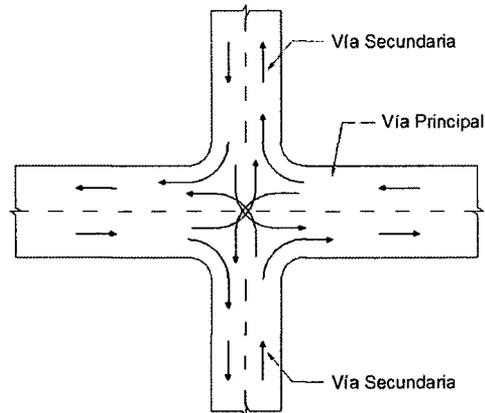
Fuente: Nicholas J. Garber[2].

### Intersecciones de cuatro vías o tréboles

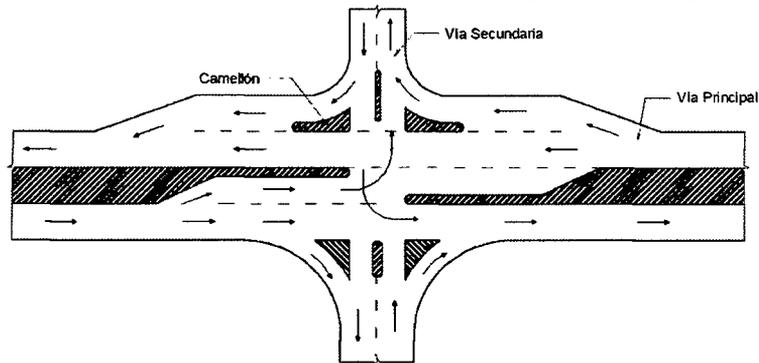
Se presenta una intersección simple de cuatro vías (Figura 2.3), se usa principalmente en localidades de cruce con caminos secundarios o locales, también puede usarse para el cruce de un camino secundario con una carretera principal. En este caso los volúmenes que dan vuelta son generalmente bajos. Se presenta una intersección compleja de cuatro vías (Figura 2.4), cuando conducen volúmenes elevados de paso que dan vuelta. Generalmente este tipo de intersección está señalizada.

### Intersecciones de vías múltiples

Las intersecciones de vías múltiples tienen cinco o más accesos. Siempre que sea posible, debe evitarse este tipo de intersecciones. Con el objeto de eliminar algunos de los movimientos conflictivos en las intersecciones principales y con ellos aumentar la seguridad y la operación, se realinean una o más vías. En el gráfico (Figura 2.5), se realinea la vía diagonal de la intersección para que cruce camino arriba,

**Figura 2.3: Intersección de 4 vías simple**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

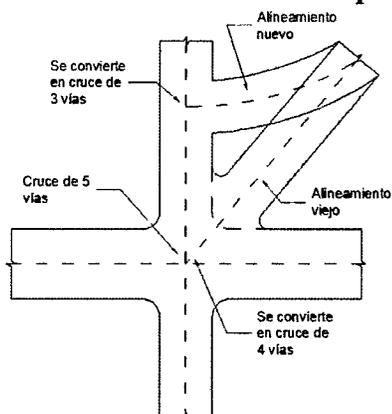
**Figura 2.4: Intersección de 4 vías con islas y carriles para dar vuelta**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

en una ubicación que esté un poco alejada del cruce principal. Esto conduce a la formación de una intersección T adicional, pero con la intersección de vías múltiples transformada ahora en una de cuatro vías. Existen dos factores importantes que deben considerarse cuando se realineen caminos de esta manera: el camino diagonal debe realinearse con el camino secundario, y la distancia entre las intersecciones debe ser tal que puedan operar en forma independiente.

### 2.1.2. Diseño de intersecciones a nivel

El objetivo fundamental del diseño de las intersecciones a nivel es minimizar la gravedad de los conflictos potenciales entre diferentes flujos vehiculares, y entre los peatones que cruzan con los vehículos que dan vuelta. Al mismo tiempo es

**Figura 2.5: Intersección de vías múltiples transformada**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

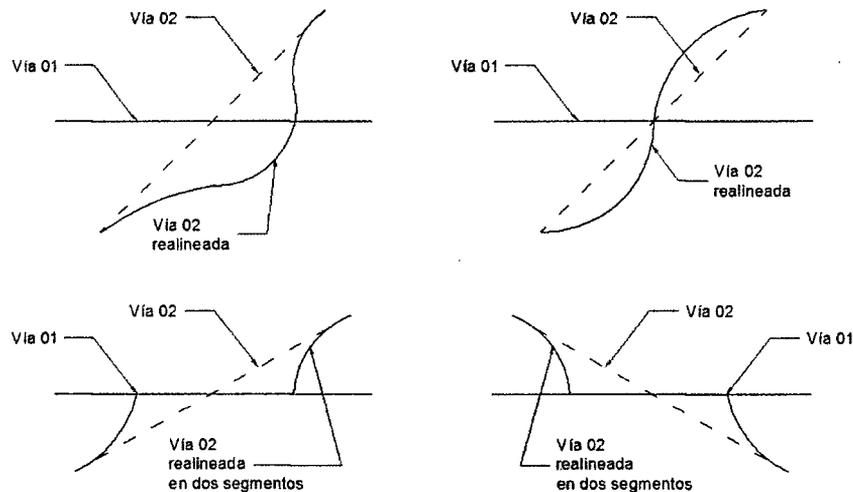
necesario asegurar la fluidez del tránsito que pasa por la intersección (Garber[2]). Será necesario que la intersección considere las siguientes características:

### 1. Alineamientos de las intersecciones a nivel

El mejor alineamiento en una intersección a nivel, se tiene cuando los caminos que se cruzan lo hacen en ángulo recto o casi recto ( $90^\circ$ ). Este alineamiento es superior a los alineamientos en ángulos agudos o menores a noventa, porque se requiere un área mucho menor de camino para dar vuelta en la intersección, se tiene un tiempo de exposición menor frente a los vehículos que cruzan el flujo de la otra vía y se posee una mejor visibilidad. En caso de tener alineamientos agudos, se recomienda ser realineados en ángulos casi rectos (Figura 2.6), asegurando que el realineamiento conduce a una velocidad operacional segura, la cual deba evitar situaciones peligrosas, no debe ser mucho menor que las velocidades de accesos. También se deben tener en cuenta la cantidad del flujo vehicular, la cantidad de vueltas a la izquierda o derecha en los nuevos realineamientos.

### 2. Perfil de las intersecciones a nivel

En el diseño del perfil (alineamiento vertical) en la intersección, las pendientes no deben ser mayores que el 3 por ciento, ya que las distancias de paro y de aceleración

**Figura 2.6: Alineamientos en intersecciones a nivel**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

para los automóviles en 3 por ciento de pendiente, no son muy diferentes de aquellas para automóviles en pendiente horizontal. Cuando la pendiente sea mayor al 3 por ciento los factores como distancia de paro y distancia de aceleración deberán ajustarse a condiciones equivalentes a las de terreno horizontal. (Garber[2])

### 3. Radio de curvatura en las intersecciones a nivel

Los principales factores que gobiernan el diseño de las curvas en las intersecciones son: el ángulo de giro, la velocidad al dar la vuelta, el vehículo de diseño y el volumen de tránsito. En base a estos factores se diseñan curvas simples, curvas simples con estrechamiento y curvas compuestas de 3 centros (Figura 2.7), en la publicación "Una política de diseño geométrico de las carreteras y calles" de la AASHTO se ofrece una tabla con ángulos de giro mínimo, vehículos de diseño y los radios necesarios para los tres tipos de curvas mencionados. Estas medidas dadas son compatibles siempre y cuando los vehículos de diseño tengan una velocidad menor a 20km/h. En Perú en el DG-2013[14], se presenta una tabla adaptada de la AASHTO a los vehículos de diseño del país, para radios mínimos en intersecciones sin canalizar (Cuadro 2.1).

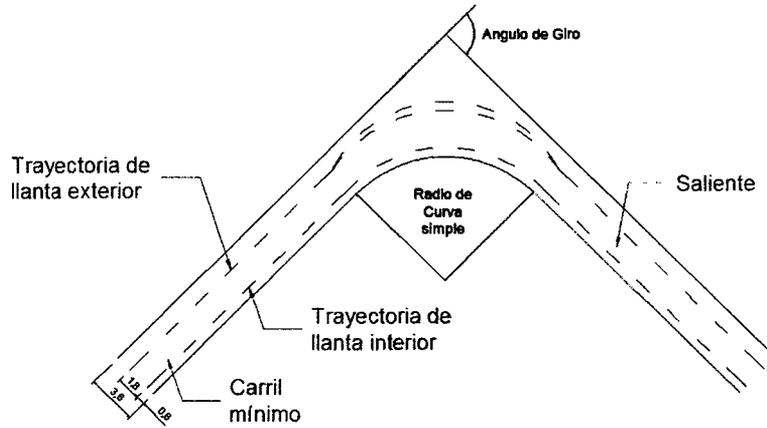
**Cuadro 2.1: Radios mínimos en intersecciones sin canalizar**

<i>Vehículo de diseño</i>	<i>Ángulo de Giro (grados)</i>	<i>Radio de curva simple</i>	<i>Curva compuesta de 3 centros simétrica</i>			
			<i>Radio (m)</i>			<i>Desplazamiento (m)</i>
VL	25	18	-	-	-	-
VP		30	-	-	-	-
VA		60	-	-	-	-
VL	45	15	-	-	-	-
VP		22.5	-	-	-	-
VA		50	60.00	30.00	60.00	0.90
VL	60	12	-	-	-	-
VP		18	-	-	-	-
VA		-	60.00	22.50	60.00	1.65
VL	75	10.5	30.00	7.50	30.00	0.60
VP		16.5	36.00	13.50	36.00	0.60
VA		-	45.00	15.00	45.00	1.80
VL	90	9	30.00	6.00	30.00	0.75
VP		15	36.00	12.00	36.00	0.60
VA		-	55.00	18.00	55.00	1.80
VL	105	-	30.00	6.00	30.00	0.75
VP		-	30.00	10.50	30.00	0.90
VA		-	55.00	13.50	55.00	2.40
VL	120	-	30.00	6.00	30.00	0.60
VP		-	30.00	9.00	30.00	0.90
VA		-	55.00	12.00	55.00	2.55
VL	135	-	30.00	6.00	30.00	0.45
VP		-	30.00	9.00	30.00	1.20
VA		-	48.00	10.50	48.00	2.70
VL	150	-	22.50	5.40	22.50	0.60
VP		-	30.00	9.00	30.00	1.20
VA		-	48.00	10.50	48.00	2.10
VL	180	-	15.00	4.50	15.00	0.15
VP		-	30.00	9.00	30.00	0.45
VA		-	40.00	7.50	40.00	2.85

Fuente: DG-2014[14].

Figura 2.7: Diseño de curvas

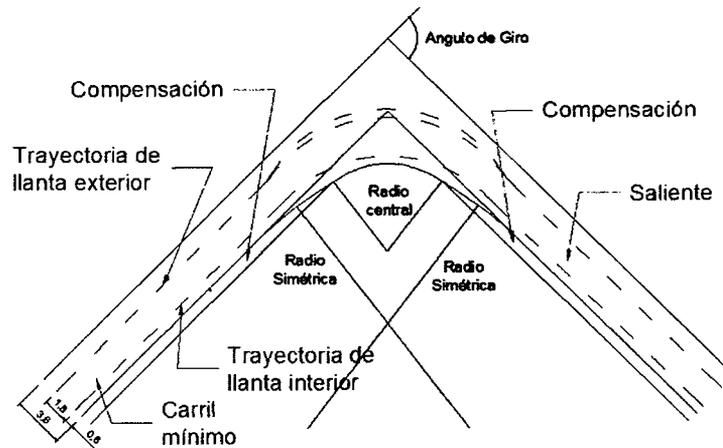
*Curva mínima simple*



*Curva mínima simple con estrechamiento*



*Curva compuesta de 3 centros y compensación*



Fuente: Nicholas J. Garber[2].

#### 4. Trazado de carriles en las intersecciones a nivel

De acuerdo a la AASHTO, el trazado de carriles se define como: *"la separación de movimientos conflictivos del tránsito haciendo uso de camellones o marcas en el pavimento, con el objetivo principal de generar un tránsito más ordenado y seguro para vehículos y peatones."* El trazo de carriles contempla lo siguiente:

- Dirigir la trayectoria de los vehículos de modo que no se cruce en ningún punto más de dos trayectorias; los conductores solo deben tomar una decisión.
- Controlar el ángulo de incorporación, de salida o de cruce de los vehículos, deben evitarse curvas de giro mayores de 90°.
- Disminuir el serpenteo de los vehículos, así como el área de conflicto entre los autos al reducir la cantidad de área pavimentada.
- Proporcionar una indicación clara de la trayectoria adecuada para los diferentes movimientos.
- Dar prioridad a los movimientos predominantes.
- Proporcionar un refugio para los peatones.
- Suministrar carriles separados de almacenaje para los vehículos que van a dar vuelta.
- Proporcionar espacio para los dispositivos de control vehicular de modo que puedan verse fácilmente.
- Controlar las vueltas prohibidas.
- Separar los diferentes movimientos del tránsito en las encrucijadas con señalización con semáforo de fase múltiple.
- Restringir la velocidad de los vehículos.

**Camellones o islas:** Los camellones, islas de seguridad o refugio, son áreas definidas entre carriles de tránsito, se usa para regular el tránsito y brindar refugio a los peatones. De acuerdo a la función de los camellones se puede clasificar en camellones con carriles, camellones divisorios y camellones de abrigo. Los camellones con carri-

les se usan para controlar o encauzar el tránsito. Los camellones divisorios se usan para dividir los flujos de tránsito opuesto o de la misma dirección. Los camellones de abrigo sirven para proteger a los peatones en un cruce. A pesar de diferenciarlos por su función, en la mayoría de casos los camellones suelen cumplir más de una función.

### 5. Ancho mínimo de la vía en intersecciones a nivel

Cuando se espera que la velocidad de los vehículos sea mayor a 20Km/h, se presentan 03 casos para clasificar el ancho de un pavimento.

- a. Caso I: Operación de un solo carril en un sentido sin tomar en cuenta el rebase a otro vehículo averiado. Usado en caminos de conexión corta con volúmenes vehiculares moderados para dar vuelta.
- b. Caso II: Operación de un carril en un sentido tomando en cuenta el rebase de un vehículo averiado. Usado cuando se cruza un camino local y en intersecciones con carriles.
- c. Caso III: Operación de dos carriles, ya sea en un sentido o dos sentidos. Se utiliza en lugares de un sentido y alto volumen para dar vuelta.

Todos los casos dependen del radio para dar vuelta y de las características del vehículo de diseño para darle el ancho a la vía. Dado que se entiende que por la vía pasarán diferentes tipos de vehículo, la AASHTO propone distintas condiciones:

- Condición de tránsito A: Predominan los vehículos de pasajeros (P) y alguno que otro camión (SU). De acuerdo al DG-2014[14] del Perú serán vehículos ligeros (VL), y el paso eventual de camiones o buses (VP)
- Condición de tránsito B: Predominan los vehículos tipo camión (SU), pero también uno que otro camión semirremolque. Para Perú será la presencia de vehículos VP al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total; los vehículos articulados (VA) circulan en baja proporción.

- Condición de tránsito C: Predominan los vehículos tipo semirremolque (WB). Para Perú los vehículos VP con más del 25 % del tránsito total y/o los vehículos articulados (VA) circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

De acuerdo a los casos presentados y las condiciones dadas, se presentan el cuadro 2.2 adaptada por el MTC del Perú en el DG-2014[14], y el cuadro 2.3 propuesto por la AASHTO, sobre los anchos de diseño del pavimento para calzadas para dar vuelta, y un cuadro de combinaciones de los vehículos de diseño y la combinación de vehículos de diseño más grandes que pueden operar bajo estas condiciones tomando en cuenta los anchos más grandes y la habilidad del conductor.

**Cuadro 2.2: Anchos de diseño de pavimento para dar vuelta**

Radio en borde interior del pavimento	Caso I			Caso II			Caso III		
<i>R(m)</i>	<i>Condiciones de tránsito de diseño</i>								
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
15	5.5	5.5	7.0	7.0	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5.0	5.3	6.2	6.6	7.2	8.4	9.0	10.2	11.7
30	4.5	4.9	5.4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
45	4.2	4.8	5.1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0
60	4.0	4.8	4.9	5.8	6.4	7.0	8.2	8.8	9.4
90	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
120	3.9	4.5	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3.7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
Tangente	3.7	4.0	4.0	5.2	5.8	6.4	7.4	8.0	8.0
<i>Modificación del ancho con relación al tipo de borde de pavimento</i>									
Bermas sin pavimento	Ninguna			Ninguna			Ninguna		
Sardinell a nivel	Ninguna			Ninguna			Ninguna		
Sardinell elevado un lado o dos lados	Añadir 30 cm			Ninguna o Añadir 30 cm			Añadir 30 cm		
Berma pavimentada en uno o ambos lados	Ninguna			Restar el ancho del espacio libre; ancho mínimo del pavimento como sea el caso			Reducir 60 cm cuando el espacio libre tenga un ancho de 1.20m o mayor		

Fuente: DG-2014[14].

**Cuadro 2.3: Combinaciones de diseño de ancho de vía**

Caso	Condición de tránsito de diseño		
	A	B	C
<i>I</i>	P	SU	WB-40
<i>II</i>	P-P	P-SU	SU-SU
<i>III</i>	P-SU	SU-SU	WB-40 - WB-40

*B. Combinaciones de vehículos más grandes que pueden operarse*

Caso	Condición de tránsito de diseño		
	A	B	C
<i>I</i>	WB-40	WB-40	WB-50
<i>II</i>	P-SU	P - WB-40	SU - WB-40
<i>III</i>	SU - WB-40	WB-40 - WB-40	WB-50 - WB-50

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

## 6. Distancia visual en intersecciones a nivel

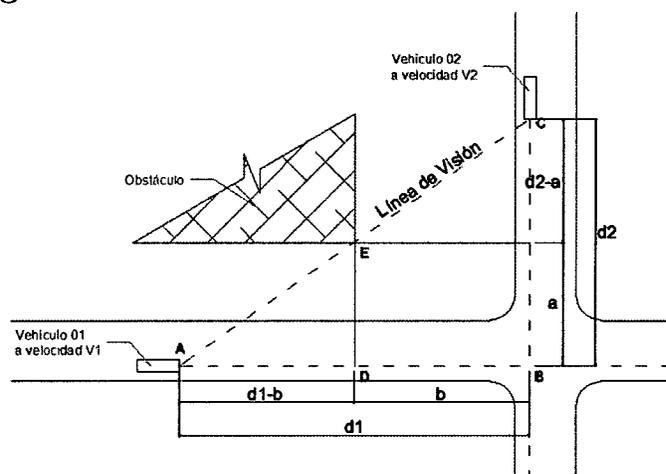
El potencial de accidentes en una intersección se puede reducir con una buena visibilidad de la intersección por parte del conductor. En intersecciones con semáforo, la visión se reduce a la visibilidad de esta señal o del tipo de señal que tenga; en caso de intersecciones sin señales, es necesaria una visión adecuada del cruce para evitar colisiones. Se presentan tres posibles casos:

**Caso 1: Distancia visual para intersecciones sin controles pero que permita a los vehículos ajustar la velocidad:** En este caso no existe un letrero de Ceda el Paso, pero proporciona una distancia visual suficiente para observar un vehículo que se cruza y evitar un choque. En las intersecciones, generalmente es aceptable usar 3 segundos desde el tiempo de reacción y el uso de los frenos para ajustar la velocidad, de acuerdo a esta idea se presenta el cuadro 2.4 que sugiere la AASHTO.

**Cuadro 2.4: Velocidad-distancia por tiempo de reacción**

Velocidad(km/h)	Distancia(m)
10	8.3
15	12.5
20	16.7
25	20.8
30	25.0
35	29.2
40	33.3
50	41.7
60	50.0
70	58.3

Fuente:Nicolas J.Garber[2].

**Figura 2.8: Distancia visual entre dos vehículos**

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

De la figura 2.8, se presenta la ecuación 2.1 y 2.2 que define geoméricamente la relación entre distancias de dos vehículos a cruzarse y que se observan para evitar una colisión.

$$\frac{CB}{AB} = \frac{ED}{AD} \quad (2.1)$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{a}{d_1 - b} \quad (2.2)$$

Si se conoce la velocidad de uno de los vehículos, y relacionándolo con el cuadro 2.4, se pueden conocer los demás parámetros, pero se debe de tener en cuenta que los

vehículos no paran, por lo que se deberá considerar también la distancia visual de paro.

**Caso 2: Distancia visual para intersecciones con un control que obliga a ceder el paso en caminos secundarios:** En este caso hay una señal de control, por lo que el vehículo del camino secundario debe ceder el paso, deteniéndose o disminuyendo la velocidad lo más posible a una distancia adecuada y pasar, por lo que se tendrá la distancia visual de paro, y también lo visto en el caso I, para el control de velocidades.

**Caso 3: Distancia visual para intersecciones con control de paro en los caminos secundarios:** En este caso el vehículo de la vía secundaria deberá detenerse y esperar a cruzar, para lo cual requiere de una distancia visual según 03 tipos de maniobras básicas que puede ocurrir:

**3.A. Cruzar la intersección sin dar vuelta:** Para esto requiere una distancia visual de ambos lados de la intersección, de los vehículos que vengan de la izquierda y la derecha de la vía principal, para lo cual se usa la siguiente ecuación:

$$d = 1,47v(J + t_a) \quad (2.3)$$

Donde:

$d$  = distancia visual de la carretera a partir de la intersección (pies)

$v$  = velocidad de diseño de la vía principal (mi/h)

$J$  = tiempo de reacción percepción, será 2 segundos (AASHTO)

$t_a$  = tiempo que toma el acelerar y librar la intersección(s) El tiempo  $t_a$  depende del tipo de vehículo y de una distancia  $S$ , que esta dada por:

$$S = D + W + L \quad (2.4)$$

$D$  = distancia desde el frente del vehículo hasta la orilla más cercana del

pavimento de la vía principal (pies)

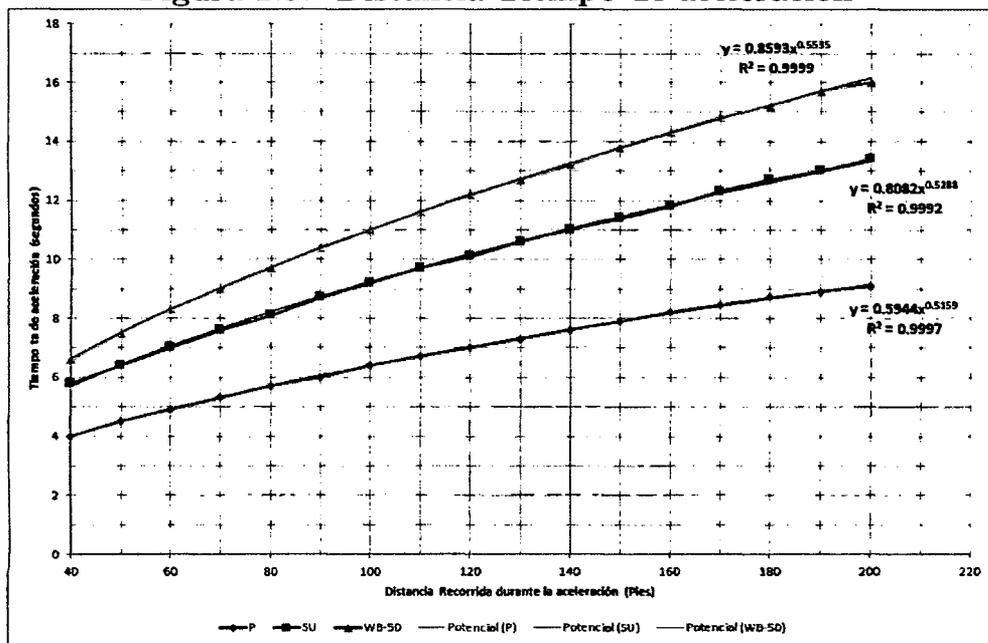
W = ancho del pavimento en la vía principal, incluye ancho de camellones de ser necesario y dependerá de saber cuál es la dirección a cruzar (pies)

L = longitud total del vehículo en reposo (pies)

Luego de obtener la distancia S, se utiliza la gráfica 2.9 , para obtener el tiempo

$t_a$

**Figura 2.9: Distancia-Tiempo de aceleración**



Fuente: Nicolas J. Garber[2].

**3.B. Vuelta a la izquierda hacia la carretera principal:** En este caso el vehículo en reposo primero cruza el carril de los vehículos que vienen de la izquierda y luego dar vuelta a la izquierda al camino principal, este segundo paso es el que más importa, ya que el vehículo debe incorporarse de manera que no afecte el flujo de la vía.

**3.C. Vuelta a la derecha hacia la carretera principal:** En este caso el vehículo en reposo va dar vuelta a la derecha para el camino principal, el vehículo debe incorporarse de manera que no afecte el flujo de la vía. Tanto el caso IIIB

y IIIC, tienen el mismo procedimiento de cálculo, solo se diferenciarán en el radio de giro de incorporación propuesta por la AASHTO, que será de 28 pies para el caso IIIB y de 25 pies para el caso IIIC; entonces el procedimiento tiene los siguientes pasos:

**1ro** Se asume que el vehículo que viene de la derecha en la vía principal reduce su velocidad a un 85 % de la velocidad de diseño de la vía; por lo que será  $0.85v_d$ , obteniendo un valor que será llevado a las gráficas según sea el vehículo (tipo P o SU); de la gráfica se obtiene un valor "p" de distancia recorrida en pies, a partir de este valor se haya el tiempo " $t_a$ " de la gráfica anterior o de la fórmula que define la curva.

**2do** Hallamos "Q", que es la distancia que recorre el vehículo que viene de la derecha y en el cual asumimos que tiene un espacio de retraso temporal de 2 segundos entre el mismo y el vehículo que está ingresando y da la vuelta, por lo que se da la siguiente fórmula:

$$Q = 1,47(0,85 \times v_d)(t_a + 2) \quad (2.5)$$

Donde:

Q = distancia que recorre el vehículo que viene de la derecha (pies)

$v_d$  = velocidad de diseño de la vía principal (mi/h)

$t_a$  = tiempo de aceleración encontrada de gráfica (s)

**3ro** Hallamos el recorrido al girar "z" del vehículo que da la vuelta desde el camino secundario con la siguiente fórmula:

$$z = \pi \frac{R}{2} + (N - 1) w + M \quad (2.6)$$

Donde:

z = longitud del arco recorrido por el vehículo que da la vuelta (pies)

R = radio del arco de giro (vuelta izquierda = 28 pies, vuelta derecha =

25pies, según la AASHTO)

$N$  = número de carriles en el acceso izquierdo o derecho del camino principal.

$w$  = ancho de cada carril en el camino principal. (pies)

$M$  = ancho del camellón central si hubiese (pies)

**4to** Hallamos la distancia "h" que se da mediante la siguiente ecuación:

$$h = p - z + R - L - EV \quad (2.7)$$

Donde:

$p$  = valor obtenido en primer paso (pies)

$z$  = longitud del arco recorrido por el vehículo que da la vuelta (pies)

$R$  = radio del arco de giro (vuelta izquierda = 28 pies, vuelta derecha = 25pies, según la AASHTO)

$L$  = longitud del vehículo de diseño que da la vuelta (pies)

$EV$  = distancia de espacio entre vehículos del que gira y del que viene de la derecha con retraso de 2 segundos =  $1.47 \times (0.85 \times v_d) \times (2) = 2.499 \times v_d$ .

**5to** finalmente obtenemos la distancia visual "d" necesaria para dar la vuelta de:

$$d = Q - h \quad (2.8)$$

## 2.2. Ingeniería de tránsito

Se dará a conocer los siguientes conceptos generales:

- **Transporte:** Se define como el movimiento de personas y bienes, para alcanzar objetivos o tareas como necesidad.
- **Tránsito:** Se refiere a la acción de transitar, donde se pasa de un lugar a otro.
- **Tráfico:** Se define como el tránsito de personas, y circulación de vehículos por

calles y carreteras.

- **Datos paramétricos:** En la estadística, los datos paramétricos vienen a ser el manejo de datos reales o conocidos.

Para ingresar a los estudios de ingeniería de tránsito es necesario conocer algunas características de los elementos de circulación vial.

### 2.2.1. Elementos de circulación vial

Los cuatro componentes principales de la modalidad de transporte por carretera son: el conductor, el peatón, el vehículo y el camino.

#### A. Características del conductor

Las acciones que toman los conductores en un camino provienen de la evaluación y de la reacción a la información que obtienen de ciertos estímulos que ellos oyen o ven. Sin embargo, la evaluación y la reacción deben desarrollarse en un periodo muy corto; por ello se estudia el concepto de "*Percepción-Reacción*", que es el proceso de tiempo por medio del cual un conductor, un ciclista o un peatón evalúan y reaccionan al estímulo. El tiempo que transcurre desde el inicio de la percepción hasta el final de la reacción es el tiempo de percepción reacción, este tiempo varía de persona a persona, y de hecho puede variar para la misma persona conforme cambia la ocasión, dependiendo de qué tan complicada sea la situación, de las condiciones existentes en el medio ambiente, la edad, de si la persona está cansada o está bajo la influencia de alguna droga o alcohol y de si el estímulo es anticipado o inesperado. Las recomendaciones hechas en base a estudios por el AASHTO estipulan 2.5 segundos para el tiempo de percepción- reacción, la cual abarcaría el 90 % de los conductores para la toma de decisiones.

## B. Características del peatón

Las características de caminata del peatón juega un papel importante para el diseño de controles de tránsito. El manual de capacidad de carreteras (HCM[3]) , sugiere el uso de un valor de 4.0pies/segundo (1.22m/s) para propósitos de diseño; pero cuando el porcentaje de peatones de la tercera edad (mayores a 60 años) es mayor que el 20 %, se recomienda una velocidad de 3.3 pies/segundo (1.01m/s). También deben considerarse las características de peatones discapacitados, tales como invidentes, personas en silla de ruedas, con muletas, en donde las intersecciones deben contar con rampas de acceso y cuya velocidad puede variar desde 1.97 a 3.66 pies/segundo (0.6 a 1.11m/s).

## C. Características del vehículo

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos.

**Características Estáticas:** El tamaño del vehículo es un factor importante en el diseño, por lo que es necesario que se clasifiquen todos los vehículos, de modo que puedan proporcionarse características estáticas representativas dentro de una clase específica para propósitos de diseño. La AASHTO ha seleccionado tres categorías generales de vehículos:

- **Vehículo de Diseño "P":** Se define este vehículo como un automóvil de pasajeros o un auto sencillo, utilizado en el diseño de intersecciones menores o de máximo dos carriles, donde solo ocasionalmente este vehículo realiza un movimiento de giro en el camino, de ser posible preferentemente se deberá escoger el vehículo de diseño SU como mínimo. En esta categoría están todos los compactos y subcompactos, todos los vehículos ligeros, y los camiones ligeros de reparto (pick up, vans). Para el Perú de acuerdo al DG-2014 [14] este vehículo se representa como un vehículo ligero (VL).

- **Vehículo de diseño "SU"**: Se define como un camión de una sola unidad, este vehículo generalmente provee el borde de curvatura mínimo recomendado para caminos rurales y demás. Para el Perú de acuerdo al DG-2014 [14] este vehículo se representa como un vehículo pesado (VP).
- **Vehículo de diseño "WB"**: Se define como la serie de vehículos de diseño del tipo semirremolques o camiones combinados; este tipo de vehículo por lo general requieren de radios de curvatura de 3 centros, largos y con islas triangulares, para independizar vías. Para el Perú de acuerdo al DG-2014 [14] este vehículo se representa como un vehículo articulado (VA).

**Características Cinemáticas:** Es la capacidad de aceleración del vehículo, es importante en varias operaciones de tránsito, tales como las maniobras de rebase y la aceptación de la estrechura; también sirve para la determinación de las fuerzas que causan e movimiento.

**Características Dinámicas:** Varias fuerzas actúan sobre un vehículo cuando éste se encuentra en movimiento. Estas fuerzas sobre el vehículo en movimiento y el efecto del tiempo de percepción-reacción se usan para determinar parámetros importantes y estos incluyen la distancia de frenado del vehículo y el radio mínimo de una curva circular.

- **La Distancia de Frenado:** es la distancia horizontal y no la distancia inclinada de una pendiente, dado que el diseño de una carretera siempre se hace en un plano horizontal, la cual se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$D_b = \frac{u^2}{2g(f \pm G)} \quad (2.9)$$

Donde:

$D_b$  = Distancia de frenado (m)

$u$  = Velocidad (m/s)

$g$  = gravedad ( $m/s^2$ )

$f$  = coeficiente de fricción, que es la desaceleración sobre la gravedad =0.35

$G$  = % de pendiente

El signo positivo es para vehículos que se dirigen cuesta arriba, el signo negativo es para vehículos que se dirigen cuesta abajo. Se recomienda una tasa de desaceleración de  $11.2ft/s^2$  ( $3.41m/s^2$ ), ya que es una tasa para la mayoría de conductores, por lo que el coeficiente de fricción será 0.35 aproximadamente (ASSHTO[4]).

#### D. Características del camino

En las características de la carretera se incidirá más en la *Distancia visual de Paro*.

***Distancia visual de paro (DVP):*** Se toma para propósitos de diseño como la distancia visual mínima para detener el vehículo, después de ver un objeto en la trayectoria del vehículo sin impactarse. Esta distancia es la suma de la distancia recorrida durante el tiempo de percepción - reacción y de la distancia recorrida durante el frenado.

$$DVP = ut + D_b \quad (2.10)$$

Donde:

DVP = Distancia Visual de Paro (m)

$u$  = Velocidad (m/s)

$t$  = Tiempo de percepción-reacción = 2.5s

$D_b$  = Distancia de frenado (m)

Para pendientes cuesta arriba, la DVP es más corta; para las pendientes cuesta abajo, la DVP es mayor.

### 2.2.2. Estudios de ingeniería de tránsito

Para la investigación propuesta será necesario recolectar información que describa el alcance de los problemas, por ellos se describen los siguientes estudios requeridos:

#### A. Estudio del inventario del lugar

Son aquellos estudios que proporcionan una lista o una exposición gráfica de la información existente, como datos físicos del lugar, así como los reglamentos o señales que lo rigen. Se emplean los registros existentes que están disponibles en las dependencias y departamentos de gobierno. Esta información se usa para preparar el inventario con los datos importantes. Estos estudios contemplan los resultados de encuestas, incluyen mediciones de campo, fotografías aéreas.

#### B. Estudio de velocidad en el sitio

Los estudios de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. La velocidad se expresa en millas/hora o Kilómetros/hora para los vehículos. Las características recolectadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento de estudio.

Cuando se realizan estudios de velocidad es necesario que los conductores no se percaten de la realización del estudio, por lo tanto el equipo debe estar oculto, así como los observadores que realicen el estudio, deben pasar desapercibidos. La hora del día para realizar un estudio de velocidad depende del propósito del estudio, si la finalidad del estudio es establecer límites de velocidad, observar tendencias de velocidad o recolectar datos básicos, se recomienda que sea realizado cuando el tránsito está fluyendo libremente durante las horas no pico. La duración del estudio deberá ser tal que registre el número mínimo de registros requeridos para el análisis estadístico.

**La velocidad promedio:** Que es la media aritmética de todas las velocidades observadas de los vehículos (es igual a la suma de todas las velocidades en el sitio

divididas entre el número de velocidades registradas)(Garber[2]).

$$v_p = \frac{\sum f_i v_i}{\sum v_i} \quad (2.11)$$

Donde:

$v_p$  = Velocidad media aritmética

$f_i$  = número de observaciones en cada grupo de velocidad

$v_i$  = valor medio para el grupo i-ésimo de velocidad

**La desviación estándar de velocidades:** Es una medida de la dispersión de las velocidades individuales (Garber[2]). Se estima como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (v_j - v_p)^2}{N - 1}} \quad (2.12)$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación Estándar

$v_p$  = Velocidad media aritmética

$v_j$  = j-ésimo observación

$N$  = número de valores observados

**Método de distribución normal:** Este método consiste en que la distribución normal describe a la distribución de velocidades para una sección dada de la carretera (Garber[2]). La función de distribución normal esta dado como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}}, \text{ para } -\infty < x < \infty \quad (2.13)$$

Donde:

$u$  = media verdadera de la población

$\sigma$  = desviación estándar verdadera

$\sigma^2$  = varianza verdadera

Las propiedades de la distribución normal se han empleado para desarrollar una ecuación que relacione el tamaño de la muestra con el número de desviaciones estándar que corresponde a un nivel de confianza específico, los límites del error tolerable y la desviación estándar. En general el nivel de confianza que se usa para los conteos de velocidad es de 95 %, la fórmula esta dada como:

$$N = \left( \frac{Z\sigma}{d} \right)^2 \quad (2.14)$$

Donde:

N = Tamaño mínimo de la muestra.

Z = De cuadro de nivel de confianza (Cuadro 2.5).

$\sigma$  = desviación estándar verdadera.

d = límite del error aceptable en la estimación de la velocidad promedio.

<b>Cuadro 2.5: Niveles de confianza</b>	
<b>Nivel de Confianza (%)</b>	<b>Constante Z</b>
68.3	1.00
86.6	1.50
90.0	1.64
95.0	1.96
95.5	2.00
98.8	2.50
99.0	2.58
99.7	3.00

Fuente: Nicholas J. Garber[2].

### C. Estudio de volumen

Este estudio se realiza para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto en una instalación de una carretera durante un periodo específico de tiempo. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos. Los estudios de tránsito se realizan cuando se requieren ciertas características de volumen como:

1. *Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)*: es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados todos los días del año (vehículos de un año entre 365 días).
2. *Tránsito diario Promedio (TDP)*: es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados en un número de días mayor que uno, pero menor que un año (vehículos de un mes entre total de días del mes).
3. *Volumen de la hora pico (VHP)*: es el número máximo de vehículos que pasan por un punto de una carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos.
4. *Clasificación de vehículos (CV)*: registra el volumen respecto al tipo de vehículos.

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados dinámicos, ya que mostrará volúmenes variables por hora, día y mes para un determinado lugar. Sin embargo sus variaciones son rítmicas y repetitivas. Es en base a estas características se estima la exactitud de los aforos vehiculares, ya que no es posible recolectar datos continuamente todos los días del año en todas las estaciones de conteo, deben recolectarse muestras y estimar los volúmenes anuales a partir de conteos periódicos.

***Ajuste de los conteos periódicos:*** Aquí se utilizan "factores de expansión", que son hallados a partir de estaciones de conteo continuo, estos factores servirán para ajustar los volúmenes hallados por conteos periódicos (Garber[2]).

- *Factores de Expansión Horarios (FEH)*: se usa para expandir los conteos con duración menor de 24 horas, a volúmenes de 24 horas, al multiplicar el volumen horario de cada hora durante el periodo de conteo, por el FEH para esa hora y encontrando la media de estos productos.

$$FEH = \frac{V_{24}}{V_h} \quad (2.15)$$

- *Factores de Expansión Diario (FED)*: se usa para determinar volúmenes semanales a partir de los conteos de 24 horas de duración al multiplicar el volumen

de 24 horas por el FED.

$$FED = \frac{V_s}{V_d} \quad (2.16)$$

- *Factores de Expansión Mensuales (FEM)*: El TDPA para un año puede obtenerse del TDP para un mes dado al multiplicar este volumen por el FEM.

$$FEM = \frac{TDAP}{TDP_m} \quad (2.17)$$

Donde:

$V_{24}$  = Volumen total para un periodo de 24 horas.

$V_h$  = Volumen para una hora específica.

$V_s$  = Volumen total promedio de la semana.

$V_d$  = Volumen promedio para un día específico.

$TDP_m$  = TDP para un mes específico.

**Conteos en intersecciones:** Se realizan para determinar clasificación de vehículos mediante los movimientos de dar vuelta o paso en las intersecciones. Estos datos son útiles para la determinación de longitudes de fase y de tiempos de ciclo en las intersecciones señalizadas, el diseño de canalizaciones en las intersecciones, y en el diseño general de mejoras en las intersecciones.

#### D. Estudio de conflictos de tráfico

Un conflicto de tráfico es un evento que involucra dos o más usuarios de la vía, en la cual, la acción de uno de los usuarios causa que el otro usuario realice maniobras evasivas para evitar una colisión. Generalmente, los usuarios de la vía son vehículos motorizados, pero la definición también incluye peatones y ciclistas. En una intersección los conflictos de tráfico son descritos como eventos que involucran la siguiente definición por escenarios (FHWA[5]):

**Escenario 1:** El primer vehículo hace una maniobra; saliendo al cruce de la calle.

**Escenario 2:** El segundo vehículo del lugar está en peligro de una colisión.

**Escenario 3:** El conductor del segundo vehículo reacciona frenando o desviándose.

**Escenario 4:** El segundo vehículo luego continúa a través de la intersección.

En el escenario anterior el observador necesariamente debe estar convencido que el segundo vehículo estuvo actuando en respuesta a la maniobra del primer vehículo. Las maniobras evasivas tomadas por el segundo vehículo prueban un evidente frenado o desvío de carril. Al frenar es evidente observar la luz de indicación de frenado; algunos vehículos son conducidos con luces de frenado no operativos. Un notable buceo del vehículo o chillidos en los neumáticos en la ausencia de luces de frenado es evidencia aceptable de maniobras evasivas.

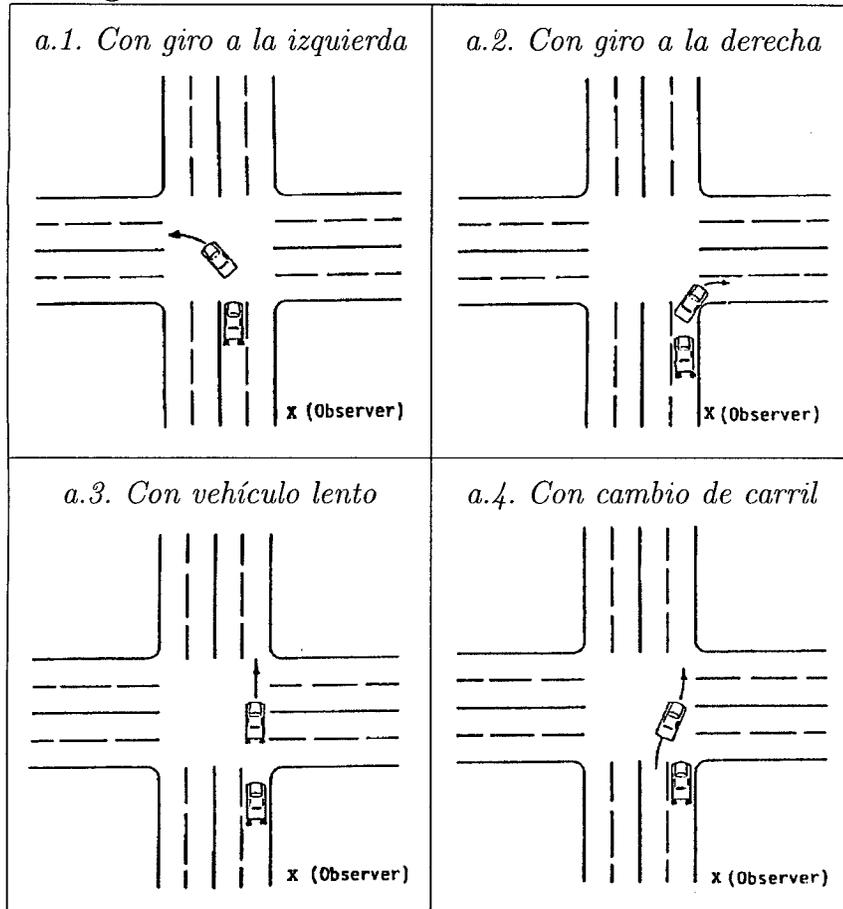
## D.1 Tipos de conflictos de tráfico (FHWA)

### *a. Conflictos en la misma dirección (Figura 2.10):*

- a.1. ***Conflicto en la misma dirección con giro a la izquierda:*** ocurre cuando el primer vehículo enlentece y hace un giro a la izquierda, así colocando un segundo siguiente vehículo entra en peligro de colisionar con la parte trasera.
- a.2. ***Conflicto en la misma dirección con giro a la derecha:*** ocurre cuando el primer vehículo enlentece para hacer un giro a la derecha, así colocando un segundo siguiente vehículo entra en peligro de colisionar con la parte trasera.
- a.3. ***Conflicto en la misma dirección con vehículo lento:*** ocurre cuando el primer vehículo enlentece mientras se aproxima o pasa a través de la intersección, colocando al segundo vehículo en peligro de colisionar con la parte trasera.
- a.4. ***Conflicto en la misma dirección con cambio de carril:*** ocurre cuando el primer vehículo cambia de carril a otro nuevo, así colocando un segundo

vehículo del carril nuevo en peligro de colisionar con la parte trasera o un raspón.

**Figura 2.10: Conflictos en la misma dirección**

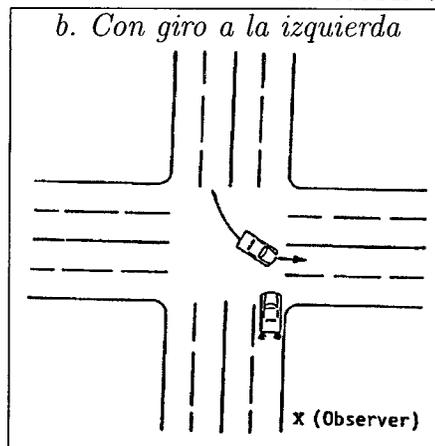


Fuente: FHWA[5].

**b. Conflictos de carril opuesto con giro a la izquierda (Figura 2.11):**

Ocurre cuando un vehículo que se acerca toma una posición de giro a la izquierda, así colocando a un segundo vehículo que viene en la otra dirección en peligro de una colisión frontal o de costado. En esta situación de conflicto, se presume que el segundo vehículo tiene el derecho de paso, y este derecho de paso es amenazado por el primer usuario de la vía. Si el segundo vehículo se pone en peligro de una colisión porque el conductor corre en una luz roja, esto no se trata de un conflicto de tráfico.

Figura 2.11: Conflictos de carril opuesto



Fuente: FHWA[5].

**c. Conflictos de Cruce de Vía:** Los conflictos de cruce de vía pueden ocurrir de maniobras vehiculares que provienen del lado derecho o izquierdo al aproximarse al cruce de las calles.

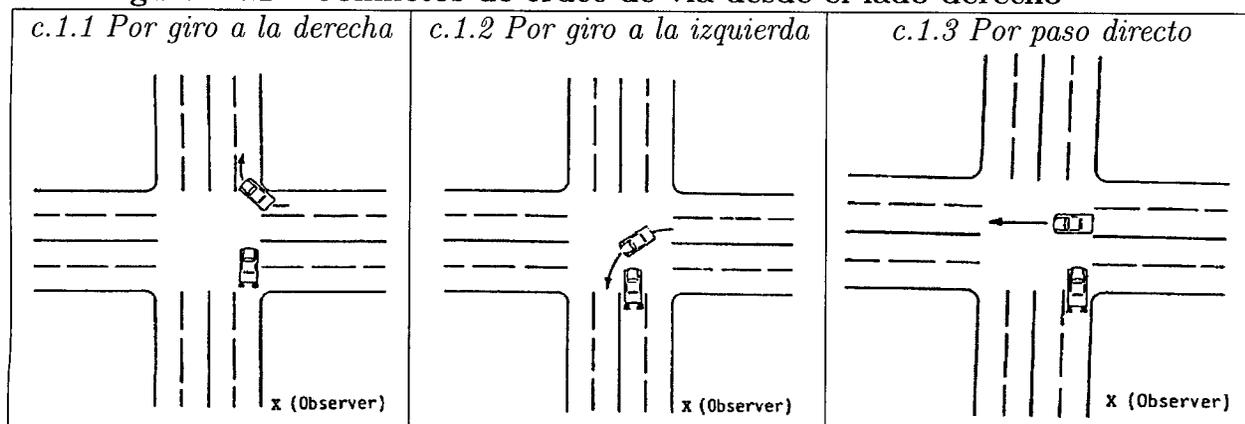
**c.1 Conflictos de cruce de vía desde el lado derecho (Figura 2.12).**

**c.1.1 Por giro a la derecha desde el lado derecho:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano derecha del cruce de la calle hace un giro a la derecha, así colocando a un segundo vehículo en peligro de una colisión de costado o en la parte trasera.

**c.1.2 Por giro a la izquierda desde el lado derecho:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano derecha del cruce de la calle hace un giro a la izquierda, así colocando a un segundo vehículo en peligro de una colisión de costado.

**c.1.3 Por paso directo desde el lado derecho:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano derecha cruza la calle frente de un segundo vehículo que va por la vía principal, dando lugar al peligro de una colisión lateral.

**c.2 Conflictos de cruce de vía desde el lado izquierdo (Figura 2.13).**

**Figura 2.12: Conflictos de cruce de vía desde el lado derecho**

Fuente: FHWA[5].

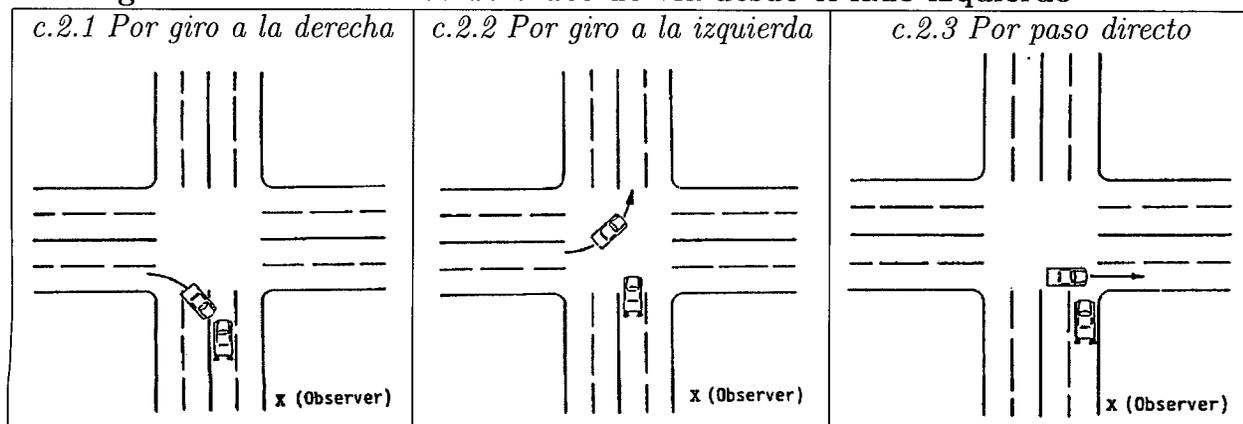
**c.2.1 Por giro a la derecha desde el lado izquierdo:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano izquierda del cruce de la calle hace un giro a la derecha por el centro del cruce se coloca en una línea opuesta del carril derecho, así un segundo vehículo que va en el carril derecho corre el peligro de una colisión frontal. Este conflicto es algunas veces observado cuando el cruce de la calle es estrecho, o cuando camiones o buses hacen el giro a la derecha. Note que el primer vehículo debe pasar por el centro del cruce para que suceda el conflicto.

**c.2.2 Por giro a la izquierda desde el lado izquierdo:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano izquierda del cruce de la calle hace un giro a la izquierda, así colocando a un segundo vehículo en peligro de una colisión de costado o en la parte trasera.

**c.2.3 Por paso directo desde el lado izquierdo:** Ocurre cuando un vehículo que proviene de la mano izquierda cruza la calle frente de un segundo vehículo que va por la vía principal, dando lugar al peligro de una colisión lateral.

#### **d. Conflictos por derecho de vuelta con luz roja (Figura 2.14)**

**d.1 Conflicto con derecho de vuelta con luz roja en oposición:** Sólo puede ocurrir en una intersección señalizada con una fase protegida de doblar a

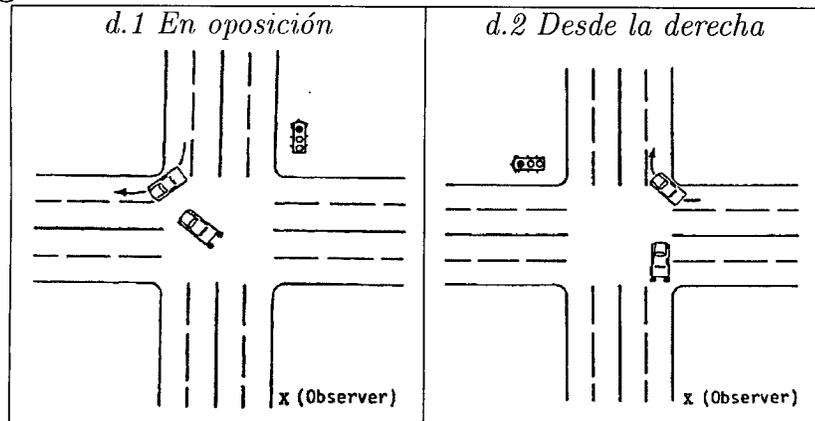
**Figura 2.13: Conflictos de cruce de vía desde el lado izquierdo**

Fuente: FHWA[5].

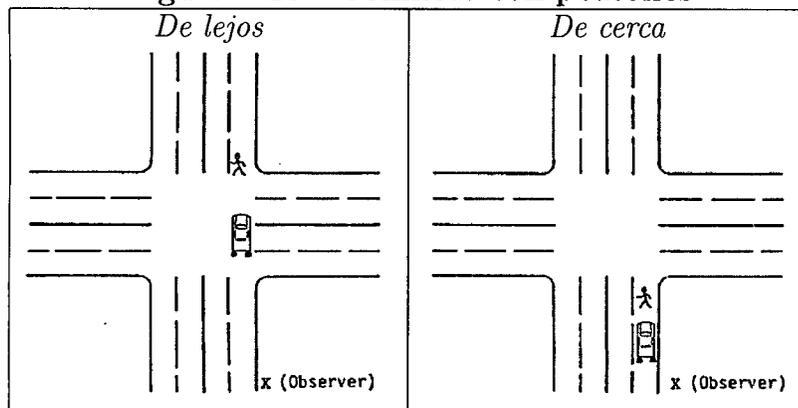
la izquierda. Pasa cuando un vehículo hace un giro a la derecha durante la fase protegida de doblar a la izquierda, el segundo vehículo hace un giro a la izquierda (quien tiene derecho de paso), poniéndose en peligro de una colisión lateral, un raspón o choque en la parte trasera.

**d.2 Conflicto con derecho de vuelta con luz roja desde la derecha:** es una categoría especial de derecho de vuelta, en el conflicto de cruzar la vía desde la derecha. Ocurre si la intersección cuenta con una señal de derecho de dar la vuelta en luz roja para vehículos que cruzan desde la derecha y en el momento de la maniobra de cruzar, un segundo vehículo ingresa al lugar poniendo en peligro de una colisión lateral, un raspón o un choque en la parte trasera.

**e. Conflictos con peatones (Figura 2.15):** Se producen cuando un peatón (el usuario del camino causando el conflicto) cruza frente a un vehículo que tenga el derecho de paso, creando así una situación de posible colisión. El vehículo frena o desvía, luego continua su paso por la intersección. Cualquier cruce en el lado cercano o lejano de la intersección es probable que termine en una situación de conflicto. Sin embargo, los movimientos peatonales en los lados derecho e izquierdos de la intersección generalmente no considera una situación de conflicto si los movimientos tienen el derecho de paso, tales como durante una fase de paso peatonal.

**Figura 2.14: Conflicto con derecho de vuelta con luz roja**

Fuente: FHWA[5].

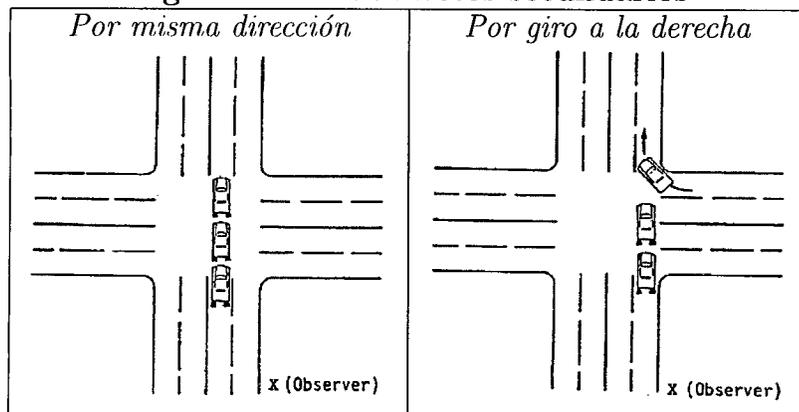
**Figura 2.15: Conflicto con peatones**

Fuente: FHWA[5].

**f. Conflictos secundarios (Figura 2.16):** En todos los precedentes de situaciones de conflicto, el segundo vehículo realiza la maniobra evasiva, esto puede dar lugar a que otro usuario de la vía (un tercer vehículo) entre en peligro de una colisión. Este tipo de evento es llamado conflicto secundario. Solo un conflicto secundario dado por algún conflicto inicial debería ser contabilizado. Incluso si toda una línea de carros se detiene porque el primer vehículo gira a la izquierda, el evento sería registrado como un conflicto en la misma dirección con giro a la izquierda y un conflicto secundario.

**D.2 Los observadores y el registro de conflictos (FHWA)** En el manual del observador de conflictos de tráfico de la FHWA, en la conducción del estudio se

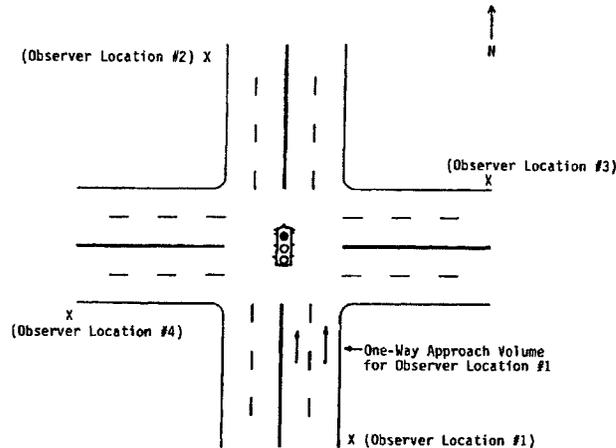
**Figura 2.16: Conflictos secundarios**



Fuente: FHWA[5].

le asume un número de observador en cada lado de la intersección (Figura 2.17); este deberá aproximar el volumen de vehículos por un periodo de tiempo de cada 20 minutos por 3 a 4 horas de estudio.

**Figura 2.17: Posición de observadores de conflictos**



Fuente: FHWA[5].

Se propone un formulario de conteo de conflictos (Figura 2.18), que llevan en su encabezado los datos de la intersección, así como la hora y el día, el código de observador, el periodo de tiempo, en la parte superior derecha su orientación respecto al norte dependiendo del observador; se puede ver el cuadro de conteo con los tipos de conflicto, un espacio para el volumen aproximado y los comentarios necesarios.



1. **Indices con respecto al número de vehículos que entran a una intersección (EI):** Es el número de accidentes por un millón de vehículos que entran a la intersección, se usa para determinar puntos críticos de accidentalidad en una ciudad.

$$I_{A/EI} = \frac{X_n \times 1000000}{TDP \times 365} \quad (2.18)$$

Donde:

$I_{A/EI}$  = Índice de accidentes respecto al ingreso de vehículos a la intersección.

$X_n$  = Número de accidentes en la intersección al año.

TDP = Tránsito diario promedio o volumen vehicular que ingresa a la intersección.

2. **Indices de severidad en una intersección (IS):** Este índice tiene en cuenta la gravedad de los accidentes en términos de daños materiales, heridos y muertos, con respecto al número de vehículos que entran a la intersección.

$$I_{A/IS} = \frac{(NAD + NAH(F1) + NAM(F2)) \times 1000000}{TPD \times 365} \quad (2.19)$$

Donde:

$I_{A/IS}$  = Índice de severidad en una intersección.

NAD = Número de accidentes con daños materiales solamente.

NAH = Número de accidentes con heridos

NAM = Número de accidentes con muertos

F1 = Factor de dividir el Costo de Accidentes con heridos entre el costo de Accidentes con daños.

F2 = Factor de dividir el Costo de Accidentes con muertos entre el costo de Accidentes con daños.

TDP = Tránsito diario promedio o volumen vehicular que ingresa a la intersección.

### 2.3.2. Técnica sueca de conflictos de tráfico (TSCT)

La TSCT, es un método basado en la técnica de observación de conflictos de tráfico, con la variante que esta puede valorar la seguridad en el tráfico de una intersección *convirtiendo los conflictos en un índice de severidad en una intersección*. Esta técnica nace por la investigación de los ingenieros Sverker Almqvist y Christer Hydén gracias a la cooperación de la Asociación Sueca de Planificadores del Transporte y de la Cooperación Internacional de Teorías y Conceptos sobre la seguridad en el Tráfico. Un estudio hecho en Cochabamba - Bolivia en el año 1994 por los mismos investigadores, en la cual aplican la TSCT, la misma que aplicaron en Suecia y otros países de Europa, llegan a la conclusión de que puede ser una importante herramienta de valoración de la seguridad en el tráfico en países en desarrollo.

#### Definición de TSCT

La TSCT es un método de observación con el que se registran accidentes "a punto de producirse", se utiliza para prevenir su riesgo y estudiar situaciones que pueden dar lugar a los mismos. La esencia de la TSCT es la identificación y el registro de eventos que dan lugar a posibles accidentes serios, por medio de observadores humanos; estos eventos se caracterizan por el hecho de que la posibilidad de una colisión es bastante inminente. La TSCT, está limitada a intersecciones que son los lugares donde se concentran una suficiente cantidad de conflictos.

Una de las hipótesis básicas importantes es que los conflictos serios indican un rompimiento de la interacción de dos usuarios de la vía; por ejemplo, la percepción del accidente potencial es tan alta que, al menos, uno de los usuarios de la vía no quisiera estar involucrado en la creación de un evento similar en forma deliberada (Hydén 1987). La definición de la seriedad de un conflicto está basada en dos variables:

- **Tiempo al Accidente (Time to Accident (TA)):** es el tiempo entre el momento en que uno de los usuarios de la vía inicia la acción de evasión hasta el momento en que la colisión debió haberse producido, si la dirección y la

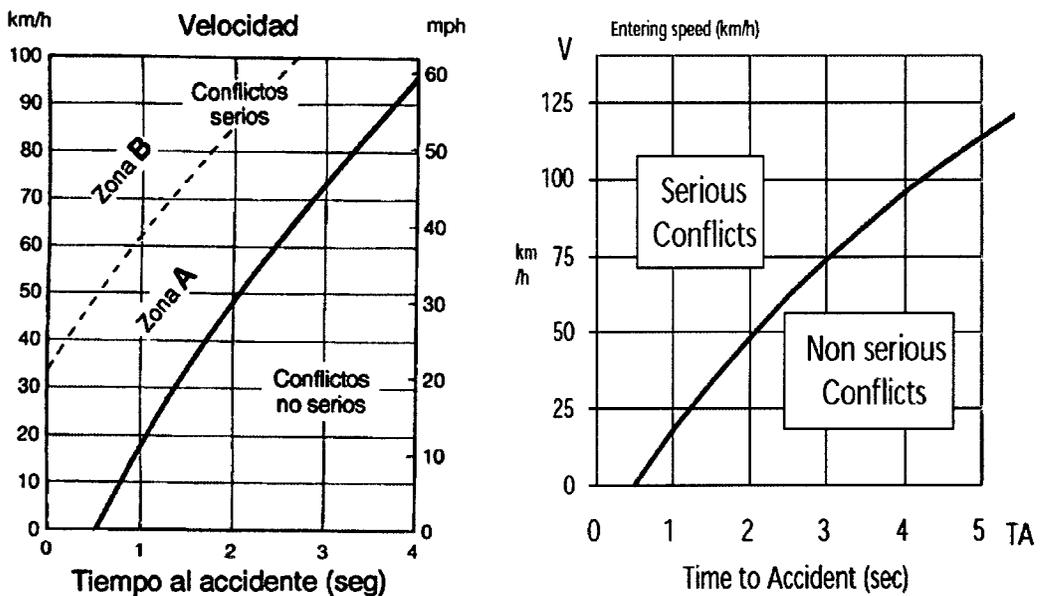
velocidad de los usuarios de la vía no se hubieran cambiado.

- **Velocidad Conflictiva (Conflicting Speed (CS)):** es la velocidad del usuario de la vía que realiza la acción de evasión, justo antes de iniciar la misma.

**Calificación del conflicto**

A partir de las variables los investigadores en sus publicaciones proveen de un diagrama que divide los conflictos serios y no serios (Cuadros 2.6), explicando que los conflictos serios están mucho más próximos a convertirse en un accidente.

**Cuadro 2.6: Diagrama de calificación del conflicto**



Fuente: TSCT[7].

**Transformación en accidentes con daños**

Finalmente los investigadores proveen una tabla con factores de conversión (Cuadros 2.7) para estimar el índice de severidad del conflicto en la intersección. Cada conflicto deberá multiplicarse por el factor de conversión correspondiente. La suma de los conflictos convertidos es luego computado para producir el total relativo de riesgos con daño, para cada categoría de interés. En la tabla se entiende por automóvil a todo tipo de vehículo motorizado; en el inciso (1) se refiere a situaciones en las que

**Cuadro 2.7: Factores de severidad de conflicto**

Severidad del conflicto por 100000		
Tipo de Conflicto	Baja severidad Zona A	Alta severidad Zona B
Automóvil - Automóvil en paralelo (1)	1	6
Automóvil - Automóvil en ángulo recto (2)	4	20
Automóvil - Peatón	20	70

Fuente: TSCT[7].

la colisión pudo ocurrir en un ángulo menos de 90°; y en el inciso (2) se refiere a situaciones en las que la colisión pudo ocurrir en un ángulo de 90° o más.

### 2.3.3. Manual de seguridad de carreteras (HSM)

El HSM es un manual desarrollado por la AASTHO presentando su primera edición en abril del año 2009; cuya principal función es de dotar a los analistas de seguridad en transporte de herramientas para la gestión y la predicción de accidentes de tránsito en la red de carreteras de los Estados Unidos. Este manual comprende cuatro partes diferentes, la parte A es una introducción a los factores humanos y fundamentos que intervienen en la seguridad vial; la parte B esta dedicada al proceso de gestión de la seguridad vial; la parte C presenta el método predictivo y parte D orienta a la aplicación de factores de modificación de accidentes (AMF o CMF). Para la investigación se abordará de manera resumida la parte B y C del manual.

#### HSM Parte B: Proceso de gestión de la seguridad vial[9]

HSM Parte B analiza el proceso de seguimiento y la reducción de la frecuencia de accidente en la red de carretera existente. El proceso de gestión de la seguridad vial consta de seis pasos divididos por capítulos (Cuadros 2.8).

- **HSM Capítulo 4: Proyección de la Red:** Proporciona un procedimiento para la revisión de una red de transporte para identificar y clasificar los sitios, basado en el potencial de reducir la frecuencia media de accidentes y/o

Cuadro 2.8: Diferentes etapas del proceso de desarrollo de proyectos

Capítulo en el HSM	Planificación del sistema	Planificación del proyecto	Diseño preliminar	Diseño Final	Construcción/Implementación	Operación	Mantenimiento
Capítulo 4: La proyección de la red	Si						
Capítulo 5: Diagnóstico	Si	Si				Si	Si
Capítulo 6: La selección de contramedidas de seguridad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Capítulo 7: Evaluación económica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Capítulo 8: La priorización de proyectos	Si						
Capítulo 9: La evaluación de la medida de seguridad						Si	Si

Fuente: HSM[8].

gravedad del choque.

- **HSM Capítulo 5: Diagnóstico:** Identifica los factores que contribuyen a los accidentes; patrones de choque, tipos de accidente, clima, tipo de vehículo, o los factores humanos que pueden ser relevantes para los sitios investigados. El diagnóstico se completa mediante la revisión de los datos de accidentes existentes, la evaluación de la documentación justificativa de las condiciones del lugar, y llevar a cabo una revisión de campo en el sitio.
- **HSM Capítulo 6: Selección de Contramedidas:** Los factores que contribuyen a los patrones o tipos de accidentes observados deben ser identificados antes de seleccionar contramedidas de seguridad apropiadas para hacer frente a ellos. Hay múltiples factores que pueden estar contribuyendo a cada patrón accidente identificado o tipos de accidentes. Para reducir al mínimo la probabilidad de que un factor importante que contribuye es pasado por alto, se debe identificar una amplia gama de posibles factores que contribuyen. El juicio del Ingeniero y la evaluación estadística se aplica comúnmente para identificar aquellos factores que se espera que sean los mayores contribuyentes a cada tipo particular de choque.
- **HSM Capítulo 7: Evaluación Económica:** Los principales objetivos para

la evaluación económica de una contramedida de seguridad o su combinación contramedidas son para determinar si un proyecto es económicamente justificable, y determinar qué proyecto o alternativa es la más rentable. Hay dos métodos para realizar evaluaciones económicas, análisis de costo-beneficio y análisis de costo-efectividad. Ambos métodos cuantifican los beneficios de la contramedida propuesta.

- **HSM Capítulo 8: Prioridad de proyectos:** comienza revisando posibles proyectos para la construcción / ejecución y tipo, basados en los resultados de los procesos de clasificación y optimización. Métodos de priorización de proyectos son principalmente aplicados al desarrollo de programas de mejoras óptimas para toda un sistema de carretera o a través de múltiples sitios, pero también se pueden aplicar para la evaluación alternativa de un solo sitio. El capítulo 8 ofrece tres métodos de priorización: Clasificación por medidas de eficacia económica, análisis beneficio-costo incremental y de optimización de los métodos.
- **HSM Capítulo 9: Evaluación de la medida de seguridad:** es el último paso del proceso de gestión de la seguridad vial. Es la evaluación de la frecuencia de choque, la gravedad ha cambiado a causa de un tratamiento de seguridad específico o contramedidas, y lo bien que los fondos se han invertido en la reducción choques. Tres diseños básicos de estudio se utilizan para la evaluación de la eficacia de la seguridad: la observación antes/después, estudios transversales observacionales y estudios experimentales antes/después.

### **HSM Parte C: Método predictivo[9]**

HSM parte C proporciona el método predictivo para el cálculo de la frecuencia media prevista y/o esperada de accidentes de una red vial, instalación o sitio individual e introduce el concepto de funciones de desempeño de seguridad (SPFs). Estos métodos se centran en el uso de modelos estadísticos para abordar la inherente

aleatoriedad en accidentes. Los capítulos de HSM Parte C proporcionan el método predictivo para segmentos de carretera e intersecciones para tres tipos de vías, que se enumeran en el cuadro 2.9.

**Cuadro 2.9: Capítulos de parte C del HSM**

Capítulo en el HSM	Carretera no dividida en segmentos	Carretera dividida en segmentos	Intersecciones			
			Control de Stop o fases menores		Señalizado	
			3 vías	4 vías	3 vías	4 vías
10. Método predictivo de Carretera Rural, de dos carriles, Bidireccional	si		si	si		si
11. Método predictivo de Carretera Rural, para varios carriles	si	si	si	si		si
12. Método predictivo para arterias urbanas y suburbanas	si	si	si	si	si	si

Fuente: HSM[8].

El método predictivo del HSM, proporciona los pasos a seguir para su desarrollo, los cuales incluyen ecuaciones y cuadros estadísticos elaborados en base a muchos años de estudio; representando una herramienta favorable para la gestión de la seguridad vial en su etapa de evaluación y diagnóstico. Para la presente investigación, se mostrará el método predictivo para intersecciones de arterias urbanas y suburbanas; cuyo procedimiento es similar para las demás instalaciones y se describen a continuación:

- **Paso 1: Condiciones iniciales o base.** Se selecciona el tipo de instalación, en este caso tipo de intersección, y se observa si el método predictivo se puede aplicar de verificando si el tránsito diario promedio anual (TDPA) en vehículos por día (vpd) de la vía principal y vía secundaria se encuentran dentro de los rangos del HSM (cuadro 2.10).

Luego se observan los SPFs requeridos con sus respectivas ecuaciones; con ello se obtiene el aporte de accidentalidad por tipo de colisión (cuadro 2.11).

- **Paso 2: Predicción de frecuencia de accidentes prevista a partir del ajuste de la condición base.** En este paso se predice la frecuencia de accidente prevista para la instalación (ecuación 2.20) introduciendo el concepto de

**Cuadro 2.10: Tipos de instalación y rangos para intersecciones**

Item	Instalación Tipo	Rango de TPDA
Intersecciones	Tres vías señalizado con control de parada o menor (3ST)	TPDAprinc.: 0 a 45700 vpd TPDAsecund.: 0 a 9300 vpd
	Tres vías señalizado (3SG)	TPDAprinc.: 0 a 46800 vpd TPDAsecund.: 0 a 5900 vpd
	Cuatro vías señalizado con control de parada o menor (4ST)	TPDAprinc.: 0 a 58100 vpd TPDAsecund.: 0 a 16400 vpd
	Cuatro vías señalizado (4SG)	TPDAprinc.: 0 a 67700 vpd TPDAsecund.: 0 a 33400 vpd
	Modelos de intersecciones con peatones 4SG	TPDAprinc.: 0 a 82000 vpd TPDAsecund.: 0 a 49100 vpd Peatón vol.: 0 a 34200 peatón/día

Fuente: HSM[8].

**Cuadro 2.11: Funciones de desempeño de seguridad (SPFs) para intersecciones**

Instalación tipo	SPF por tipo de colisión	Ecuación HSM
Intersecciones	Colisión de múltiples vehículos	Ecuación 12-21, 12-22, 12-23
	Colisión simple de vehículo	Ecuación 12-24, 12-25, 12-26, 12-27
	Colisión de vehículo - peatón	Ecuación 12-28, 12-29, 12-30
	Colisión vehículo - bicicleta	Ecuación 12-31

Fuente: HSM[8].

factores de modificación de accidentes por sus siglas en inglés "Accident Modification Factors (AMF)" o "Crash Modification Factors (CMF)", que son factores seleccionados de acuerdo a la geometría, señales de control de tránsito e instalaciones cercanas, que modifican la frecuencia de accidentes encontrada inicialmente. A este producto también se le adhiere un factor local de calibración propuesto por los departamentos de transporte de la localidad.

$$N_{previstoint} = C_i \times (N_{bi} + N_{pedi} + N_{bikei}) \tag{2.20}$$

Donde:

$N_{previstoint}$  = Frecuencia de accidente previsto para la intersección.

$C_i$  = Factor de calibración local.

$N_{bi}$  = Frecuencia de accidente previsto para colisiones simples y múltiples de vehículos (ecuaciones 2.21 y 2.22).

$N_{pedi}$  = Frecuencia de accidente previsto para colisiones vehículo-peatón (ecuación 2.23).

$N_{bikei}$  = Frecuencia de accidente previsto para colisiones vehículo-bicicleta (ecuación 2.24).

El HSM provee seis AMFs para colisiones múltiples y simples de vehículos y tres AMFs para vehículo-peatón. Estos factores se calculan mediante ecuaciones o se obtienen de tablas (Cuadro 2.12); de no existir el AMF asume el valor de 1.00. En el caso de vehículo-bicicleta, este se calcula multiplicando un factor a la frecuencia de accidentes para colisiones múltiples y simples.

**Cuadro 2.12: CMFs para intersecciones**

Instalación tipo	CMF	Definición de CMF	Ecuaciones y tablas de CMF en HSM
Accidentes múltiples y simples de vehículos en intersecciones	CMF1i	Intersección con carriles de giro a la izquierda	Definición (HSM p. 12-43) Tabla 12-24 (HSM p. 12-43)
	CMF2i	Intersección con señal de fase de giro a la izquierda	Definición (HSM p. 12-43 a 12-44) Tabla 12-25 (HSM p. 12-44)
	CMF3i	Intersección con carril de giro a la derecha	Definición (HSM p. 12-44) Tabla 12-26 (HSM p. 12-44)
	CMF4i	Giro a la derecha en rojo	Definición (HSM p. 12-44) Ecuación 12-35 (HSM p. 12-44)
	CMF5i	Iluminación	Definición (HSM p. 12-45) Tabla 12-27 (HSM p. 12-45) Ecuación 12-36 (HSM p. 12-45)
	CMF6i	Cámaras de luz roja (foto papeleta)	Definición (HSM p. 12-45 y 12-46) Ecuación 12-37, 12-38, 12-39 (HSM p. 12-45)
Accidentes vehículo - peatón en intersecciones señalizadas	CMF1p	Paradero de autobús	Definición (HSM p. 12-46) Tabla 12-28 (HSM p. 12-46)
	CMF2p	Escuelas	Definición (HSM p. 12-46) Tabla 12-29 (HSM p. 12-46)
	CMF3p	Establecimientos de venta de alcohol	Definición (HSM p. 12-47) Tabla 12-30 (HSM p. 12-47)

Fuente: HSM[8].

$$N_{bi} = N_{spfint} \times (CMF_{1i} \times CMF_{2i} \times \dots \times CMF_{6i}) \quad (2.21)$$

$$N_{spfint} = N_{bimvint} + N_{bismvint} \quad (2.22)$$

$N_{spfint}$  = Suma de la frecuencia de accidentes previsto para la intersección para múltiples vehículos y accidentes de vehículos simples.

$CMF_{xi}$  = Factor de modificación de accidente x de la intersección.

$$N_{pedi} = N_{pedbase} \times (CMF_{1p} \times CMF_{2p} \times CMF_{3p}) \quad (2.23)$$

$N_{pedbase}$  = Frecuencia de accidentes por condición inicial para peatones.

$CMF_{xp}$  = Factor de modificación de accidente x para peatón.

$$N_{bikei} = N_{bi} \times f_{bikei} \quad (2.24)$$

$f_{bikei}$  = Factor de ajuste para bicicleta.

Para finalizar los dos primeros pasos se pueden realizar para una cadena de años continuos mientras se cuente con el TPDA.

- **Paso 3: Predicción de frecuencia de accidentes esperada usando el método empírico de Bayes (EB).** Para realizar este paso es necesario contar con un registro de accidentes por año del lugar estudiado, para poder realizar un ajuste a la frecuencia de accidente prevista encontrada y así encontrar una datos más real o esperado de frecuencia de accidentes. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{esperado} = w \times N_{previsto} + (1 - w) \times N_{observado} \quad (2.25)$$

$$w = \frac{1}{1 + k \times \sum N_{previstos}} \quad (2.26)$$

$w$  = Coeficiente encontrado con la ecuación 2.26.

$k$  = Parámetro de sobredispersión asociado al SPF utilizado (Cuadro 2.13).

$N_{previsto}$  = Frecuencia de accidente previsto, promedio de los años calculados por paso 1 y 2 de los años  $x$ .

$N_{observado}$  = Frecuencia de accidente observado, promedio de los años de accidentes observados en los años  $x$ .

**Cuadro 2.13: Parámetro  $k$  de sobredispersión**

Instalación tipo	Parámetro de sobredispersión ( $k$ )
Colisión múltiple de vehículos en intersecciones	Coefficientes en lista tabla HSM 12-10
Colisión vehículos simple en intersecciones	Coefficientes en lista tabla HSM 12-12
Colisión de vehículo - peatón en intersecciones	Coefficientes en lista tabla HSM 12-14

Fuente: HSM[8].

- **Paso 4: Frecuencia de accidente bajo diferentes tipos de colisión y niveles de gravedad.** HSM proporciona las tablas de distribución de tipo de colisión basado en el nivel de gravedad del accidente de segmentos de carreteras e intersecciones (Cuadro 2.14), basándose tablas de distribución después del cálculo de la frecuencia de accidente prevista o esperada.

**Cuadro 2.14: Tabla de distribución de severidad de accidentes y tipo de colisión**

Instalación tipo	Tipo de colisión	Grado de severidad
Intersecciones	Colisión de múltiples vehículos	HSM tabla 12-11
	Accidente simple vehicular	HSM tabla 12-13
	Accidente de vehículo - peatón	HSM tabla 12-16
	Accidente de vehículo - bicicleta	HSM tabla 12-17

Fuente: HSM[8].

#### 2.3.4. Causas, estudios de ingeniería y contramedidas

Los *estudios de ingeniería* necesarios, están en base a los *datos que se requieren* frente a una *causa probable*, lo cual genera un *patrón en forma de siniestro tipo*, o conflictos entre vehículos según el tipo de maniobra realizado y de acuerdo a los resultados se escogen contramedidas para su mitigación. La Guía de procedimientos para

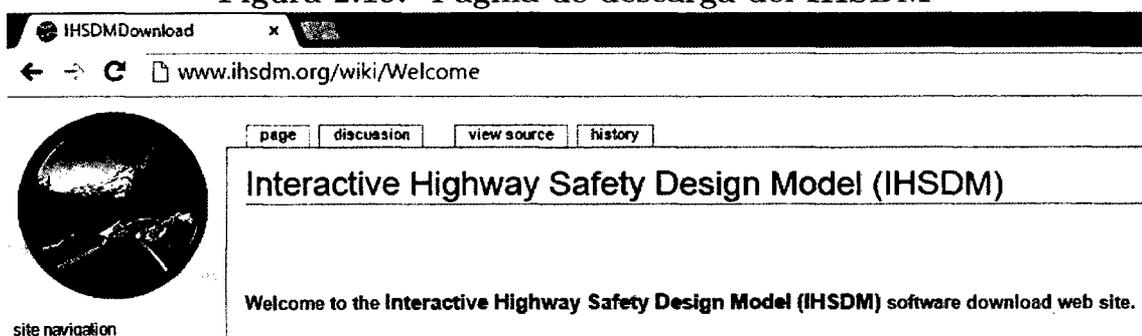
los estudios de ingeniería de seguridad en carreteras del Departamento de Transportes de los Estados Unidos, han desarrollado tablas en base a algunos patrones de accidentes, sus causas, datos requeridos y sus respectivos estudios de ingeniería, así como posibles contramedidas (Garber[2]). Se presentan por elaboración propia un resumen de las tablas en dos cuadros que entrelazan estas características, para un estudio más dinámico entre patrones encontrados, estudios necesarios (Cuadros 2.15,2.16) y contramedidas.

## 2.4. Software aplicado a la seguridad vial

Gracias al aporte de la FHWA([10]) podemos encontrar ahora un software libre, disponible con los conceptos del HSM, para aplicar modelos de seguridad en carreteras; se trata del software "Interactive Highway Safety Design Model", que es "Diseño Interactivo del Modelo de seguridad vial" o IHSDM por sus siglas en inglés (figura 2.19). El IHSDM cuenta con seis módulos interactivos, los cuales son Policy Review Module (PRM), Crash Prediction Module (CPM), Design Consistency Module (DCM), Traffic Analysis Module (TAM), Driver/Vehicle Module (DVM); que vienen a ser Módulo de Revisión de políticas, Módulo de predicción de accidentes, Módulo de Consistencia de diseño, Módulo de análisis de tráfico, Módulo Conductor/vehículo respectivamente. Estos módulos trabajan con los conceptos de la AASHTO 2004 y de acuerdo a otras investigaciones se puede realizar una adaptación a las políticas de transporte de otros países([11]).

En la presente investigación nos enfocamos en el módulo de predicción de accidentes para intersecciones urbanas; adaptado a una hoja de EXCEL para una mejor comprensión del método predictivo del HSM.

Figura 2.19: Pagina de descarga del IHSDM

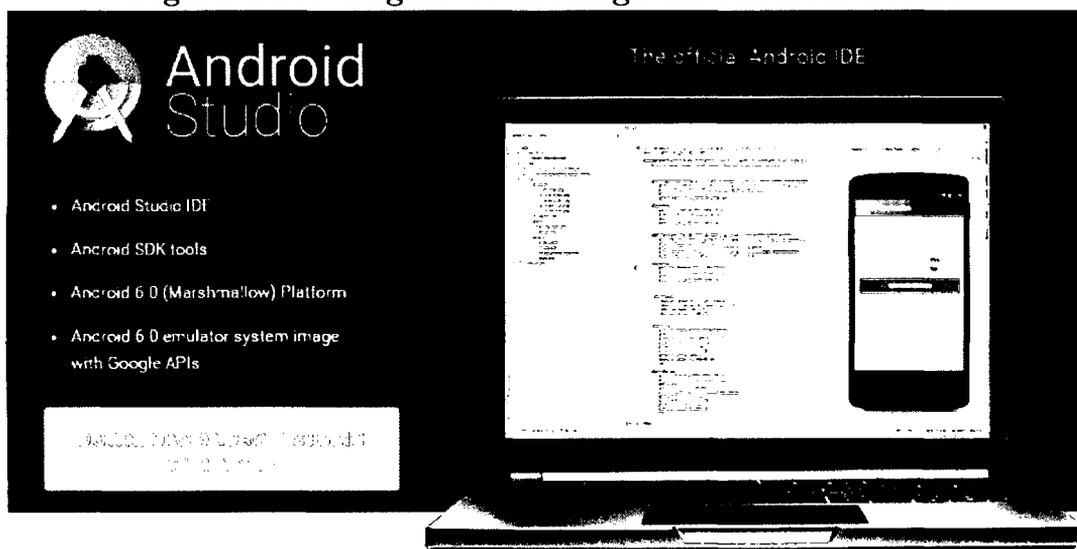


Fuente: Federal Highway Administration [10].

En esta sección también incluimos al software libre Android Studio([12]); el cual sirve para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles que utilizan el sistema Android, con lenguaje de programación en Java. Durante el desarrollo de la investigación se desarrollaron aplicaciones para un mejor desempeño en la toma de datos

para los estudios de ingeniería de tránsito. El sistema Android es uno de los más utilizados en todo el mundo por diversas marcas de dispositivos, y también permite a sus usuarios desarrollar sus propias aplicaciones o APK. en beneficio de sus necesidades (figura 2.20).

Figura 2.20: Pagina de descarga del Android Studio



Fuente: Creative Commons[12].

Cuadro 2.15: Relación entre Patrones, Causas y Estudios de Ingeniería

Estudios de Ingeniería	Datos Requeridos	Causas Posibles									
		<i>I</i> Volumen grande de vehículos	<i>II</i> Distancia visual restringida	<i>III</i> Fásc ambar demasiado corta	<i>IV</i> Sincronización inadecuada del semáforo	<i>V</i> Exceso de velocidad en los accesos	<i>VI</i> El conductor no percibe el cruce	<i>VII</i> Superficie resbalosa	<i>VIII</i> Poca visibilidad del semáforo o señal	<i>IX</i> Iluminación inadecuada del camino	<i>X</i> Cruce de peatones
<i>Volúmenes</i>	<i>Volumen de tráfico</i>	x		x	x					x	x
<i>Conflictos de tráfico</i>	<i>Número de conflictos</i>	x			x			x			x
<i>Inventario del camino</i>	<i>Datos físicos del lugar</i>	x	x	x	x		x		x		x
<i>Capacidad de semáforo</i>	<i>Fases del semáforo</i>	x		x	x				x		
<i>Tiempo de viaje y de demoras</i>	<i>Tiempo de viaje y demora</i>	x									
<i>Distancia visual</i>	<i>Características de visibilidad</i>		x				x				
<i>Velocidad en el sitio</i>	<i>Características de Velocidad</i>		x	x		x	x				
<i>Resistencia al derrape</i>	<i>Resistencia a superficie resbalosa</i>							x			
<i>Iluminación de carreteras</i>	<i>Datos de iluminación del lugar</i>									x	
Patrón de siniestro o colisión		<i>I</i> Volumen grande de vehículos	<i>II</i> Distancia visual restringida	<i>III</i> Fásc ambar demasiado corta	<i>IV</i> Sincronización inadecuada del semáforo	<i>V</i> Exceso de velocidad en los accesos	<i>VI</i> El conductor no percibe el cruce	<i>VII</i> Superficie resbalosa	<i>VIII</i> Poca visibilidad del semáforo o señal	<i>IX</i> Iluminación inadecuada del camino	<i>X</i> Cruce de peatones
	De frente con vuelta a la izquierda	x	x	x	x	x					
	Ángulo recto en cruces sin semáforo	x	x			x			x		x
	Ángulo recto en cruces con semáforo	x	x	x	x	x			x		
	De extremo trasero en cruces sin semáforo	x				x	x		x		x
	De extremo trasero en cruces con semáforo peatón - vehículo	x	x		x		x		x		x

Fuente: Nicolas J. Garber[2].

**Cuadro 2.16: Contramedidas para colisiones**

<b>Colisiones de frente con vuelta a la izquierda</b>	
<b>Causa Probable</b>	<b>Contramedida General</b>
Volumen grande de vueltas a la izquierda	Crear calle de un solo sentido Ensanchar el camino Suministrar fases de semáforo con vuelta a la izquierda Prohibir la vuelta a la izquierda Cambiar la ruta del tránsito que da vuelta a la izquierda Crucero canalizado Instalar señalización de paro Revisar la secuencia del semáforo Instalar líneas de guía para dar vuelta a la izquierda Instalar semáforo si lo requiere Volver a sincronizar los semáforos Retirar los obstáculos Proporcionar canalización adecuada
Distancia visual restringida	Suministrar una fase especial para dar vuelta a la izquierda Suministrar pistas para dar vuelta a la izquierda Instalar señalamiento de advertencia Reducir el límite de velocidad en los accesos
Fase ámbar demasiado corta	Aumentar la fase ámbar Suministrar fase totalmente roja
Ausencia de fase especial para girar a la izquierda	Suministrar una fase especial para dar vuelta a la izquierda
Exceso de velocidad en los accesos	Reducir el límite de velocidad en los accesos
<b>Colisiones de extremo trasero en cruces sin semáforo</b>	
<b>Causa Probable</b>	<b>Contramedida General</b>
El conductor no percibe el crucero	Instalar, mejorar o ambas, los señalamientos de advertencia
Superficie Resbalosa	Reencarpetamiento Instalar drenado adecuado Pavimento estriado Reducir el límite de velocidad en los accesos Instalar señalamiento de "pavimento resbaloso"
Número grande de vehículos que dan vuelta	Crear carriles para dar vuelta a la izquierda o a la derecha Prohibir las vueltas Aumentar el radio de la guarnición o de giro
Iluminación inadecuada del camino	Mejorar la iluminación del camino
Exceso de velocidad en los accesos	Reducir el límite de velocidad en los accesos
Falta de separación adecuada entre vehículos	Instalar semáforo si es necesario Instalar señalamientos de paro
Cruce de peatones	Instalar y/o mejorar los señalamientos o las marcas de los cruces de peatones
<b>Colisiones de extremo trasero en cruces con semáforo</b>	
<b>Causa Probable</b>	<b>Contramedida General</b>
Superficie resbalosa	Reencarpetamiento Instalar drenado adecuado Pavimento estriado Reducir el límite de velocidad en los accesos Instalar señalamiento de "pavimento resbaloso" Crear carriles para dar vuelta a la izquierda o a la derecha
Número grande de vehículos que dan vuelta	Prohibir las vueltas Aumentar el radio de la guarnición o giro Suministrar una fase especial para dar vuelta a la izquierda Instalar y/o mejorar los dispositivos de advertencia temprana Instalar semáforos elevados Instalar lentes de 12 pulgadas para el semáforo Instalar visores
Poca visibilidad del semáforo	Instalar placas posteriores Reubicar los semáforos Agregar cabezales adicionales para el semáforo Retirar obstáculos visuales Reducir el límite de velocidad en la proximidad Ajustar la fase ámbar
Sincronización inadecuada del semáforo	Proveer protección mediante cruces señalizados Agregar un margen de seguridad con luz roja
Semáforos que no son necesarios	Retirar los semáforos
Iluminación inadecuada del camino	Mejorar la iluminación del camino

Fuente: Nicolas J. Garber[2].

# Capítulo 3

## Materiales y metodología

### 3.1. Materiales por tipo de estudio

Los materiales utilizados se dividen y describen de acuerdo a los cuatro estudios de ingeniería de tránsito que intervienen en los métodos para evaluar la seguridad vial en intersecciones urbanas más un estudio documental sobre gestión de la seguridad vial.

#### 3.1.1. Estudio de inventario del lugar.

Para este estudio se requiere de realizar un levantamiento topográfico del lugar, para tener un plano a detalle de la intersección a evaluar. Se requiere los siguientes materiales

- Estación total con 02 prismas o teodolito electrónico con 02 miras, para el levantamiento con coordenadas.
- Wincha, Flexómetro para algunos detalles necesarios.
- Pintura esmalte, thinner para marcar en los lugares necesarios.
- GPS, para la obtención de coordenadas del lugar, aunque también pueden ser con coordenadas arbitrarias.

- Una libreta de apunte o libreta topográfica.
- Una cuadrilla conformada por 4 personas como mínimo, que serán un topógrafo, dos primeros y una anotador de campo.

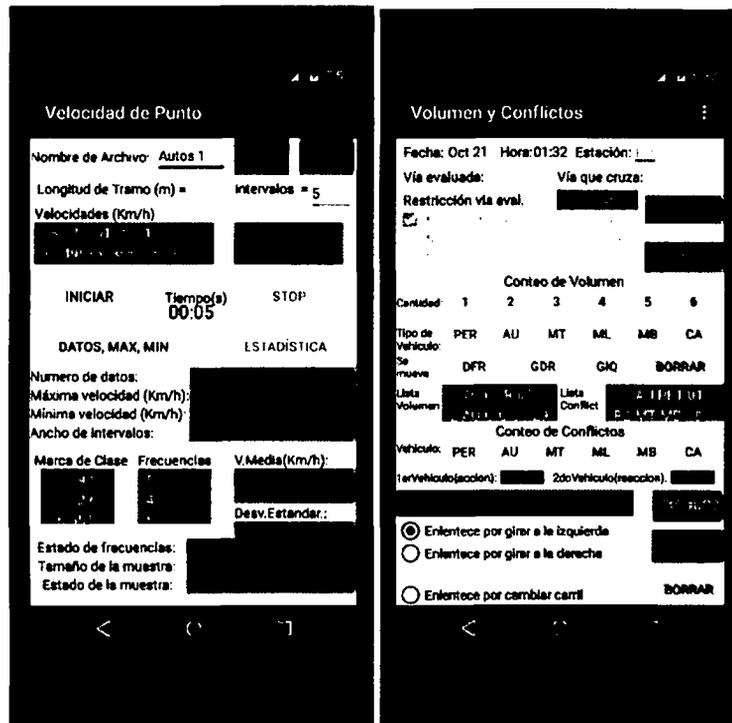
### 3.1.2. Estudio de velocidad de punto

Este estudio busca obtener la velocidad de los vehículos tipo que más intervienen en el funcionamiento de cada tramo que ingresa a la intersección. Para este estudio se desarrollo una aplicación en Android Studio para móviles con sistema android con pantalla mínima de 4" (figura3.1); la aplicación cuenta con un cronómetro con precisión de milisegundos, también calcula la velocidad media y desviación estándar obteniendo la muestra mínima de acuerdo al método de distribución normal a partir de los datos que son cronometrados con el programa. La aplicación también permite guardar los datos en un fichero de texto, para así poder transportarlo a la computadora para su posterior análisis en el software EXCEL.

Para el uso de la aplicación se pueden realizar dos métodos derivados del método de vehículo flotante, teniendo en cuenta una distancia mínima recomendada de 40 metros de recorrido para los vehículos, el cual debe estar cerca al ingreso de la intersección:

- **Método 1: De punto a punto:** Para este método se requiere de dos personas que se ubiquen en el punto cero de inicio y en el punto final de los cuarenta metros, ambas personas estarán comunicados de preferencia con un handsfree a través de sus celulares o por medio de una radio; la persona situada en el punto cero será la que tendrá la aplicación y cantará el vehículo para que la segunda persona divise el vehículo a evaluar como por ejemplo "*¡...Auto Yaris rojo..!*" y al pasar por su punto iniciará con el cronómetro de la aplicación, por otra parte la segunda persona ubicada al final contará de 1 a 3 siendo el momento 2 el momento en que la persona detendrá el cronómetro de la aplicación. El conteo realizado por la segunda persona reduce el error al detener el cronómetro

Figura 3.1: Interfaz de usuario de aplicaciones desarrolladas en Android Studio



Fuente: Elaboración propia.

dato los defectos de demora en el receptor.

- Método 2: Vista de punto alto:** Para este método será necesario pintar con pintura blanca una línea de inicio y una línea final de la distancia analizada; estas líneas deben ser visibles y cercanas desde un punto alto por la persona que cuente con la aplicación en su móvil (figura3.2). De esta manera la persona puede marcar el inicio y el final del vehículo evaluado; más personas pueden estar con la aplicación evaluando diferentes vehículos que pasen por el tramo al mismo tiempo.

Figura 3.2: Vista de punto alto para medir velocidad de punto



Fuente: Elaboración propia.

Se señala y aclara que el número de datos tomado es obtenido en el uso de la aplicación desarrollada por el método de distribución normal o también llamado "*Chi cuadrado*".

Los detalles sobre la posición de los observadores se detallan en el plano 02 presente en los anexos de la investigación.

### 3.1.3. Estudio de volumen en intersección

Para este estudio primero es necesario obtener el tránsito diario promedio anual (TDPA) que ingresa a la intersección por la vía principal y secundaria; segundo es necesario el comportamiento de movimiento volumétrico característico que tienen los vehículos en la intersección. Para este estudio se desarrollo otra aplicación en Android Studio para móviles con sistema android con pantalla mínima de

4" (figura3.1); la aplicación funciona como un contador diferenciando tipos de vehículo de la zona, el movimiento que realiza (de frente, giro a la derecha, giro a la izquierda) y dando la posibilidad de indicar una cantidad de 1 a 6; estos datos se guardan con el tiempo del momento en que se cuenta y puede transportarse como fichero de texto a una computadora para su evaluación en EXCEL.

Para la primera parte se requiere de una estación de un departamento de transporte que cuente con datos de volumen de tránsito diario anual en el lugar de estudio. Al no contar con ello se formo una estación para realizar un *conteo de control* (Garber[2]) por tres días (martes, miércoles y jueves), durante 24 horas por día, para obtener el comportamiento promedio del volumen. Estos días escogidos tienen comportamientos habituales parecidos en la rutina de los vehículos. A partir del comportamiento volumétrico obtenido se obtiene los factores de expansión horaria necesario para obtener un resultado cercano al TDPA en intersecciones de iguales características.

Para la segunda parte, se selecciona previamente la intersección a evaluar con las mismas características de nuestra estación, luego se requiere poder filmar la intersección desde un punto alto donde se pueda ver la mayor parte de la instalación (figura3.3), los vehículos, peatones y sus movimientos. La filmación se dará una hora antes y una hora después de las horas punta característicos y obtenidos de la primera parte del estudio. Este horario es debido a que la mayoría de conflictos de tránsito se dan antes, durante y después de las horas punta, mostrando un comportamiento de prisa por los horarios de trabajo, educación, volver a sus hogares. Con la filmación realizada se puede contabilizar los movimientos de los vehículos por tipo de vehículo y luego ser expandidos con los factores de expansión horarios obtenidos de la primera parte.

Los materiales necesarios para ambas partes son:

- Cámara filmadora.

**Figura 3.3: Cámara filmadora desde punto alto para conteo de volumen y conflictos en la intersección**



Fuente: Elaboración propia.

- Celular con sistema android con la aplicación desarrollada instalada.
- Computadora con software reproductor de video y EXCEL.
- Cuadrilla de 3 a 4 personas que se turnen para el conteo.

Finalmente con este estudio se puede obtener un diagrama de movimiento de los vehículos en la intersección.

#### **3.1.4. Estudio de Conflictos de Tráfico**

El conteo de conflictos de tráfico se realiza utilizando la filmación de dos días de la intersección (Sverker [7]) en los mismos turnos de la segunda parte del estudio de volumen (figura3.3). En este caso se deberá observar la filmación con detenimiento para encontrar los conflictos entre vehículos y vehículo-peatón, que ocurren de acuerdo al método de la FHWA vista en el anterior capítulo, procurando que sean contados solo los conflictos ocurridos en un tiempo de reacción de 1 segundo o menos por parte de los involucrados. Este estudio deberá ser realizado en gabinete

observando el video y transcribiendo los conflictos de tráfico a una hoja de EXCEL programada para este objetivo. Los materiales necesarios son:

- Cámara filmadora.
- Computadora con software reproductor de video y EXCEL.
- Cuadrilla de 3 a 4 personas entrenadas en observar conflictos de tráfico que se turnen para el conteo.

Finalmente con este estudio se puede obtener un diagrama de conflictos de los vehículos y peatones de la intersección.

### **3.1.5. Estudio documental de la gestión de la seguridad vial**

Para el estudio de la gestión de la seguridad vial se deben recolectar documentos o proyectos de seguridad vial que sigue la gerencia de transportes de la municipalidad de Huamanga - Ayacucho, para poder compararlo con el procedimiento recomendado por la HSM parte B, teoría presentada en el capítulo 2 sección 2.3.3. de la presente tesis.

## **3.2. Metodologías**

Para la investigación utilizaremos tres métodos para evaluar la seguridad vial de una intersección acorde a los fundamentos teóricos presentados. Estos métodos se complementan para obtener un resultado final.

### **3.2.1. Método 1: Evaluación del diseño de la intersección**

Este método es cualitativo y cuantitativo, que consiste en evaluar la seguridad vial de la intersección desde el punto de vista físico que presenta. Para este método se requiere del estudio de ingeniería de inventario del lugar y estudio de velocidad de punto.

Obtenido los estudios, ambos se complementan para verificar si cumple con lo siguiente:

- Alineamiento de la intersección.
- Pendiente de la vías de acceso.
- Radio de curvatura.
- Trazo de carriles.
- Ancho mínimo de la vía.
- Distancia visual.

De acuerdo a los resultados se podrá proponer las mejoras de diseño necesarias para el mejor funcionamiento de la intersección, siempre pensando en la seguridad vial de los usuarios.

### 3.2.2. Método 2: Índice de severidad por conflictos de tráfico usando la TSCT

Este método es cualitativo y cuantitativo, en el cual se hace un conteo de los tipos de conflictos de tráfico de acuerdo a la FHWA. Por síntesis propia y comparación, estos tipos de conflicto se relacionan con los tres tipos de conflicto presentados por la técnica sueca de la siguiente manera:

- **Conflictos de vehículos en paralelo:** Aquí se sumarán todos los conflictos que ocurran en la misma dirección, los conflictos de giro a la derecha desde el lado derecho y los conflictos de giro a la izquierda desde el lado izquierdo; todos estos de acuerdo a la FHWA. Estos conflictos son seleccionados porque representan situaciones de colisión con un ángulo menor de  $90^\circ$ .
- **Conflictos de vehículos en ángulo recto:** Aquí se sumarán todos los conflictos que ocurran por girar a la izquierda desde el carril opuesto, conflicto

de giro a la izquierda desde el lado derecho, conflicto de movimiento de frente desde el lado derecho, conflicto de giro a la derecha desde el lado izquierdo y conflicto de movimiento de frente desde el lado izquierdo; todos estos de acuerdo a la FHWA. Estos conflictos son seleccionados porque representan situaciones de colisión con un ángulo mayor de 90°.

- **Conflictos de vehículo-peatón:** Aquí se sumarán todos los conflictos que ocurran con peatón de cerca y peatón de lejos; todos estos de acuerdo a la FHWA.

Utilizando la técnica sueca se obtendrá el índice de severidad o gravedad de los conflictos, siendo necesario también incluir el estudio de velocidad de punto para caracterizar la zona de severidad de los conflictos de acuerdo al diagrama de calificación del conflicto. Finalmente se incluirá el TDPA obtenido del estudio de volumen de la intersección, para obtener el índice de severidad con el uso del cuadro 2.7 y la siguiente ecuación:

$$IS_{int} = \frac{(CP \times FS_{cp} + CR \times FS_{cr} + Cp \times FS_{pe}) \times 100000}{TDPA \times 365} \quad (3.1)$$

Donde:

$IS_{int}$  = Índice de severidad o gravedad en la intersección.

$CP$  = Total de conflictos en paralelo.

$FS_{cp}$  = Factor de severidad de acuerdo a zona para conflictos en paralelo.

$CR$  = Total de conflictos en ángulo recto.

$FS_{cr}$  = Factor de severidad de acuerdo a zona para conflictos en ángulo recto.

$Cp$  = Total de conflictos con peatones.

$FS_{pe}$  = Factor de severidad de acuerdo a zona para conflictos con peatones.

$TDPA$  = Tránsito diario promedio anual.

El índice de severidad encontrado simbolizaría la gravedad o daños que pueden ocurrir por conflicto en un año por cada 100000 vehículos.

### 3.2.3. Método 3: Frecuencia de accidente previsto usando el HSM

Aquí se hará uso del método predictivo del HSM para obtener la frecuencia de accidente previsto en una intersección de una arteria urbana. Se hará uso de los dos primeros pasos o partes del método predictivo descritos en la parte 2.3.3. de la presente investigación, debido a la falta de registro de accidentes anuales del lugar de estudio en específico.

**La primera parte:** consiste en la selección y cálculo de las funciones de desempeño de seguridad (SPFs) a partir de datos iniciales de tránsito diario promedio anual (TDPA) para la vía principal y secundaria. Se siguen los siguientes pasos.

- Seleccionar el tipo de instalación o intersección y ver los rangos límites para el cual se puede usar el HSM (ver el cuadro 2.10).
- Utilizar el SPF para encontrar el número de colisiones de múltiples vehículos  $N_{bimv}$  con la siguiente ecuación y tabla:

$$N_{bimv} = e^{(a+b \times \ln(TDPA_{princ.}) + c \times \ln(TDPA_{sec.und.}))} \quad (3.2)$$

- El número de colisiones múltiples de accidentes fatales y con heridos, y el de solo daños a la propiedad, se deben calibrar, ya que la suma de ambos deben dar el total de accidentes. Para tal caso se usa las siguientes fórmulas.

$$N_{bimv(FH)} = N_{bimv(Total)} \times \left( \frac{N_{bimv(FH)}^i}{N_{bimv(FH)}^i + N_{bimv(SDP)}^i} \right) \quad (3.3)$$

$$N_{bimv(SDP)} = N_{bimv(Total)} - N_{bimv(FH)} \quad (3.4)$$

Donde:

$N_{bimv(FH)}^i$  = Número de accidentes fatal y con heridos inicial encontrado.

**Cuadro 3.2: Coeficientes para colisiones de vehículos simple**

Tipo de Intersección	Coeficientes		
	a	b	c
Total de accidentes			
3ST	-6.81	1.16	0.51
3SG	-9.02	0.42	0.40
4ST	-5.33	0.33	0.12
4SG	-10.21	0.68	0.27
Accidentes fatales y con heridos			
3ST	-	-	-
3SG	-9.75	0.27	0.51
4ST	-	-	-
4SG	-9.25	0.43	0.29
Accidentes solo con daños a la propiedad			
3ST	-8.36	0.25	0.55
3SG	-9.08	0.45	0.33
4ST	-7.04	0.36	0.25
4SG	-11.34	0.78	0.25

Fuente: HSM[8].

Donde:

$N_{bisv(FH)}$  = Número de accidentes fatal y con heridos para colisiones de vehículo simple.

$N_{bisv(Total)}$  = Número total de accidentes para colisiones de vehículo simple.

$f_{bisv}$  = Factor de proporción combinado, para 3ST es 0.31 y para 4ST es 0.28.

- El siguiente paso es encontrar el número de accidentes con peatones  $N_{pedi}$ ; para intersecciones tipo 3SG y 4SG se usa la siguientes ecuaciones y tablas:

$$N_{pedbase} = e^{(a+b \times \ln(TDPA_{total})+c \times \ln(\frac{TDPA_{secund.}}{TDPA_{princ.}})+d \times \ln(PedVol)+e \times n_{carriles})} \quad (3.7)$$

Donde:

$N_{pedbase}$  = Número de accidentes con peatones base.

$TDPA_{princ.}$  = TDPA para vía principal.

**Cuadro 3.1: Coeficientes para colisiones múltiples**

Tipo de Intersección	Coeficientes		
	a	b	c
Total de accidentes			
3ST	-13.36	1.11	0.41
3SG	-12.13	1.11	0.26
4ST	-8.90	0.82	0.25
4SG	-10.99	1.07	0.23
Accidentes fatales y con heridos			
3ST	-14.01	1.16	0.30
3SG	-11.58	1.02	0.17
4ST	-11.13	0.93	0.28
4SG	-13.14	1.18	0.22
Accidentes solo con daños a la propiedad			
3ST	-15.38	1.20	0.51
3SG	-13.24	1.14	0.30
4ST	-8.74	0.77	0.23
4SG	-11.02	1.02	0.24

Fuente: HSM[8].

$N_{bimv(FH)}$  = Número de accidentes fatal y con heridos calibrado.

$N_{bimv(SDP)}^i$  = Número de accidentes solo con daños a la propiedad inicial encontrado.

$N_{bimv(SDP)}$  = Número de accidentes solo con daños a la propiedad calibrado.

$N_{bimv(Total)}$  = Número total de accidentes de múltiples vehículos.

- Ahora utilizar el SPF para encontrar el número de colisiones de vehículos simple  $N_{bisv}$  con la siguiente ecuación y tabla:

$$N_{bisv} = e^{(a+b \times \ln(TDPA_{princ.})+c \times \ln(TDPA_{secund.}))} \quad (3.5)$$

Para el caso de accidentes fatales y con heridos para 3ST y 4ST se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{bisv(FH)} = N_{bisv(Total)} \times f_{bisv} \quad (3.6)$$

$TDP A_{secund.}$  = TDPA para vía secundario.

$TDP A_{total}$  = TDPA total de la intersección.

$PedVol$  = Suma de volumen de peatones que cruzan por cada vía de la intersección diariamente, de no tener ver la cuadro 3.4.

$n_{carriles}$  = Número máximo de carriles que cruza un peatón.

**Cuadro 3.3: Coeficientes para colisiones vehículo-peatón base**

Tipo	Coeficientes de ecuación				
	a	b	c	d	e
3SG	-6.6	0.05	0.24	0.41	0.09
4SG	-9.53	0.4	0.26	0.45	0.04

Fuente: HSM[8].

**Cuadro 3.4: Tabla de volumen de peatones por nivel de actividad**

Nivel de actividad	Tipo de Intersección	
	3SG	4SG
Alta	1700	3200
Media-Alta	750	1500
Media	400	700
Media-Baja	120	240
Baja	20	50

Fuente: HSM[8].

Luego de obtener el número de accidentes base vehículo- peatón, este deberá multiplicarse por los tres factores de modificación de accidentes para peatones que se verá en la segunda parte. Se define la siguiente ecuación:

$$N_{pedi} = N_{pedbase} \times AMF_{1p} \times AMF_{2p} \times AMF_{3p} \quad (3.8)$$

- Para encontrar el número de accidentes con peatones  $N_{pedi}$ ; para intersecciones tipo 3ST y 4ST se multiplica un factor por tipo de intersección a la suma del número de colisiones totales de múltiples vehículos con el número de colisiones de vehículo simple y finalmente se multiplica por el producto de los seis factores de modificación de accidentes para intersecciones que se verán más adelante

en la segunda parte. Se define la ecuación:

$$N_{pedi} = f_{pedi} \times (N_{bimv} + N_{bisv}) \times (AMF_{1i} \times AMF_{2i} \times \dots \times AMF_{6i}) \quad (3.9)$$

Donde:

$f_{pedi}$  = Factor de ajuste para accidentes con peatones. Ver cuadro 3.5

**Cuadro 3.5: Factor de ajuste de accidentes para peatones**

Tipo	Factor de ajuste
3ST	0.021
4ST	0.022

Fuente: HSM[8].

- El último paso de la primera parte es encontrar el número de accidentes con bicicletas  $N_{bikei}$ , esto se realiza a partir de la siguiente ecuación y cuadro.

$$N_{bikei} = f_{bikei} \times (N_{bimv} + N_{bisv}) \times (AMF_{1i} \times AMF_{2i} \times \dots \times AMF_{6i}) \quad (3.10)$$

Donde:

$f_{bikei}$  = Factor de ajuste para accidentes con bicicleta. Ver cuadro 3.6

**Cuadro 3.6: Factor de ajuste de accidentes para bicicleta**

Tipo	Factor de ajuste
3ST	0.016
3SG	0.011
4ST	0.018
4SG	0.015

Fuente: HSM[8].

**La segunda parte:** consiste en encontrar los factores de modificación de accidentes (AMFs) para complementar los cálculos de la primera parte. Se presentan a continuación los AMFs para los accidentes de vehículos y los AMFs para peatones.

- $AMF_{1i}$  **Carril de giro a la izquierda:** La condición base es la ausencia de accesos de carril para girar a la izquierda. De no tener se asume el valor de uno,

de lo contrario ver cuadro 3.7. La señal de Pare se da en la vía secundaria, no

**Cuadro 3.7:  $AMF_{1i}$  por número de accesos para girar a la izquierda**

Intersección	Tipo de control de tráfico	1 Carriles	2 Carriles	3 Carriles	4 Carriles
3 Vías	Señal de Pare	0.67	0.45	-	-
	Señal de semáforo	0.93	0.86	0.80	-
4 Vías	Señal de Pare	0.73	0.53	-	-
	Señal de semáforo	0.90	0.81	0.73	0.66

Fuente: HSM[8].

se contempla el número de señales de Pare.

- $AMF_{2i}$  **Tipo de señal de fase especial de giro a la izquierda:** La condición base es el movimiento permitido con señal de fase para girar a la izquierda (Ver cuadro 3.8). Si no existen las señales se asume un valor de uno. De existir

**Cuadro 3.8:  $AMF_{2i}$  por tipo de señal de fase especial de giro a la izquierda**

Tipo de señal de fase	$AMF_{2i}$
Permitido	1.00
Protegido/Permitido o Permitido/Protegido	0.99
Protegido	0.94

Fuente: HSM[8].

más señales de fase especial de giro a la izquierda los factores se multiplican juntos.

- $AMF_{3i}$  **Carril de giro a la derecha:** La condición base es la ausencia de accesos de carril para girar a la derecha. De no tener se asume el valor de uno, de lo contrario ver cuadro 3.9.

**Cuadro 3.9:  $AMF_{3i}$  por número de accesos para girar a la derecha**

Intersección	Tipo de control de tráfico	1 Carriles	2 Carriles	3 Carriles	4 Carriles
3 Vías	Señal de Pare	0.86	0.74	-	-
	Señal de semáforo	0.96	0.92	-	-
4 Vías	Señal de Pare	0.86	0.74	-	-
	Señal de semáforo	0.96	0.92	0.88	0.85

Fuente: HSM[8].

- **$AMF_{4i}$  Señal de giro a la derecha permitido en rojo:** La condición base es el número de accesos con acceso para girar a la derecha cuando el semáforo está en rojo. Si no presenta ninguna señal se asume un valor de uno. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$AMF_{4i} = 0,98^{(n_{prohib})} \quad (3.11)$$

Donde:  $n_{prohib}$  = Número de accesos con prohibición de girar a la derecha cuando el semáforo está en rojo.

- **$AMF_{5i}$  Iluminación en la Intersección:** La condición base es la no existencia de iluminación, de no ser así se escoge un coeficiente del cuadro 3.10. Estos coeficientes simbolizan la proporción de accidentes que ocurren en la noche que se utiliza en la siguiente ecuación. De no existir iluminación se asume un valor de uno.

$$AMF_{5i} = 1 + 0,38 \times P_{ni} \quad (3.12)$$

Donde:  $P_{ni}$  = Coeficientes de proporción de accidentes que ocurren en la noche.

**Cuadro 3.10: Coeficientes de proporción de accidentes que ocurren en la noche**

Tipo	Coeficiente $P_{ni}$
3ST	0.238
3SG	0.229
3SG ó 4SG	0.235

Fuente: HSM[8].

- **$AMF_{6i}$  Cámaras de luz roja:** La condición base es su ausencia. La cámara de luz roja se instala para observar las violaciones de señales rojas en una intersección (cámara de foto papeletas). De no existir cámaras se asume el valor de uno. De existir cámaras se utilizarán las siguientes ecuaciones y ver cuadro 3.11.

$$AMF_{6i} = 1 - p_{ra} \times (1 - 0,74) - p_{re} \times (1 - 1,18) \quad (3.13)$$

$$p_{ra} = \frac{p_{ramv(FH)} \times N_{bimv(FH)} + p_{ramv(SDP)} \times N_{bimv(SDP)}}{(N_{bimv(FH)} + N_{bimv(SDP)} + N_{bisv})} \quad (3.14)$$

$$p_{re} = \frac{p_{remv(FH)} \times N_{bimv(FH)} + p_{remv(SDP)} \times N_{bimv(SDP)}}{(N_{bimv(FH)} + N_{bimv(SDP)} + N_{bisv})} \quad (3.15)$$

Donde:

$p_{ramv(FH)}$  = Coeficiente de colisión en ángulo para colisiones de múltiples vehículos fatal y con heridos.

$p_{ramv(SDP)}$  = Coeficiente de colisión en ángulo para colisiones de múltiples vehículos solos con daños a la propiedad.

$p_{remv(FH)}$  = Coeficiente de colisión en parte trasera para colisiones de múltiples vehículos fatal y con heridos.

$p_{remv(SDP)}$  = Coeficiente de colisión en parte trasera para colisiones de múltiples vehículos solos con daños a la propiedad.

$N_{bimv(FH)}$  = Número de colisiones de vehículos múltiples fatal y con heridos calibrado.

$N_{bimv(SDP)}$  = Número de colisiones de vehículos múltiples solo con daños a la propiedad calibrado.

$N_{bisv}$  = Número Total de colisiones de vehículos simple.

**Cuadro 3.11: Coeficientes por tipo de colisión de vehículos múltiples**

Manera de Colisión	3ST		3SG		4ST		4SG	
	FH	SDP	FH	SDP	FH	SDP	FH	SDP
En ángulo (Pramv)	0.343	0.262	0.28	0.204	0.44	0.335	0.347	0.244
En parte posterior (Premv)	0.421	0.44	0.549	0.546	0.338	0.374	0.45	0.483

Fuente: HSM[8].

- $AMF_{1p}$  **Paraderos de autobús:** La condición base es la ausencia de paraderos cercanos a 300 metros a la redonda. De acuerdo al número de paraderos se asume el factor del cuadro 3.12.
- $AMF_{2p}$  **Escuelas:** La condición base es la ausencia de escuelas presentes cercanas a 300 metros a la redonda. De acuerdo a la presencia de escuelas se

**Cuadro 3.12:**  $AMF_{1p}$  por número de paraderos de autobús

Número de paraderos	$AMF_{1p}$
0	1.00
1 ó 2	2.78
3 ó más	4.15

Fuente: HSM[8].

asume el factor del cuadro 3.13.

**Cuadro 3.13:**  $AMF_{2p}$  por la presencia de escuelas

Presencia de escuelas	$AMF_{2p}$
No hay escuelas presentes	1.00
Hay escuelas presentes	1.35

Fuente: HSM[8].

- $AMF_{3p}$  **Establecimientos de venta de alcohol:** La condición base es la ausencia de establecimientos de venta de alcohol a 300 metros a la redonda. De acuerdo al número de establecimientos de venta de alcohol se asume el factor del cuadro 3.14.

**Cuadro 3.14:**  $AMF_{3p}$  por número de establecimientos de venta de alcohol

Número de establecimientos	$AMF_{3p}$
0	1.00
1 a 8	1.12
9 ó más	1.56

Fuente: HSM[8].

Finalmente se hace uso de las ecuaciones 2.20, 2.21 y 2.22 presentados en el capítulo anterior. Con ello se obtiene el número de accidentes previsto o frecuencia de accidentes previstos para la intersección. En la guía del HSM (NCHRP [9]) se comenta la posibilidad de aplicar una tasa de crecimiento de volumen vehicular; este es aplicado en decrecimiento de 5 años al TDPA para la vía principal y secundaria. A estos volúmenes se le aplica el método predictivo y finalmente se promedian las frecuencias de accidentes previstos de cada año, obteniendo la frecuencia promedio

de accidente previsto de la intersección.

Los cuadros y ecuaciones presentadas son traducidas y transportadas a partir del HSM [8] para los fines de la investigación.

# Capítulo 4

## Zona de estudio y recolección de datos

### 4.1. Selección de la zona de estudio

Para la selección de la intersección urbana de estudio en la ciudad de Ayacucho se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- Sea una intersección con vía principal de tipo colectora y arterial, para una mayor presencia vehicular.
- Intersección que no presente semáforo; para percibir como se efectúan los conflictos de tráfico sin medidas de seguridad instaladas.
- Facilidad para colocar una cámara filmadora desde un punto alto, para realizar los procedimientos ya señalados en el capítulo anterior.
- La intersección debe estar presente o nombrado en los registros de la policía, para ello se presenta los cuadros 4.1, 4.2 como aporte de elaboración propia, los accidentes ocurridos en intersecciones del año 2013 para la ciudad de Ayacucho. Se aclara que este resumen es de los datos más claros de los cuadernos de la DIRTEPOL-Ayacucho y también los que la institución pudo registrar; es decir que los accidentes registrados por año pueden ser más.

De acuerdo a los criterios presentados, teniendo en cuenta los cuadros de registros, se seleccionó la intersección de la Av. Independencia con la Av. Universitaria que solo presenta un choque registrado, pero ofrece todas las facilidades para su estudio (figuras 4.1,4.2). Se escoge solo una intersección, debido al tiempo que se requiere para obtener los datos requeridos y su proceso de evaluación.

Se señala que los métodos de evaluación presentados se pueden realizar en cualquier intersección urbana de cualquier ciudad; pero es necesario la colaboración de los pobladores para la colocación de instrumentos de filmación en dirección a la intersección desde sus hogares, también es necesario contar con un grupo de personas con conocimiento sobre el tema para desarrollar la investigación en un tiempo más corto.

**Figura 4.1: Vista de intersección en planta con google maps**



Fuente: Google Earth.

**Cuadro 4.1: Accidentes de Tránsito en Intersecciones Urbanas 2013**

Vías en una intersección		Tipo de Accidente		Total por tipo de Accidente	
Vía 1	Vía 2	Atropello	Choque	Atropello	Choque
Av. Independencia	Jr. Las Orquideas y Jr. Las Palmeras	5	2	12	16
	Puente peatonal ENACE	1	1		
	Av. 26 de Enero y Av. Venezuela	3	5		
	Jr. Quinua	1	1		
	Av. Pérez de Cuellar		3		
	Jr. L.F. Masprone (FADA)	2	3		
	Av. Universitaria		1		
Av. 26 de Enero	Jr. Las cucardas	1	1	6	6
	Jr. L.F. Masprone (C.E. Froebel)	1	3		
	Vía Libertadores	1	2		
	OTROS	3			
Av. Mariscal Cáceres	Jr. Huanta		1	17	15
	Jr. 9 de Diciembre		3		
	Jr. Tres Máscaras	2	1		
	Jr. Asamblea	3	1		
	Jr. Sol y Jr. Los Andes	3	2		
	Jr. Garcilazo de la Vega		1		
	Jr. Sucre	1	3		
	Jr. Miller	4			
	Jr. Protzel	1			
	Jr. Roma	2			
	Ovalo Magdalena	1	3		
Av. Ramón Castilla	Av. Ejercito	2	4	11	24
	Puente Nuevo	3	5		
	Jr. Ica	1	1		
	Puente Apurimac	1	6		
	Av. Aviación	1	5		
	Jr. Arica	1			
	Av. Cuzco	2	2		
	OTROS		1		
Av. Venezuela	Av del deporte	4	5	4	5
Av. Ejercito	Buena Vista	3		3	2
	Jr. Cantuta (UAP)		1		
	Jr. Tarapacá		1		
Av. Cuzco	Jr. Pokra	1	2	5	4
	Psje, Victor Fajardo		1		
	Av. Arenales	1	1		
	Av. Naciones Unidas	1			
	Jr. Amauta	1			
	Av. Venezuela	1			
Av. Manco Cápac	Psje Cáceres	1	2	4	12
	Jr. 9 de Diciembre	2	2		
	Jr. Los Andes		1		
	Jr. Miller		2		
	Jr. Garcilazo de la Vega		1		
	Jr. Asamblea		1		
	Pte Pascualillo	1	1		
	Jr. Montesori		1		
	Jr. José Olaya		1		
Av. Arenales	Av. 9 de diciembre	2	4	3	8
	Jr. Pokra	1	3		
	Jr. Wari		1		
Av. Perez de Cuellar	jr los olmos	3		6	4
	jr las casuarinas		2		
	jr las palmeras	1			
	Los artesanos	2	2		
Av. Ns de las Mercedes	Av. Aviación	1	2	1	2
Av. Los incas (capillapata)	Av. alfonso ugarte	1	2	1	2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comisaria de Ayacucho.

**Cuadro 4.2: Accidentes de Tránsito en Intersecciones Urbanas 2013**

Vías en una intersección		Tipo de Accidente		Total por tipo de Accidente	
Vía 1	Vía 2	Atropello	Choque	Atropello	Choque
Av. Los incas (nazarenas)	Jr. Ricardo Palma	1	1	6	4
	Jr. Celis	2			
	Av. San Felipe	1			
	Jr. JM Euguren	1			
	Jr. Pje Flores		1		
	Jr. M alarcon	1			
	Av. Universitaria		2		
Jr. San Martín	Jr. Pizarro y Av. San Pedro	2	3	3	10
	Jr. Garcilazo de la Vega	1	1		
	Jr. Sol		2		
	Jr. Libertad		1		
	Jr. Tres Máscaras		1		
	Jr. Grau		1		
	Jr. Sucre		1		
Jr. Arequipa	Jr. Pizarro	1	2	2	9
	Jr. Tres Máscaras	1	4		
	Jr. Glorieta		2		
	Jr. Sol		1		
Jr. Huanta	Jr. Untiveros	2	4	2	4
Jr. Quinua	Jr. Libertad	1	1	4	2
	Jr. Garcilazo de la Vega	2	1		
	Jr. 9 de Diciembre	1			
Jr. Unión (Parq. Magdalena)	Jr. Miller	3	5	5	5
	Jr. Roma	1			
	Jr. Los Andes	1			
Jr. Dos de Mayo	Jr. Río Seco		2	0	4
	Alameda		2		
Jr. Grau	Jr. Chorro	5		9	5
	Jr. Garcilazo de la Vega	1			
	Jr. Nazarenas y F. Vivanco	1	4		
	Jr. Lima	1			
	Calle San Juan de Dios y Playa Grau	1	1		
Jr. F. Vivanco	Jr. 28 de Julio	3	2	4	3
	Jr. Tres Máscaras	1			
	Jr. Dos de Mayo		1		
Jr. Callao	Jr. 9 de Diciembre	1	2	3	4
	Jr. Garcilazo de la Vega	2	2		
Jr. Libertad	Jr. Gordillo (Grifo Plaza)		2	4	8
	Jr. Maravillas	1	2		
	Jr. Chorro	1	1		
	Jr. L.F. Masprone (C.E. Froebel)		1		
	Jr. Callao	1	1		
	Jr. Lima	1	1		
Jr. Tres Máscaras	Jr. Bellido	1	2	1	2
Jr. Sol	Jr. Untiveros		1	0	1
Jr. Asamblea	Psje la Cultura	1	1	2	4
	Jr. Quinua	1	3		
Jr. Cuzco	Jr. Tres Máscaras		1	0	1
Jr. Munive	Jr. Madrid (plaza sjb)		2	0	2
Jr. Bellido	Jr. 9 de Diciembre	1	2	3	4
	Jr. Garcilazo de la Vega	1	1		
	Jr. Sucre	1			
	Jr. Pizarro		1		
Via Libertadores	Psje Alberto Arca Parro (gfo Ayac)		3	0	3
Jr. Chorro	Jr. 28 de Julio		2	0	2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comisaria de Ayacucho.

**Figura 4.2: Vista de intersección desde punto de filmación**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1. Estación de apoyo

Para realizar el conteo de control un día martes, miércoles y jueves y obtener los factores de expansión horaria para tener un valor cercano al TDPA, fue necesario contar con una estación para realizar el conteo durante 24 horas por día; se aprovechó la vista del domicilio del investigador hacia la intersección del Jr. Libertad con el Psje. las Turquesas (figura 4.3). El conteo consistió en saber cuantos vehículos hacían uso de la intersección durante las 24 horas de cada día. El Jr. Libertad como vía principal también cumple ser del tipo colector en la ciudad de Ayacucho.

Figura 4.3: Vista de estación de conteo de control



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Justificación y detalles de selección de la zona de estudio

La presente investigación fue aprobada como plan en abril a mayo del año 2015, fecha en la cual aún no se había procedido con la recolección de datos y la selección de la intersección de estudio en la que se aplicarían las metodologías propuestas. Se aclara que la investigación tiene como objetivo el **comprobar y proponer fundamentos teóricos recolectados**, y se desarrolla solo en una intersección de estudio seleccionada por los motivos descritos en el numeral 4.1, así mismo, es factible su desarrollo en el tiempo de recolección y tratamiento de datos para una tesis de pre grado.

Se declara como parte del proceso de desarrollo de la investigación, que la intersección de estudio así como la estación de conteo fueron seleccionadas y estudiadas en los meses de agosto y setiembre del año 2015, fechas en la cual en la ciudad de Ayacucho se realizaban los trabajos del proyecto de drenaje pluvial de la ciudad, la cual tuvo como consecuencia el cierre temporal de varias vías, intersecciones y cambios en el comportamiento del transporte de la ciudad. La intersección de estudio, así como la estación para el conteo de control también fueron afectados con crecimientos de volumen vehicular debido al cierre de otras vías; más no hubo cambios en la dirección o sentido en la que operan.

Se realizaron las consultas necesarias con el asesor de la tesis, y dada la necesidad de continuar con la investigación se decidió por la intersección del Av. Independencia y la Av. Universitaria, que cumple con el criterio comentado de acuerdo al numeral 4.1, al mismo tiempo se dieron las facilidades para colocar una cámara sencilla desde un punto estratégico, visible y accesible a cualquier hora, que en este caso fue la azotea del pabellón de post grado de la UNSCH, también con una toma de corriente; aspecto que no fue aplicable desde las viviendas de los vecinos de la Av. Mariscal Cáceres, Av. Ramón Castilla, que de acuerdo a los reportes serían las de mayor problema.

A pesar de los cambios ocurridos durante el proceso de la investigación se piensa que el **comportamiento volumétrico** de la estación de conteo de control en la intersección del Jr. Libertad y Psje. Las Turquesas no difiere de la realidad en sus horarios de tránsito pico y tránsito valle, aunque se hubiese realizado en condiciones normales, salvo en las cantidades de vehículos registrados.

En el caso de la intersección de estudio, pudo ser afectado la cantidad de volumen de vehículos y por arrastre la cantidad de conflictos; pero por otra parte no hay razón para creer que el comportamiento que se observe y registre sea diferente en

condiciones normales dado que la intersección de estudio se encontró alejada de las zonas de trabajo del drenaje pluvial.

## 4.2. Recolección de datos

En esta sección se muestran los datos recolectados por estudio requerido comentado en el capítulo 3 sección 3.1.

Para fines de todos los datos en la intersección de tres vías, se le da la siguiente definición a cada vía:

- **Estación 1:** Será la vía de la Av. Independencia que viene de norte a sur con referencia pasando por la puerta principal de la universidad.
- **Estación 2:** Será la vía de la Av. Universitaria que viene de este a oeste con referencia pasando por la puerta dos de la universidad.
- **Estación 3:** Será la vía de la Av. Independencia que viene de sur a norte con referencia pasando el instituto Hierro Pozo.

### 4.2.1. Datos de estudio de inventario del lugar

Para el estudio de inventario del lugar se presenta como dato el plano de la intersección urbana de estudio en estado actual (plano 01) presente en los anexos de la investigación; el plano incluye los detalles en planta a curvas de nivel, secciones de las vías que intervienen y el perfil longitudinal de la vía principal y secundaria.

## 4.2.2. Datos de estudio de velocidad de punto

## Estación 1

- Tipo de Vehículo: Autos.
- Longitud de tramo: 40 metros.

Cuadro 4.3: Datos de velocidad de autos estación 1

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	34.115	26	21.512	51	18.646	76	25.294
2	22.549	27	25.263	52	23.645	77	25.577
3	20.967	28	29.624	53	19.837	78	22.941
4	19.942	29	27.555	54	16.299	79	30.809
5	30.612	30	26.612	55	24.473	80	25.039
6	24.337	31	23.673	56	32.179	81	23.727
7	20.516	32	21.289	57	26.182	82	19.162
8	17.329	33	19.420	58	27.671	83	29.630
9	23.192	34	16.319	59	19.502	84	21.775
10	34.951	35	23.377	60	29.132	85	24.996
11	28.904	36	20.891	61	23.747	86	21.772
12	19.015	37	23.618	62	24.312	87	22.378
13	24.996	38	18.159	63	23.226	88	22.581
14	23.426	39	18.821	64	30.508	89	22.749
15	20.089	40	20.663	65	32.050	90	18.711
16	26.277	41	24.242	66	29.424	91	22.624
17	26.554	42	20.290	67	29.126	92	17.864
18	18.692	43	18.426	68	28.835	93	23.445
19	26.766	44	28.180	69	21.955	94	34.318
20	25.797	45	19.840	70	25.509	95	23.040
21	27.012	46	27.512	71	20.800	96	19.531
22	29.988	47	26.544	72	31.203	97	22.821
23	30.189	48	23.968	73	24.100	98	18.109
24	19.565	49	30.809	74	28.945	99	20.047
25	28.526	50	25.609	75	21.736	100	19.678

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Mototaxi.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.4: Datos de velocidad de mototaxi estación 1**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	22.978	26	24.407	51	23.845	76	23.331
2	20.208	27	23.290	52	18.466	77	24.935
3	20.504	28	30.038	53	23.388	78	33.747
4	18.502	29	23.000	54	21.674	79	24.226
5	18.495	30	21.489	55	25.591	80	27.730
6	20.059	31	25.559	56	25.627	81	28.458
7	16.836	32	22.479	57	31.641	82	24.177
8	17.527	33	20.194	58	23.073	83	25.541
9	21.090	34	23.058	59	33.692	84	22.588
10	20.728	35	29.197	60	21.327	85	19.238
11	19.797	36	20.945	61	19.547	86	21.723
12	16.198	37	22.012	62	23.873	87	23.610
13	23.529	38	21.280	63	24.040	88	24.320
14	26.816	39	21.083	64	22.281	89	24.072
15	26.921	40	18.542	65	23.181	90	21.719
16	26.427	41	20.833	66	25.687	91	29.286
17	27.576	42	22.843	67	26.412	92	24.582
18	21.056	43	20.319	68	21.716	93	21.186
19	24.436	44	25.388	69	22.857	94	28.391
20	24.068	45	28.241	70	24.540	95	22.595
21	29.179	46	20.333	71	27.237	96	23.984
22	19.306	47	20.708	72	21.554	97	25.268
23	26.383	48	25.650	73	25.853	98	28.986
24	21.875	49	23.192	74	18.260	99	31.929
25	24.304	50	25.241	75	25.867	100	24.415

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Microbus.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.5: Datos de velocidad de Microbus estación 1**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	23.715	26	24.032	51	24.939	76	22.578
2	19.920	27	25.410	52	24.432	77	21.007
3	24.267	28	22.875	53	24.490	78	21.644
4	27.858	29	21.657	54	21.318	79	22.774
5	21.703	30	19.436	55	22.005	80	31.088
6	25.733	31	27.644	56	26.244	81	23.044
7	24.810	32	23.003	57	24.607	82	19.324
8	16.870	33	26.282	58	22.745	83	29.280
9	33.233	34	19.961	59	20.385	84	24.263
10	19.215	35	32.050	60	30.284	85	27.676
11	14.355	36	23.029	61	20.803	86	26.627
12	22.578	37	21.878	62	23.743	87	20.696
13	20.604	38	17.908	63	24.536	88	19.517
14	17.647	39	27.418	64	26.441	89	25.442
15	21.648	40	33.582	65	22.760	90	20.437
16	24.909	41	23.568	66	28.549	91	21.394
17	23.503	42	23.499	67	28.515	92	30.157
18	29.678	43	21.164	68	23.487	93	35.182
19	17.552	44	26.417	69	22.250	94	24.137
20	28.048	45	30.006	70	20.681	95	21.000
21	30.182	46	23.384	71	16.273	96	29.826
22	25.825	47	25.491	72	22.096	97	23.747
23	35.485	48	27.211	73	23.980	98	28.515
24	17.459	49	17.984	74	27.180	99	20.860
25	24.267	50	24.713	75	28.840	100	18.942

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Moto Lineal.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.6: Datos de velocidad de moto lineal estación 1**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	27.149	26	20.803	51	23.468	76	28.951
2	22.663	27	28.285	52	25.673	77	33.676
3	19.146	28	24.304	53	27.139	78	25.361
4	34.010	29	39.746	54	24.283	79	26.608
5	19.481	30	30.743	55	20.120	80	23.103
6	28.026	31	27.831	56	28.881	81	25.830
7	15.175	32	32.447	57	28.141	82	29.764
8	14.949	33	28.125	58	22.978	83	20.081
9	24.390	34	26.234	59	25.705	84	20.498
10	20.985	35	25.281	60	24.448	85	38.699
11	19.731	36	25.352	61	28.829	86	20.457
12	29.807	37	28.302	62	19.835	87	30.756
13	30.736	38	33.442	63	26.578	88	32.847
14	20.982	39	22.274	64	34.707	89	26.588
15	20.293	40	28.549	65	20.179	90	15.598
16	20.019	41	28.202	66	23.218	91	19.627
17	27.560	42	20.663	67	24.096	92	19.928
18	23.881	43	26.871	68	24.730	93	18.819
19	25.013	44	25.091	69	19.761	94	16.911
20	21.805	45	24.983	70	29.472	95	30.265
21	19.912	46	24.032	71	30.612	96	17.417
22	30.954	47	31.795	72	27.129	97	23.278
23	20.782	48	21.736	73	27.714	98	26.966
24	34.294	49	22.978	74	32.616	99	31.739
25	21.599	50	20.402	75	17.491	100	24.704

Fuente: Elaboración propia.

**Estación 2**

- Tipo de Vehículo: Autos.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.7: Datos de velocidad de autos estación 2**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	28.032	26	36.063	51	42.453	76	33.850
2	28.442	27	29.021	52	33.411	77	29.771
3	30.567	28	34.867	53	33.866	78	39.658
4	38.278	29	32.287	54	41.582	79	30.743
5	32.403	30	36.725	55	38.919	80	38.035
6	38.206	31	38.523	56	33.356	81	40.678
7	29.508	32	43.742	57	40.370	82	45.354
8	38.898	33	35.079	58	31.972	83	26.534
9	46.169	34	30.297	59	34.699	84	30.928
10	36.245	35	40.666	60	33.442	85	25.932
11	46.921	36	41.237	61	29.551	86	44.679
12	31.108	37	43.217	62	33.364	87	35.028
13	38.554	38	35.156	63	46.662	88	29.624
14	35.759	39	33.874	64	39.856	89	35.892
15	32.809	40	32.014	65	45.627	90	41.237
16	38.678	41	41.391	66	30.425	91	40.123
17	33.012	42	45.099	67	30.730	92	26.821
18	40.438	43	38.596	68	31.579	93	45.498
19	26.876	44	34.516	69	30.750	94	36.364
20	34.302	45	45.369	70	39.735	95	44.335
21	30.691	46	40.461	71	32.043	96	34.574
22	38.678	47	41.061	72	39.506	97	29.003
23	44.818	48	34.075	73	49.689	98	28.263
24	26.016	49	34.624	74	37.985	99	39.495
25	37.945	50	35.320	75	35.617	100	34.196

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Mototaxi.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.8: Datos de velocidad de mototaxi estación 2**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	24.632	26	36.933	51	36.829	76	38.095
2	34.749	27	33.962	52	50.174	77	34.458
3	38.993	28	46.332	53	30.901	78	40.089
4	41.499	29	31.034	54	33.598	79	38.196
5	41.367	30	42.130	55	37.559	80	33.457
6	34.450	31	38.606	56	34.083	81	32.043
7	30.599	32	20.696	57	35.529	82	26.992
8	35.468	33	35.973	58	36.989	83	35.919
9	28.554	34	36.829	59	39.184	84	32.809
10	34.376	35	35.573	60	37.461	85	29.304
11	39.867	36	43.114	61	39.377	86	24.121
12	30.100	37	41.860	62	35.355	87	36.810
13	37.559	38	30.717	63	38.115	88	30.303
14	33.700	39	38.972	64	41.860	89	29.490
15	28.532	40	35.547	65	35.381	90	34.943
16	41.261	41	46.542	66	37.296	91	31.142
17	28.794	42	36.163	67	42.985	92	34.791
18	28.910	43	34.557	68	35.105	93	40.747
19	40.427	44	46.982	69	39.291	94	29.938
20	44.637	45	33.387	70	45.397	95	41.873
21	35.407	46	31.922	71	39.506	96	32.997
22	36.800	47	36.791	72	50.017	97	40.314
23	38.431	48	40.967	73	41.643	98	38.814
24	30.961	49	36.281	74	37.161	99	38.793
25	39.637	50	25.793	75	35.363	100	39.109

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Moto lineal.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.9: Datos de velocidad de moto lineal estación 2**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	47.306	33	34.075	65	46.332	97	25.316
2	36.530	34	30.367	66	36.970	98	38.186
3	36.942	35	37.142	67	44.294	99	35.608
4	32.280	36	39.582	68	35.547	100	32.638
5	31.407	37	39.409	69	36.753	101	39.560
6	42.641	38	36.651	70	48.096	102	42.403
7	32.884	39	43.178	71	42.870	103	33.043
8	34.261	40	44.417	72	21.746	104	38.689
9	49.281	41	20.952	73	39.713	105	30.418
10	28.257	42	40.078	74	27.068	106	40.393
11	41.487	43	26.726	75	29.617	107	44.185
12	20.982	44	42.895	76	54.878	108	46.332
13	33.629	45	29.587	77	58.018	109	36.725
14	36.474	46	41.909	78	34.825	110	44.403
15	34.351	47	41.546	79	46.997	111	27.160
16	23.051	48	62.992	80	38.278	112	28.169
17	42.998	49	70.554	81	40.967	113	43.889
18	38.565	50	31.993	82	46.302	114	38.513
19	43.597	51	38.308	83	37.200	115	43.465
20	24.004	52	26.766	84	50.456	116	31.986
21	26.691	53	32.914	85	36.226	117	29.994
22	23.719	54	50.297	86	30.750	118	25.618
23	32.309	55	44.707	87	36.272	119	42.428
24	45.383	56	38.731	88	34.599	120	45.656
25	27.299	57	32.757	89	37.229	121	29.950
26	28.005	58	42.692	90	35.028	122	35.964
27	38.731	59	43.101	91	45.469	123	42.857
28	37.200	60	49.451	92	54.690	124	53.671
29	44.860	61	23.968	93	51.521	125	40.956
30	35.285	62	31.028	94	32.572		
31	36.136	63	46.452	95	44.972		
32	25.144	64	34.212	96	44.240		

Fuente: Elaboración propia.

**Estación 3**

- Tipo de Vehículo: Autos.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.10: Datos de velocidad de autos estación 3**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	26.451	26	24.991	51	23.025	76	26.106
2	22.042	27	26.068	52	28.125	77	31.607
3	23.952	28	25.140	53	35.679	78	30.632
4	27.762	29	22.371	54	30.954	79	32.251
5	23.591	30	24.939	55	23.723	80	25.083
6	26.563	31	29.073	56	30.567	81	23.845
7	26.961	32	21.664	57	23.735	82	25.022
8	24.713	33	25.983	58	24.573	83	27.945
9	25.728	34	27.083	59	32.513	84	30.195
10	30.750	35	24.117	60	26.187	85	25.742
11	24.721	36	26.711	61	25.659	86	22.846
12	19.969	37	25.751	62	30.756	87	24.751
13	22.451	38	29.502	63	31.284	88	28.374
14	27.154	39	20.423	64	28.600	89	27.032
15	25.281	40	34.724	65	26.821	90	19.108
16	20.522	41	25.774	66	25.728	91	24.251
17	26.239	42	27.999	67	22.270	92	24.129
18	25.793	43	29.532	68	25.825	93	21.965
19	24.527	44	23.545	69	23.403	94	24.312
20	25.325	45	30.710	70	29.056	95	26.766
21	25.339	46	18.290	71	34.099	96	31.223
22	32.779	47	24.469	72	24.662	97	24.974
23	26.563	48	22.864	73	24.365	98	26.325
24	23.025	49	30.348	74	30.335	99	29.091
25	21.528	50	24.153	75	25.419	100	22.430

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Mototaxi.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.11: Datos de velocidad de mototaxi estación 3**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	21.683	26	18.504	51	32.884	76	20.348
2	21.759	27	27.708	52	25.797	77	23.940
3	23.384	28	28.136	53	27.644	78	21.136
4	24.157	29	26.529	54	19.865	79	25.469
5	20.151	30	24.440	55	26.403	80	27.698
6	21.609	31	20.767	56	21.483	81	23.256
7	23.275	32	23.747	57	22.817	82	28.120
8	25.546	33	20.942	58	22.634	83	28.164
9	21.223	34	18.614	59	23.696	84	18.272
10	23.614	35	26.662	60	21.223	85	21.416
11	20.305	36	24.738	61	22.205	86	19.555
12	21.365	37	23.514	62	20.330	87	23.007
13	19.675	38	22.828	63	25.979	88	25.078
14	20.782	39	18.351	64	21.099	89	19.756
15	22.670	40	27.324	65	24.853	90	22.426
16	23.587	41	21.258	66	17.516	91	23.956
17	28.081	42	21.355	67	22.571	92	20.145
18	27.304	43	20.639	68	27.423	93	25.659
19	22.301	44	24.210	69	20.803	94	21.099
20	22.367	45	23.603	70	27.083	95	23.480
21	22.745	46	20.557	71	20.764	96	21.888
22	21.716	47	18.843	72	20.504	97	19.857
23	21.473	48	24.370	73	18.890	98	23.948
24	26.002	49	17.171	74	24.234	99	28.475
25	22.312	50	16.358	75	20.006	100	28.244

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Microbus.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.12: Datos de velocidad de microbus estación 3**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	24.206	27	23.415	53	22.717	79	17.512
2	27.324	28	21.563	54	20.936	80	20.382
3	22.409	29	21.139	55	21.397	81	22.674
4	21.270	30	22.539	56	22.897	82	18.883
5	24.349	31	20.976	57	22.535	83	21.016
6	22.535	32	25.105	58	23.641	84	20.256
7	21.965	33	23.263	59	21.521	85	23.309
8	20.262	34	20.452	60	20.211	86	19.050
9	21.195	35	20.191	61	22.908	87	20.595
10	24.104	36	26.153	62	25.867	88	21.625
11	23.514	37	20.589	63	23.630	89	18.538
12	24.255	38	25.392	64	23.743	90	25.214
13	23.499	39	19.637	65	20.345	91	20.574
14	23.260	40	22.113	66	22.504	92	21.180
15	17.550	41	25.632	67	22.161	93	24.974
16	17.572	42	20.148	68	22.846	94	24.141
17	22.556	43	21.321	69	21.220	95	21.136
18	20.279	44	23.614	70	18.900	96	24.056
19	16.255	45	21.435	71	23.457	97	20.879
20	18.150	46	22.198	72	18.297	98	22.706
21	24.161	47	23.900	73	19.563	99	21.314
22	20.806	48	31.676	74	18.370	100	24.032
23	18.084	49	23.290	75	18.173	101	23.948
24	17.926	50	23.735	76	20.376	102	22.137
25	24.978	51	23.293	77	17.975	103	21.612
26	23.522	52	20.639	78	23.476	104	28.475

Fuente: Elaboración propia.

- Tipo de Vehículo: Moto lineal.
- Longitud de tramo: 40 metros.

**Cuadro 4.13: Datos de velocidad de moto lineal estación 3**

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	29.783	26	35.036	51	30.316	76	28.974
2	41.273	27	21.333	52	21.651	77	25.719
3	35.268	28	26.063	53	27.891	78	34.115
4	32.601	29	31.676	54	31.972	79	42.056
5	24.407	30	23.033	55	33.395	80	31.482
6	33.994	31	28.374	56	38.400	81	31.189
7	30.888	32	27.983	57	32.698	82	36.923
8	34.624	33	38.075	58	19.936	83	37.229
9	40.078	34	38.565	59	28.285	84	29.526
10	20.833	35	26.901	60	21.815	85	28.114
11	30.470	36	32.914	61	31.767	86	35.372
12	28.714	37	30.297	62	34.164	87	24.768
13	30.981	38	31.128	63	30.515	88	23.118
14	31.284	39	28.887	64	41.356	89	33.241
15	35.277	40	30.868	65	27.491	90	27.591
16	22.433	41	39.702	66	22.970	91	26.771
17	29.764	42	33.020	67	33.668	92	42.604
18	22.934	43	27.983	68	30.658	93	31.683
19	26.111	44	30.038	69	31.345	94	32.675
20	33.827	45	23.518	70	36.154	95	18.706
21	35.096	46	41.002	71	27.666	96	32.572
22	28.453	47	24.823	72	26.306	97	23.661
23	27.666	48	30.182	73	24.683	98	32.690
24	28.180	49	35.191	74	24.725	99	27.607
25	45.904	50	37.383	75	21.779	100	27.211

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.3. Datos de estudio de volumen de intersección

#### Volumen de estación de apoyo

Se presenta los datos de la estación de apoyo; el conteo volumen cada 15 minutos por 24 horas.

**Cuadro 4.14: Conteo de control vehicular parte 1**

Hora	Martes	Miercoles	Jueves
12:00:00 a.m.	42	34	46
12:15:00 a.m.	34	28	41
12:30:00 a.m.	27	22	31
12:45:00 a.m.	27	35	30
01:00:00 a.m.	24	33	29
01:15:00 a.m.	18	19	28
01:30:00 a.m.	14	33	28
01:45:00 a.m.	29	24	25
02:00:00 a.m.	23	24	25
02:15:00 a.m.	21	26	21
02:30:00 a.m.	33	21	25
02:45:00 a.m.	25	17	22
03:00:00 a.m.	26	28	24
03:15:00 a.m.	26	39	30
03:30:00 a.m.	36	46	40
03:45:00 a.m.	34	45	37
04:00:00 a.m.	46	51	47
04:15:00 a.m.	53	52	56
04:30:00 a.m.	55	54	40
04:45:00 a.m.	70	69	72
05:00:00 a.m.	95	94	69
05:15:00 a.m.	80	80	96
05:30:00 a.m.	108	107	113
05:45:00 a.m.	146	146	136
06:00:00 a.m.	169	159	159
06:15:00 a.m.	177	210	201
06:30:00 a.m.	186	211	214
06:45:00 a.m.	216	275	285
07:00:00 a.m.	202	392	393
07:15:00 a.m.	522	588	538
07:30:00 a.m.	559	596	550
07:45:00 a.m.	544	529	583
08:00:00 a.m.	510	389	515
08:15:00 a.m.	450	488	484
08:30:00 a.m.	403	411	411
08:45:00 a.m.	405	428	436
09:00:00 a.m.	370	365	407
09:15:00 a.m.	347	354	367
09:30:00 a.m.	338	336	328
09:45:00 a.m.	347	332	363
10:00:00 a.m.	397	348	353

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.15: Conteo de control vehicular parte 2**

Hora	Martes	Miercoles	Jueves
10:15:00 a.m.	267	366	330
10:30:00 a.m.	285	374	356
10:45:00 a.m.	346	342	375
11:00:00 a.m.	406	350	376
11:15:00 a.m.	337	308	359
11:30:00 a.m.	346	351	385
11:45:00 a.m.	451	356	325
12:00:00 p.m.	442	338	363
12:15:00 p.m.	440	379	376
12:30:00 p.m.	432	374	420
12:45:00 p.m.	402	313	368
01:00:00 p.m.	417	427	432
01:15:00 p.m.	403	357	434
01:30:00 p.m.	374	357	390
01:45:00 p.m.	339	334	320
02:00:00 p.m.	335	321	362
02:15:00 p.m.	354	307	350
02:30:00 p.m.	325	358	355
02:45:00 p.m.	378	316	359
03:00:00 p.m.	341	356	337
03:15:00 p.m.	350	325	307
03:30:00 p.m.	343	329	339
03:45:00 p.m.	324	331	365
04:00:00 p.m.	358	357	350
04:15:00 p.m.	331	349	357
04:30:00 p.m.	371	347	340
04:45:00 p.m.	337	358	352
05:00:00 p.m.	376	341	343
05:15:00 p.m.	340	367	351
05:30:00 p.m.	369	376	398
05:45:00 p.m.	351	356	392
06:00:00 p.m.	423	379	373
06:15:00 p.m.	334	320	379
06:30:00 p.m.	329	326	379
06:45:00 p.m.	334	301	372
07:00:00 p.m.	363	352	383
07:15:00 p.m.	380	385	404
07:30:00 p.m.	317	303	378
07:45:00 p.m.	289	294	375
08:00:00 p.m.	240	278	344
08:15:00 p.m.	287	311	341

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.16: Conteo de control vehicular parte 3**

Hora	Martes	Miercoles	Jueves
08:30:00 p.m.	273	275	294
08:45:00 p.m.	257	267	237
09:00:00 p.m.	223	241	280
09:15:00 p.m.	228	201	271
09:30:00 p.m.	211	211	228
09:45:00 p.m.	190	191	220
10:00:00 p.m.	144	193	186
10:15:00 p.m.	136	139	171
10:30:00 p.m.	143	148	126
10:45:00 p.m.	103	110	95
11:00:00 p.m.	96	101	109
11:15:00 p.m.	87	75	67
11:30:00 p.m.	45	60	64
11:45:00 p.m.	40	47	50

Fuente: Elaboración propia.

### Volumen de la intersección de estudio

Este estudio se realiza una hora antes y una hora después de las horas pico, momentos en que se presenta la mayor prisa de los vehículos y mayor cantidad de conflictos con excepción de la mañana ampliando media hora más. Estos horarios escogidos y para su reconocimiento a lo largo de la tesis por turno son:

- Turno mañana: 6:30am a 9:00am
- Turno mediodía: 11:30am a 1:30pm
- Turno tarde: 5:30pm a 7:30pm

Para el conteo de movimiento vehicular se escogió solo de un día. Los conteos se hacen por tipo de vehículo involucrado, teniendo en cuenta el movimiento que realiza y luego convertirlos en porcentajes de participación, por estación, por tipo de vehículo y por tipo de movimiento. Para fines prácticos se utilizaron siglas para definir los movimientos de los vehículos y son:

- DFR = Pasa de frente.

- GDR = Gira a la derecha.
- GIQ = Gira a la izquierda.

**Cuadro 4.17: Conteo vehicular turno mañana - Estación 1**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
6:30am	54	81	13	16	6
6:45am	64	149	14	25	9
7:00am	115	193	32	22	12
7:15am	144	184	28	30	3
7:30am	127	194	24	28	4
7:45am	134	128	30	29	17
8:00am	119	116	27	24	8
8:15am	105	101	14	20	17
8:30am	96	104	30	27	10
8:45am	83	97	10	22	12
Total	1041	1347	222	243	98

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.18: Conteo vehicular turno mañana - Estación 2**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
6:30am	19	61	9	1	4
6:45am	52	99	8	2	5
7:00am	80	186	21	2	3
7:15am	73	162	25	2	1
7:30am	98	139	21	2	0
7:45am	75	145	21	5	4
8:00am	58	95	14	2	10
8:15am	42	70	3	5	13
8:30am	43	63	12	2	11
8:45am	48	83	13	1	6
Total	588	1103	147	24	57

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.19: Conteo vehicular turno mañana - Estación 3**

<b>Hora</b>	<b>Auto</b>	<b>Mototaxi</b>	<b>Motolineal</b>	<b>Microbus</b>	<b>Camion</b>
6:30am	16	29	6	28	0
6:45am	27	66	9	29	3
7:00am	47	101	17	35	2
7:15am	44	97	13	33	1
7:30am	68	108	16	34	2
7:45am	63	81	20	36	1
8:00am	55	84	18	37	0
8:15am	46	52	11	38	2
8:30am	35	42	6	32	2
8:45am	49	60	11	35	0
<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>720</b>	<b>127</b>	<b>337</b>	<b>13</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.20: Conteo vehicular turno mediodía - Estación 1**

<b>Hora</b>	<b>Auto</b>	<b>Mototaxi</b>	<b>Motolineal</b>	<b>Microbus</b>	<b>Camion</b>
11:30am	86	64	26	25	12
11:45am	76	68	14	24	12
12:00pm	68	77	26	22	11
12:15pm	60	77	17	20	8
12:30pm	67	79	23	22	12
12:45pm	78	102	26	26	6
1:00pm	101	86	25	26	7
1:15pm	77	91	19	21	4
<b>Total</b>	<b>613</b>	<b>644</b>	<b>176</b>	<b>186</b>	<b>72</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.21: Conteo vehicular turno mediodía - Estación 2**

<b>Hora</b>	<b>Auto</b>	<b>Mototaxi</b>	<b>Motolineal</b>	<b>Microbus</b>	<b>Camion</b>
11:30am	37	46	9	4	6
11:45am	47	53	16	4	4
12:00pm	51	39	24	3	6
12:15pm	55	49	17	3	7
12:30pm	61	49	13	6	5
12:45pm	70	88	19	3	5
1:00pm	52	69	19	3	11
1:15pm	48	66	15	4	9
<b>Total</b>	<b>421</b>	<b>459</b>	<b>132</b>	<b>30</b>	<b>53</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.22: Conteo vehicular turno mediodía - Estación 3**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
11:30am	32	25	11	30	7
11:45am	24	25	10	31	9
12:00pm	17	36	12	30	12
12:15pm	34	26	14	32	1
12:30pm	42	66	16	29	2
12:45pm	39	55	20	29	2
1:00pm	34	55	16	37	1
1:15pm	28	58	12	35	8
Total	250	346	111	253	42

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.23: Conteo vehicular turno tarde - Estación 1**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
5:30pm	83	78	21	23	11
5:45pm	76	74	23	19	10
6:00pm	89	102	33	23	7
6:15pm	105	73	25	17	9
6:30pm	80	88	19	24	11
6:45pm	90	102	21	20	5
7:00pm	81	106	23	20	7
7:15pm	100	74	25	18	6
Total	704	697	190	164	66

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.24: Conteo vehicular turno tarde - Estación 2**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
5:30pm	56	52	17	6	9
5:45pm	60	75	15	2	12
6:00pm	69	64	22	1	7
6:15pm	75	57	19	4	7
6:30pm	69	72	21	2	6
6:45pm	62	79	13	4	4
7:00pm	66	53	11	3	9
7:15pm	70	48	18	3	5
Total	527	500	136	25	59

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.25: Conteo vehicular turno tarde - Estación 3**

Hora	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion
5:30pm	41	40	12	28	3
5:45pm	40	47	18	31	4
6:00pm	39	50	15	29	3
6:15pm	53	54	9	31	2
6:30pm	36	54	9	23	2
6:45pm	48	61	14	31	2
7:00pm	49	62	11	27	1
7:15pm	35	53	15	24	4
Total	341	421	103	224	21

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.26: Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 1**

Auto			Mototaxi			Motolineal		
Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ
Mañana	37 %	63 %	Mañana	30 %	70 %	Mañana	36 %	64 %
Mediodía	47 %	53 %	Mediodía	39 %	61 %	Mediodía	40 %	60 %
Tarde	49 %	51 %	Tarde	46 %	54 %	Tarde	48 %	52 %
Microbus			Camion					
Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ			
Mañana	85 %	15 %	Mañana	15 %	85 %			
Mediodía	88 %	12 %	Mediodía	20 %	80 %			
Tarde	90 %	10 %	Tarde	15 %	85 %			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.27: Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 2**

Auto			Mototaxi			Motolineal		
Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ
Mañana	85 %	15 %	Mañana	75 %	25 %	Mañana	69 %	31 %
Mediodía	74 %	26 %	Mediodía	62 %	38 %	Mediodía	62 %	38 %
Tarde	81 %	19 %	Tarde	78 %	22 %	Tarde	81 %	19 %
Microbus			Camion					
Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ			
Mañana	0 %	100 %	Mañana	87 %	13 %			
Mediodía	20 %	80 %	Mediodía	95 %	5 %			
Tarde	2 %	98 %	Tarde	98 %	2 %			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.28: Porcentaje por turno y tipo de movimiento - Estación 3**

Auto			Mototaxi			Motolineal		
Turno	DFR	GDR	Turno	DFR	GDR	Turno	DFR	GDR
Mañana	77 %	23 %	Mañana	55 %	45 %	Mañana	64 %	36 %
Mediodía	78 %	22 %	Mediodía	63 %	37 %	Mediodía	76 %	24 %
Tarde	80 %	20 %	Tarde	72 %	28 %	Tarde	78 %	22 %

Microbus			Camion		
Turno	DFR	GDR	Turno	DFR	GDR
Mañana	93 %	7 %	Mañana	100 %	0 %
Mediodía	92 %	8 %	Mediodía	84 %	16 %
Tarde	93 %	7 %	Tarde	100 %	0 %

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.29: Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 1**

Turno	DFR	GIQ	Subtotal
mañana	1130	1821	2951
mediodia	792	899	1691
tarde	913	908	1821
<b>Total</b>			<b>6463</b>
<b>% en Intersección</b>			<b>45 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.30: Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 2**

Turno	GDR	GIQ	Subtotal
mañana	1459	460	1919
mediodia	736	359	1095
tarde	983	264	1247
<b>Total</b>			<b>4261</b>
<b>% en Intersección</b>			<b>29 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.31: Volumen de vehículos por tipo de movimiento - Estación 3**

Turno	DFR	GDR	Subtotal
mañana	1141	506	1647
mediodia	759	243	1002
tarde	890	220	1110
<b>Total</b>			<b>3759</b>
<b>% en Intersección</b>			<b>26 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4. Datos de estudio de conflictos de tráfico

Para los datos de conflictos de tráfico se presentan las siguientes siglas para definir de manera más cómoda la participación de los vehículos y también el tipo de conflicto que ocurre:

- AU = Auto.
- MT = Mototaxi.
- MB = Microbus.
- ML = Motolineal.
- CA = Camión.
- PE = Peatón.
- MD1 = Conflicto en la misma dirección por girar a la izquierda.
- MD2 = Conflicto en la misma dirección por girar a la derecha.
- MD3 = Conflicto en la misma dirección por enlentecer en la mismo carril.
- MD4 = Conflicto en la misma dirección por cambiar de carril.
- DO1 = Conflicto en dirección opuesta por giro a la izquierda.
- CD1 = Conflicto desde lado derecho por giro a la izquierda.
- CD2 = Conflicto desde lado derecho por giro a la derecha.
- CD3 = Conflicto desde lado derecho por ir de frente.
- CI1 = Conflicto desde lado izquierdo por giro a la izquierda.
- CI2 = Conflicto desde lado izquierdo por giro a la derecha.
- CI3 = Conflicto desde lado izquierdo por ir de frente.

- PE1 = Conflicto vehículo-peatón de cerca.
- PE2 = Conflicto vehículo-peatón de lejos.

**Cuadro 4.32: Conflictos ocurridos el 1er día - 1ra parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
6:30am	PE	MT	PE2	2
	ML	MT	DO1	3
	ML	MT	DO1	3
	AU	AU	CD1	2
	PE	MB	PE2	3
6:45am	PE	MT	PE2	2
	MT	MT	MD2	2
	MT	MB	DO1	3
	MT	AU	CI3	2
	MB	AU	CI1	1
7:00am	AU	MB	DO1	3
	AU	ML	DO1	3
	ML	ML	DO1	3
	MT	MT	MD2	3
	MT	AU	CD2	3
	AU	MB	DO1	3
	ML	AU	DO1	3
	MT	ML	CD1	3
	ML	MB	CD1	2
	MT	MT	CD1	3
7:15am	MT	AU	CD1	3
	PE	MT	PE2	1
	MT	CA	CI1	1
	PE	MT	PE2	1
	AU	MT	DO1	3
	AU	MB	DO1	3
	MT	AU	DO1	3
	PE	MT	PE2	1
	AU	MT	CD2	3
	ML	MT	DO1	3
MT	ML	CD1	3	
AU	MB	CD2	3	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.33: Conflictos ocurridos el 1er día - 2da parte

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
7:30am	MT	AU	CD1	3
	AU	MT	CI3	2
	AU	ML	CI1	1
	MT	MB	CD1	2
	MT	AU	MD3	3
	MB	AU	CI1	1
	AU	ML	DO1	3
	PE	AU	PE2	2
7:45am	CA	MB	CD2	3
	AU	MB	DO1	3
	MT	MT	DO1	3
	PE	AU	PE2	2
	AU	ML	DO1	3
	AU	MT	CD1	3
	MT	MB	DO1	3
8:00am	MT	MT	DO1	3
	MT	AU	CD1	3
	AU	AU	DO1	3
	MT	MB	DO1	3
	MB	MB	MD1	2
	MT	ML	CI3	2
	MT	MB	CI1	1
	ML	ML	CD1	3
8:15am	AU	AU	CI1	1
	AU	AU	DO1	3
	AU	MB	CD2	3
	MT	AU	CD1	3
	MT	AU	CI1	1
	CA	ML	MD2	2
	MT	MT	CD1	3
8:30am	AU	AU	CD1	2
	AU	ML	CI3	2
	MT	ML	DO1	3
	AU	AU	CD1	3
	PE	AU	PE2	2
	AU	ML	CI1	1
	MT	AU	CD1	3
	MT	AU	CD2	3
8:45am	CA	ML	DO1	3
	AU	MT	DO1	3
	AU	AU	CI1	1
	AU	MB	CD2	3
	PE	MT	PE2	2
	AU	AU	MD2	3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.34: Conflictos ocurridos el 1er día - 3ra parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
11:30am	PE	MT	PE1	2
	AU	AU	CD1	3
	AU	AU	CI3	2
	PE	MT	PE2	1
	CA	MT	CD2	3
	MT	MT	CI3	2
11:45am	MT	AU	CD1	2
	PE	MT	PE2	2
	MB	MB	CI3	2
	AU	ML	CI1	1
	AU	ML	DO1	3
	AU	MT	CD2	3
	MB	AU	CD1	3
12:00pm	MT	AU	MD4	2
	AU	MT	CD1	3
	AU	MT	CD2	3
	AU	MB	CD2	3
12:15pm	AU	MB	CD1	3
	AU	MT	DO1	3
	AU	MT	CD1	3
	AU	MT	CD2	3
12:30pm	ML	MT	CI1	1
	MT	AU	DO1	3
12:45pm	PE	MT	PE2	1
	PE	MT	PE1	3
	AU	MT	CD2	3
	MT	CA	CI1	1
	PE	AU	PE1	2
	AU	MT	CD1	3
	PE	AU	PE2	2
	MT	MT	CD1	3
	MT	ML	MD3	3
	MT	AU	CD1	3
1:00pm	AU	MT	MD2	2
	PE	AU	PE2	2
	PE	AU	PE2	2
	MB	MT	CI3	2
	MB	AU	CI1	1
	MB	MT	CI3	2
1:15pm	MT	ML	CD2	3
	MT	MB	DO1	3
	MT	AU	DO1	3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.35: Conflictos ocurridos el 1er día - 4ta parte

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
5:30pm	AU	MB	DO1	3
	AU	ML	DO1	3
	AU	AU	CD1	3
	MT	AU	CD1	2
	MT	ML	DO1	3
5:45pm	MT	MT	DO1	3
	PE	ML	PE1	2
	AU	AU	CD1	2
	ML	AU	CD2	2
	PE	MT	PE2	2
	PE	AU	PE2	2
	AU	MB	DO1	3
	AU	MT	DO1	3
	AU	MB	CD1	3
6:00pm	CA	ML	MD2	2
	PE	MT	PE2	2
	AU	ML	CD1	3
	PE	MT	PE2	2
	MT	AU	CD2	3
6:15pm	AU	AU	DO1	3
	MT	MB	CD1	3
	PE	MT	PE2	2
	CA	MB	CD2	3
	AU	AU	DO1	3
	AU	MT	CD1	3
6:30pm	AU	MT	CD2	3
	PE	MT	PE1	2
	PE	AU	PE1	2
	ML	AU	MD1	2
	AU	MT	DO1	3
	ML	AU	DO1	3
	PE	AU	PE2	2
	PE	AU	PE2	2
	MT	MT	DO1	3
	PE	CA	PE1	2
6:45pm	PE	AU	PE2	2
	MT	MB	CI1	1
	MT	ML	DO1	3
	MT	AU	CD1	3
	ML	ML	DO1	3
	PE	ML	PE2	2
	PE	MT	PE1	2
	ML	AU	MD2	3
	MT	MT	CI3	2
	PE	ML	PE2	2
	PE	MT	PE2	2
	MT	ML	DO1	3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.36: Conflictos ocurridos el 1er día - 5ta parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
7:00pm	PE	CA	PE1	2
	MT	AU	CD1	3
	AU	AU	DO1	3
	MT	MT	DO1	3
	PE	AU	PE1	2
	MT	AU	DO1	3
7:15pm	MB	ML	CI3	2
	AU	MB	DO1	3
	AU	ML	CI1	1
	AU	AU	CD1	3
	CA	AU	DO1	3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.37: Conflictos ocurridos el 2do día - 1ra parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación
6:30am	AU	AU	MD1	1
	ML	MB	CD2	3
	MT	MT	CI3	2
	ML	MT	MD1	2
	CA	AU	DO1	3
	AU	AU	DO1	3
	MT	MB	DO1	3
	AU	MT	DO1	3
6:45am	MT	MT	DO1	3
	PE	MT	PE2	2
	MT	MB	MD2	3
	MT	AU	MD3	3
	MB	AU	CI3	2
	MT	MB	MD2	3
	MT	MT	DO1	3
	AU	MT	CI1	1
	MT	ML	DO1	3
	MT	MT	MD4	2
	MT	CA	MD1	2
AU	MT	DO1	3	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.38: Conflictos ocurridos el 2do día - 2da parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación	
7:00am	MT	ML	CI1	1	
	MT	AU	MD1	1	
	PE	MT	PE1	2	
	AU	MB	CD1	3	
	MT	MT	MD2	3	
	MT	ML	CD1	2	
	AU	MT	MD1	1	
	MT	MT	MD2	3	
	MT	MT	CD1	3	
	MT	AU	MD1	1	
	MB	AU	CI3	2	
	AU	MT	CD2	3	
	7:15am	AU	MT	CI1	1
AU		MB	DO1	3	
MB		AU	MD4	3	
MT		MB	MD1	1	
AU		MT	DO1	3	
AU		MB	CI3	2	
MT		ML	CD1	3	
MT		MT	DO1	3	
PE		MT	PE2	1	
MT		AU	CD1	3	
MB		AU	DO1	3	
AU		AU	DO1	3	
MB		MT	DO1	3	
7:30am	MT	AU	CD1	3	
	MT	MT	CD1	3	
	AU	MT	MD3	3	
	MT	MT	CD2	3	
	MT	ML	CD1	2	
	PE	MT	PE2	1	
	AU	MB	CD2	3	
	PE	AU	PE1	1	
	7:45am	MT	MT	CD1	3
		AU	AU	DO1	3
AU		CA	DO1	3	
AU		AU	DO1	3	
MT		ML	CD3	2	
AU		ML	DO1	3	
ML		AU	MD1	1	
ML	AU	MD4	3		

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.39: Conflictos ocurridos el 2do día - 3ra parte**

Hora	1er Vehículo	2do Vehículo	Conflicto	Estación	
8:00am	MT	MB	CD1	3	
	AU	MT	CD1	2	
	ML	AU	MD4	3	
	AU	MT	CD1	3	
	AU	MT	MD1	1	
	PE	AU	PE2	1	
	AU	MB	MD1	1	
	AU	MB	MD1	1	
	MT	ML	CD1	3	
	MT	MT	CI3	2	
	AU	MT	DO1	3	
	AU	MT	CD1	3	
	AU	MT	DO1	3	
	AU	CA	CD1	2	
	AU	MB	CD2	3	
	AU	MT	CD1	2	
	ML	MB	MD4	3	
	8:15am	MT	ML	DO1	3
		MT	MT	CD1	2
ML		CA	MD1	1	
AU		MT	DO1	3	
AU		MB	DO1	3	
CA		ML	CD2	3	
MT		AU	MD1	1	
8:30am	AU	ML	CI3	2	
	MT	MT	CD2	3	
	ML	AU	MD4	2	
	AU	MT	CD2	3	
	MT	AU	DO1	3	
	MB	ML	DO1	3	
	ML	AU	CI1	1	
	MT	CA	DO1	3	
	MT	AU	CD1	3	
	AU	AU	CD1	2	
8:45am	AU	MB	DO1	3	
	MB	MB	MD4	3	
	AU	MT	CD1	3	
	ML	ML	DO1	3	
	ML	AU	MD4	3	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.40: Conflictos ocurridos el 2do día - 4ta parte**

<b>Hora</b>	<b>1er Vehículo</b>	<b>2do Vehículo</b>	<b>Conflicto</b>	<b>Estación</b>	
11:30am	PE	AU	PE2	2	
	MT	MT	CD1	3	
	MT	AU	DO1	3	
	MB	CA	CI1	1	
	PE	MT	PE1	1	
11:45am	PE	ML	PE2	3	
	PE	AU	PE2	2	
	AU	MT	CD2	3	
	PE	CA	PE2	2	
	MT	AU	CD1	2	
	AU	AU	DO1	3	
	AU	MT	DO1	3	
	PE	MT	PE2	2	
	ML	AU	CD2	2	
12:00pm	MT	ML	DO1	3	
	AU	ML	DO1	3	
	ML	AU	CD1	2	
	MB	MB	MD3	1	
	AU	MB	DO1	3	
	PE	MT	PE1	3	
	12:15pm	AU	MT	DO1	3
12:15pm	ML	AU	DO1	3	
	MT	AU	DO1	3	
	MB	MB	CI1	1	
	PE	AU	PE2	2	
	MB	MB	MD4	3	
	AU	MB	DO1	3	
	PE	AU	PE2	2	
	PE	MT	PE1	2	
	12:30pm	ML	AU	MD1	2
12:30pm	ML	MT	CD1	3	
	PE	AU	PE1	1	
	PE	AU	PE2	1	
	AU	ML	CD1	3	
	PE	ML	PE1	2	
	12:45pm	MB	MB	MD3	1
	12:45pm	PE	MT	PE2	2
AU		MB	CD2	3	
MB		AU	DO1	3	
MT		AU	CD1	3	
MT		AU	CD2	3	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.41: Conflictos ocurridos el 2do día - 5ta parte**

<b>Hora</b>	<b>1er Vehículo</b>	<b>2do Vehículo</b>	<b>Conflicto</b>	<b>Estación</b>
1:00pm	AU	ML	DO1	3
1:15pm	PE	AU	PE2	2
	MT	ML	CI1	1
	AU	AU	CI3	1
	AU	MT	CD2	3
	MT	ML	DO1	3
	MT	MT	CD1	2
	MB	MT	CI3	2
5:30pm	AU	MB	CD2	3
	CA	AU	DO1	3
	AU	ML	CD2	3
	MT	MB	MD4	3
5:45pm	MT	AU	CD1	2
	ML	MT	CD2	3
	MT	ML	MD2	3
	CA	MB	DO1	3
	AU	ML	CD2	3
	MT	AU	CD1	3
	PE	AU	PE2	2
	CA	MT	DO1	3
	ML	CA	CI1	1
	PE	MT	PE1	2
	MB	AU	CI3	2
6:00pm	PE	MT	PE1	2
	AU	ML	CD1	3
	AU	AU	CD2	3
	ML	ML	DO1	3
	MT	AU	CD1	3
	AU	AU	MD4	1
	PE	MT	PE2	2
6:15pm	MT	AU	CD2	3
	AU	CA	CI3	2
	PE	AU	PE1	2
	AU	MB	CD2	3
	AU	ML	CD2	3
	AU	MT	CI1	1
6:30pm	PE	AU	PE2	2
	AU	AU	DO1	3
	PE	AU	PE1	3
6:45pm	PE	AU	PE2	2
	AU	MT	CD1	2
	ML	ML	DO1	3
	CA	AU	DO1	3
	AU	MB	CD2	3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.42: Conflictos ocurridos el 2do día - 6ta parte**

<b>Hora</b>	<b>1er Vehículo</b>	<b>2do Vehículo</b>	<b>Conflicto</b>	<b>Estación</b>
7:00pm	AU	MT	CD2	3
	AU	MT	CD1	3
7:15pm	AU	AU	CD1	3
	PE	AU	PE1	2
	AU	AU	DO1	3
	MT	ML	CD1	2
	AU	AU	MD4	3

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5. Datos de estudio de documentos de gestión

La Municipalidad provincial de Huamanga, tiene la oficina de gerencia de transportes y en ella la subgerencia de tránsito y seguridad vial. Se declaró que no se tiene un plan estratégico de seguridad vial a nivel provincial, y que se rigen por documentos como el Reglamento Nacional de Tránsito.

A pesar de ello, se presentó el proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Servicio Municipal de Tránsito Peatonal, Vehicular y Seguridad Vial en la Ciudad de Ayacucho, Provincia de Huamanga-Ayacucho". SNIP N°289791. Se tuvo acceso a algunos datos por medio de la subgerencia de tránsito y seguridad vial. También se pudo observar el estado del proyecto ingresando al banco de proyectos en la página web del MEF.

# Capítulo 5

## Aplicación de datos y metodologías

### 5.1. Análisis de datos

Se presenta el análisis de datos en forma de gráficos y cuadros, siguiendo detalles de la teoría presentada en el capítulo 2 de la presente tesis.

#### 5.1.1. Análisis de datos de velocidad de punto

A continuación se presenta el análisis de los datos de velocidad de punto, en la cual se realiza un análisis estadístico (Garber[2]), en el cual se muestra el histograma de frecuencias que mejor se adapta a los intervalos de selección de datos, y a partir de ello también se consigue la gráfica de frecuencia acumulada para encontrar la velocidad del percentil 85 (velocidad a la que va el 85 %). Estos cálculos son realizados en una hoja de cálculo de EXCEL.























Finalmente se presenta el resumen de las velocidades encontradas para cada tipo de vehículo y por estación, mostrando la velocidad media y la velocidad para el percentil 85 en kilómetros por hora.

**Cuadro 5.1: Resumen de análisis de velocidad de punto**

Tipo de Vehículo	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	Vmedia	Vp85	Vmedia	Vp85	Vmedia	Vp85
Autos	24.16	28.08	36.22	40.97	26.16	28.92
Mototaxi	23.62	26.33	36.32	40.22	22.97	24.60
Motolineal	25.17	29.40	38.03	43.17	30.67	35.32
Microbus	24.26	27.26	-	-	21.97	23.52
<b>Promedio</b>	<b>24.30</b>	<b>27.76</b>	<b>36.86</b>	<b>41.46</b>	<b>26.60</b>	<b>29.61</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2. Análisis de datos de volumen

Se muestran los factores de expansión horaria obtenidos del promedio de los tres días del conteo de control. También se muestran las gráficas de comportamiento volumétrico de la estación de apoyo para el conteo de control.

**Cuadro 5.2: Factores de expansión horaria parte 1**

Hora	Prom	FEH	Hora	Prom	FEH
12:00:00 a.m.	41	592.98	03:45:00 a.m.	39	623.38
12:15:00 a.m.	34	715.06	04:00:00 a.m.	48	506.50
12:30:00 a.m.	27	900.44	04:15:00 a.m.	54	450.22
12:45:00 a.m.	31	784.26	04:30:00 a.m.	50	486.24
01:00:00 a.m.	29	838.34	04:45:00 a.m.	70	347.31
01:15:00 a.m.	22	1105.09	05:00:00 a.m.	86	282.70
01:30:00 a.m.	25	972.48	05:15:00 a.m.	85	286.02
01:45:00 a.m.	26	935.08	05:30:00 a.m.	109	223.05
02:00:00 a.m.	24	1013.00	05:45:00 a.m.	143	170.01
02:15:00 a.m.	23	1057.04	06:00:00 a.m.	162	150.07
02:30:00 a.m.	26	935.08	06:15:00 a.m.	196	124.04
02:45:00 a.m.	21	1157.71	06:30:00 a.m.	204	119.18
03:00:00 a.m.	26	935.08	06:45:00 a.m.	259	93.87
03:15:00 a.m.	32	759.75	07:00:00 a.m.	329	73.90
03:30:00 a.m.	41	592.98	07:15:00 a.m.	549	44.28

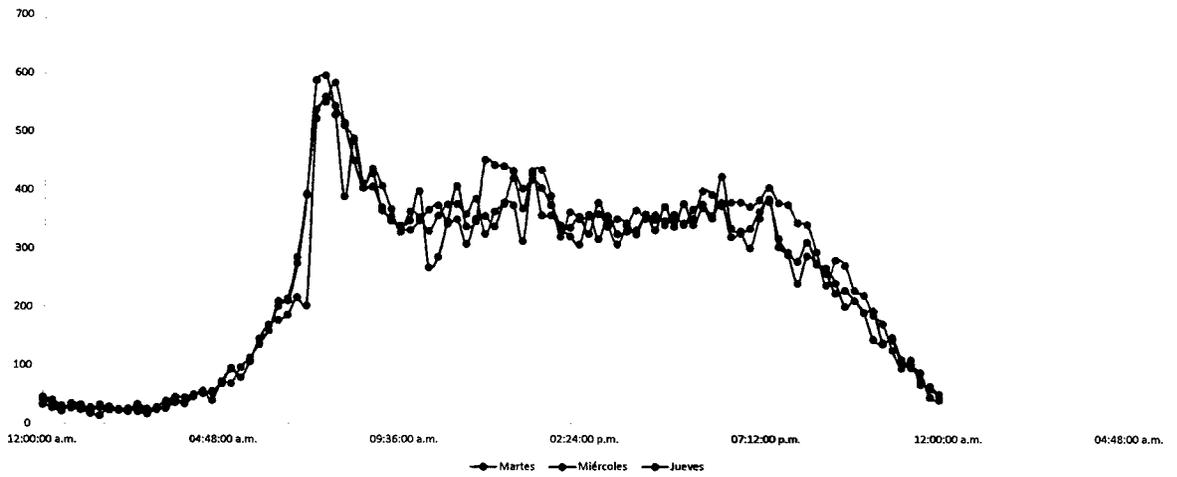
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3: Factores de expansión horaria parte 2

Hora	Prom	FEH	Hora	Prom	FEH
07:30:00 a.m.	568	42.80	03:45:00 p.m.	340	71.51
07:45:00 a.m.	552	44.04	04:00:00 p.m.	355	68.48
08:00:00 a.m.	471	51.62	04:15:00 p.m.	346	70.27
08:15:00 a.m.	474	51.29	04:30:00 p.m.	353	68.87
08:30:00 a.m.	408	59.59	04:45:00 p.m.	349	69.66
08:45:00 a.m.	423	57.48	05:00:00 p.m.	353	68.87
09:00:00 a.m.	381	63.81	05:15:00 p.m.	353	68.87
09:15:00 a.m.	356	68.29	05:30:00 p.m.	381	63.81
09:30:00 a.m.	334	72.79	05:45:00 p.m.	366	66.43
09:45:00 a.m.	347	70.06	06:00:00 p.m.	392	62.02
10:00:00 a.m.	366	66.43	06:15:00 p.m.	344	70.67
10:15:00 a.m.	321	75.74	06:30:00 p.m.	345	70.47
10:30:00 a.m.	338	71.93	06:45:00 p.m.	336	72.36
10:45:00 a.m.	354	68.68	07:00:00 p.m.	366	66.43
11:00:00 a.m.	377	64.49	07:15:00 p.m.	390	62.34
11:15:00 a.m.	335	72.57	07:30:00 p.m.	333	73.01
11:30:00 a.m.	361	67.35	07:45:00 p.m.	319	76.21
11:45:00 a.m.	377	64.49	08:00:00 p.m.	287	84.71
12:00:00 p.m.	381	63.81	08:15:00 p.m.	313	77.67
12:15:00 p.m.	398	61.09	08:30:00 p.m.	281	86.52
12:30:00 p.m.	409	59.44	08:45:00 p.m.	254	95.72
12:45:00 p.m.	361	67.35	09:00:00 p.m.	248	98.03
01:00:00 p.m.	425	57.20	09:15:00 p.m.	233	104.34
01:15:00 p.m.	398	61.09	09:30:00 p.m.	217	112.04
01:30:00 p.m.	374	65.01	09:45:00 p.m.	200	121.56
01:45:00 p.m.	331	73.45	10:00:00 p.m.	174	139.72
02:00:00 p.m.	339	71.72	10:15:00 p.m.	149	163.17
02:15:00 p.m.	337	72.14	10:30:00 p.m.	139	174.91
02:30:00 p.m.	346	70.27	10:45:00 p.m.	103	236.04
02:45:00 p.m.	351	69.26	11:00:00 p.m.	102	238.35
03:00:00 p.m.	345	70.47	11:15:00 p.m.	76	319.89
03:15:00 p.m.	327	74.35	11:30:00 p.m.	56	434.14
03:30:00 p.m.	337	72.14	11:45:00 p.m.	46	528.52

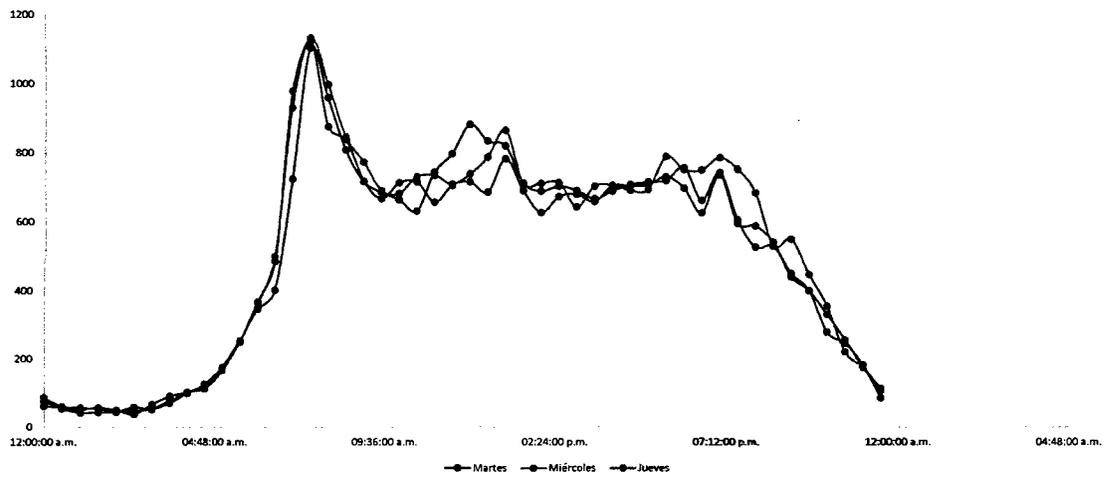
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.12: Gráfica de conteo de control por día cada 15 minutos**



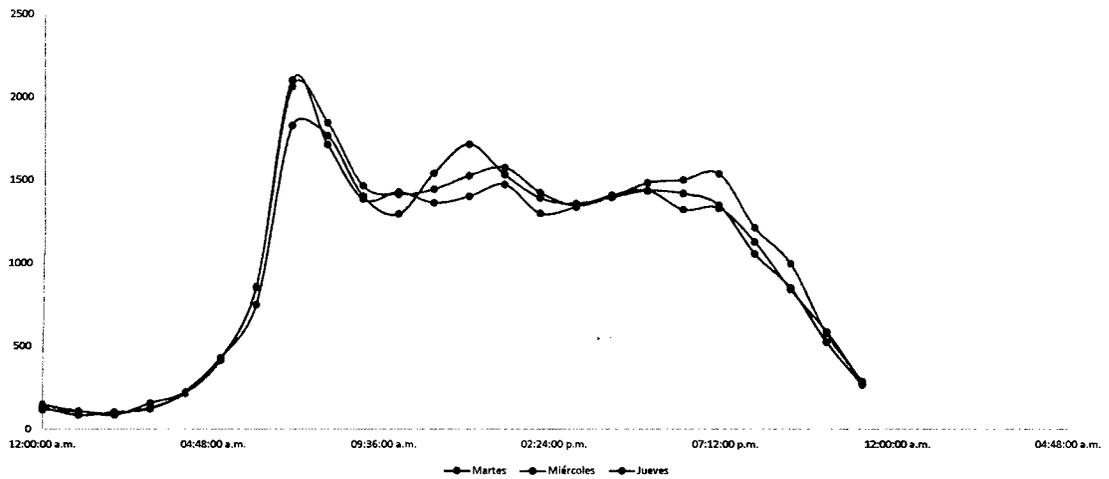
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.13: Gráfica de conteo de control por día cada 30 minutos**



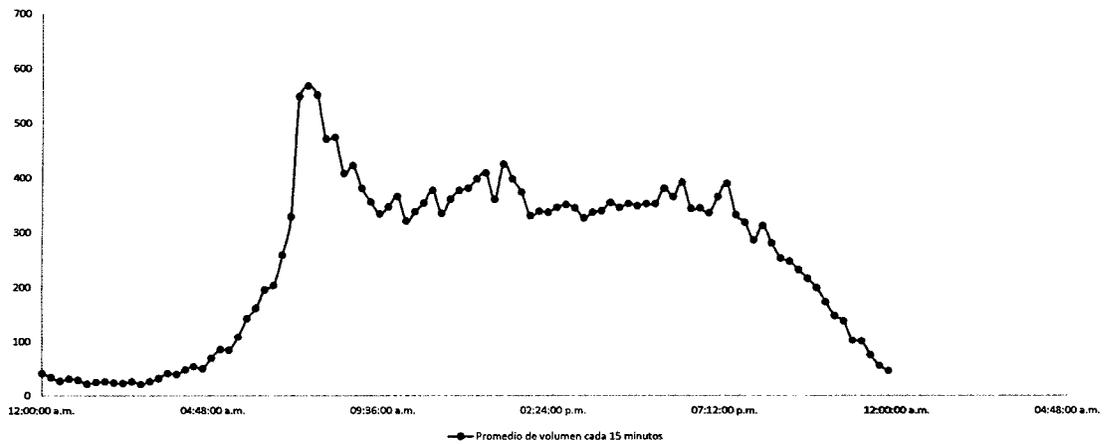
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.14: Gráfica de conteo de control por día cada 1 hora**



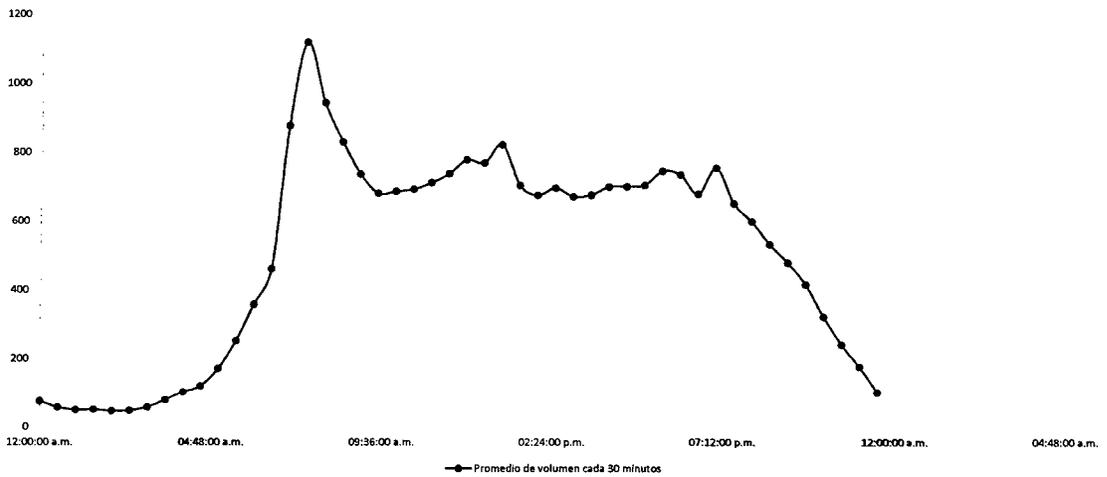
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.15: Gráfica de conteo de control promedio cada 15 minutos**



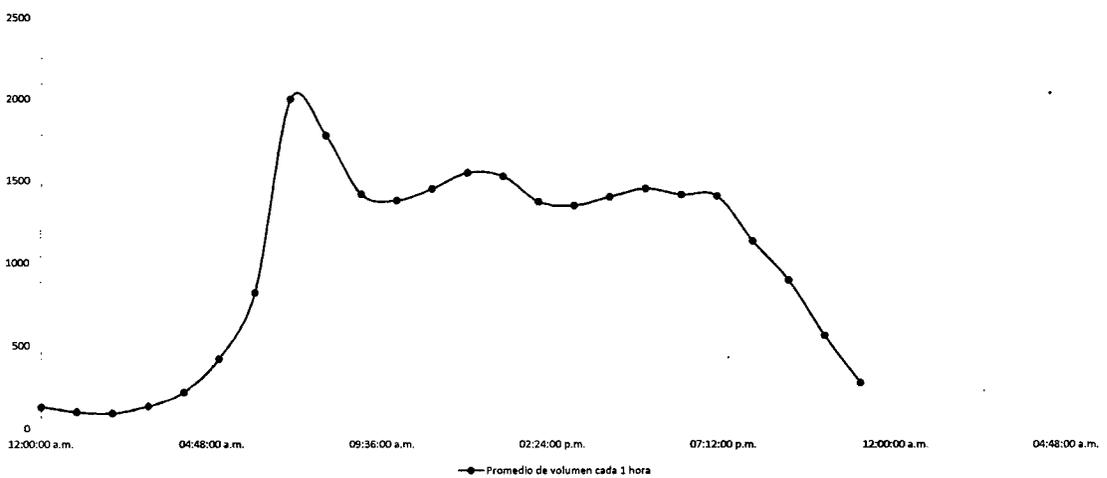
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.16: Gráfica de conteo de control promedio cada 30 minutos**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.17: Gráfica de conteo de control promedio cada 1 hora**



Fuente: Elaboración propia.

Utilizando los factores de expansión horario, obtenemos el tránsito diario promedio anual (TDPA) con los datos de volumen por estación cada 15 minutos registrado en la intersección de estudio.

**Cuadro 5.4: Obtención del TDPA a partir de los FEH**

Hora	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total	FEH	TotalxFEH
6:30am	170	94	79	343	119.18	40877.53
6:45am	261	166	134	561	93.87	52660.36
7:00am	374	292	202	868	73.90	64142.30
7:15am	389	263	188	840	44.28	37198.69
7:30am	377	260	228	865	42.80	37024.44
7:45am	338	250	201	789	44.04	34750.30
8:00am	294	179	194	667	51.62	34429.10
8:15am	257	133	149	539	51.29	27645.92
8:30am	267	131	117	515	59.59	30687.94
8:45am	224	151	155	530	57.48	30461.84
11:30am	213	102	105	420	67.35	28285.43
11:45am	194	124	99	417	64.49	26891.52
12:00pm	204	123	107	434	63.81	27693.98
12:15pm	182	131	107	420	61.09	25655.88
12:30pm	203	134	155	492	59.44	29245.73
12:45pm	238	185	145	568	67.35	38252.68
1:00pm	245	154	143	542	57.20	31004.95
1:15pm	212	142	141	495	61.09	30237.29
5:30pm	216	140	124	480	63.81	30629.29
5:45pm	202	164	140	506	66.43	33611.67
6:00pm	254	163	136	553	62.02	34297.29
6:15pm	229	162	149	540	70.67	38164.19
6:30pm	222	170	124	516	70.47	36362.30
6:45pm	238	162	156	556	72.36	40230.57
7:00pm	237	142	150	529	66.43	35139.48
7:15pm	223	144	131	498	62.34	31044.55
<b>Total</b>	<b>6463</b>	<b>4261</b>	<b>3759</b>	<b>14483</b>	<b>TDPA:</b>	<b>34870</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con los porcentajes de participación en intersección por vía de los cuadros de datos 4.29,4.30,4.31, dividimos el TDPA para cada vía o estación.

Estos valores ayudan a calcular las tendencias de movimiento por tipo de vehículo.

Para ello se debe caracterizar el porcentaje de participación por tipo de vehículo en cada vía.

**Cuadro 5.5: Partición del TDPA por vía**

	Estación 1	Estación 2	Estación 3
% en Intersección	45 %	29 %	26 %
Parte del TDPA	15561	10259	9050

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.6: Partición del TDPA de estación 1 por vehículo**

Estación:	1	Vehículos x día:				15561
Turno	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion	
mañana	35 %	45 %	7 %	8 %	4 %	
mediodía	36 %	38 %	10 %	11 %	4 %	
tarde	39 %	38 %	10 %	9 %	4 %	
<b>Promedio</b>	<b>37 %</b>	<b>41 %</b>	<b>9 %</b>	<b>9 %</b>	<b>4 %</b>	
<b>Vehiculos</b>	<b>5708</b>	<b>6311</b>	<b>1463</b>	<b>1478</b>	<b>600</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.7: Partición del TDPA de estación 2 por vehículo**

Estación:	2	Vehículos x día:				10259
Turno	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion	
mañana	30 %	57 %	8 %	1 %	4 %	
mediodía	39 %	42 %	12 %	3 %	5 %	
tarde	42 %	40 %	11 %	2 %	5 %	
<b>Promedio</b>	<b>37 %</b>	<b>46 %</b>	<b>10 %</b>	<b>2 %</b>	<b>4 %</b>	
<b>Vehiculos</b>	<b>3805</b>	<b>4734</b>	<b>1045</b>	<b>214</b>	<b>461</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.8: Partición del TDPA de estación 3 por vehículo**

Estación:	3	Vehículos x día:				9050
Turno	Auto	Mototaxi	Motolineal	Microbus	Camion	
mañana	27 %	43 %	8 %	22 %	1 %	
mediodía	25 %	33 %	11 %	26 %	5 %	
tarde	31 %	38 %	9 %	20 %	2 %	
<b>Promedio</b>	<b>28 %</b>	<b>38 %</b>	<b>9 %</b>	<b>23 %</b>	<b>2 %</b>	
<b>Vehiculos</b>	<b>2490</b>	<b>3442</b>	<b>844</b>	<b>2052</b>	<b>222</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Se promedian los porcentajes de los movimientos por tipo de vehículo; multiplicándolos con las cantidades obtenidas, se obtendrán la cantidad de vehículos por cada movimiento.

Cuadro 5.9: Movimientos por vehículo - Estación 1

Auto			Mototaxi			Motolineal		
Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ
Promedio	44 %	56 %	Promedio	38 %	62 %	Promedio	42 %	58 %
Vehiculos	2524	3184	Vehiculos	2420	3891	Vehiculos	607	856
Microbus			Camion					
Turno	DFR	GIQ	Turno	DFR	GIQ			
Promedio	88 %	12 %	Promedio	17 %	83 %			
Vehiculos	1295	183	Vehiculos	102	499			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.10: Movimientos por vehículo - Estación 2

Auto			Mototaxi			Motolineal		
Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ
Promedio	80 %	20 %	Promedio	72 %	28 %	Promedio	71 %	29 %
Vehiculos	3030	774	Vehiculos	3390	1344	Vehiculos	738	307
Microbus			Camion					
Turno	GDR	GIQ	Turno	GDR	GIQ			
Promedio	7 %	93 %	Promedio	93 %	7 %			
Vehiculos	16	198	Vehiculos	430	30			

Fuente: Elaboración propia.

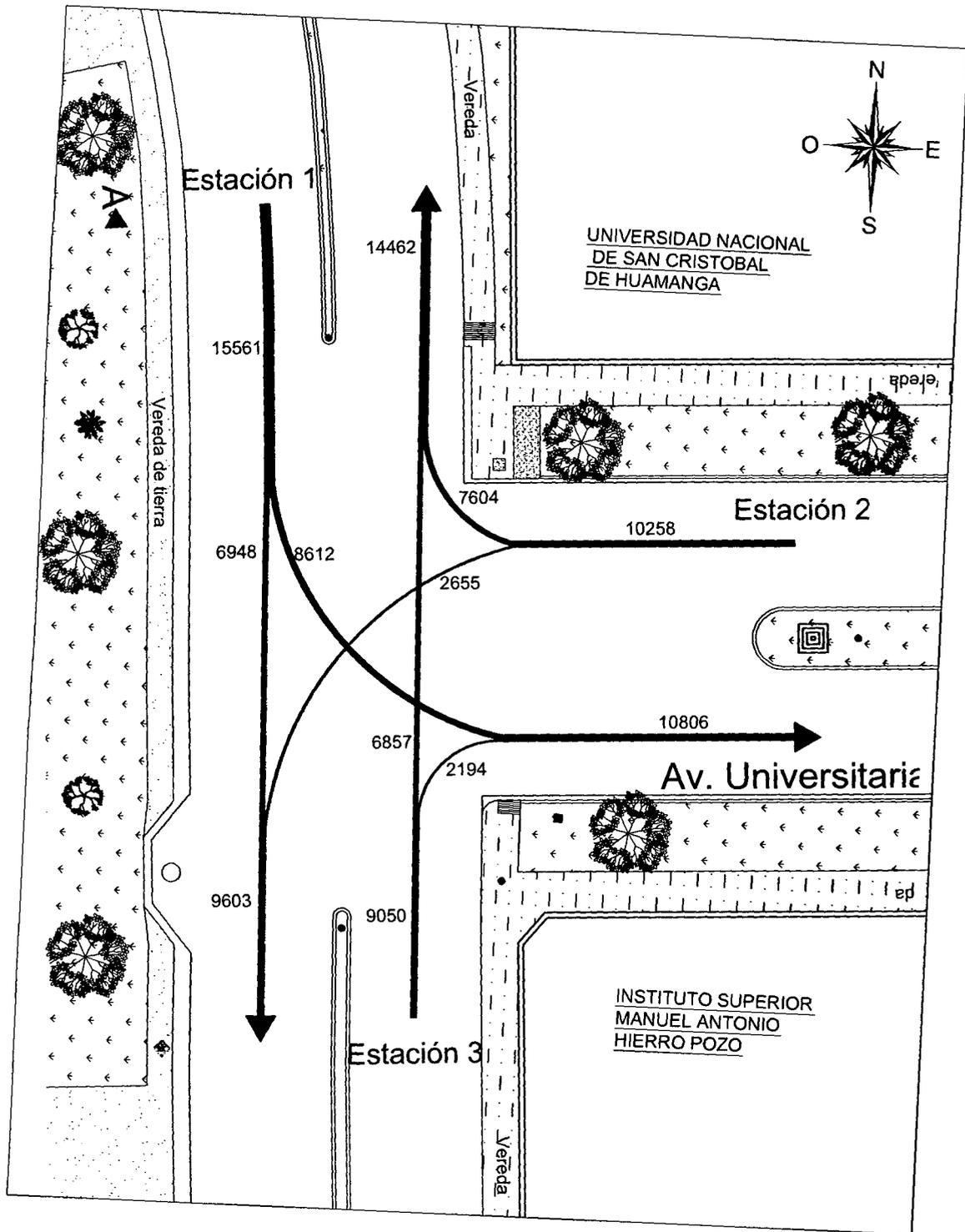
**Cuadro 5.11: Movimientos por vehículo - Estación 3**

<b>Auto</b>			<b>Mototaxi</b>			<b>Motolineal</b>		
<b>Turno</b>	<b>DFR</b>	<b>GDR</b>	<b>Turno</b>	<b>DFR</b>	<b>GDR</b>	<b>Turno</b>	<b>DFR</b>	<b>GDR</b>
Promedio	78 %	22 %	Promedio	63 %	37 %	Promedio	73 %	27 %
Vehiculos	1945	545	Vehiculos	2179	1263	Vehiculos	614	229
<b>Microbus</b>			<b>Camion</b>					
<b>Turno</b>	<b>DFR</b>	<b>GDR</b>	<b>Turno</b>	<b>DFR</b>	<b>GDR</b>			
Promedio	93 %	7 %	Promedio	95 %	5 %			
Vehiculos	1907	145	Vehiculos	211	12			

Fuente: Elaboración propia.

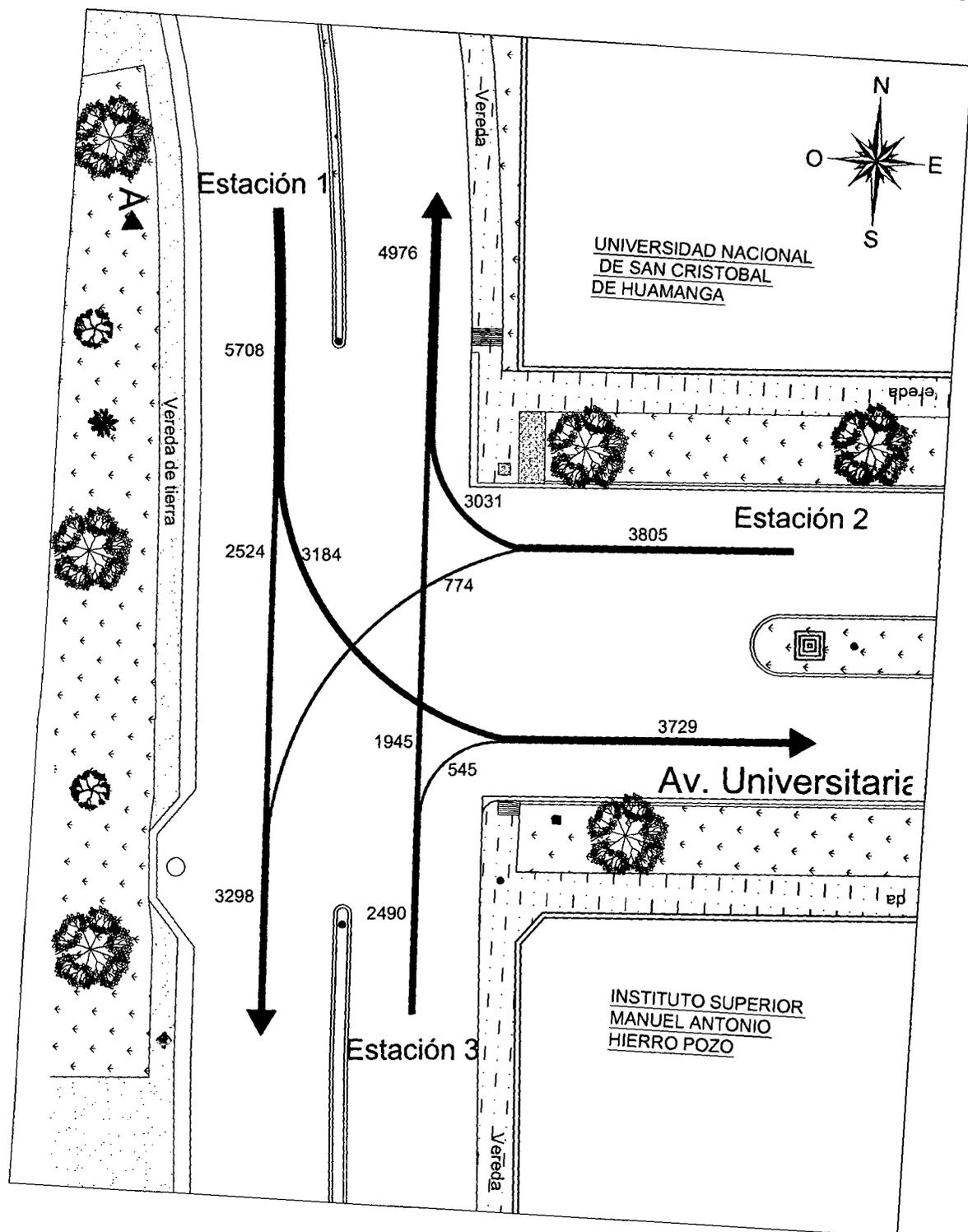
Finalmente obtenemos las gráficas con los movimientos total y por tipo de vehículo. También del TDPA para la vía principal que es la suma de la estación 1 y 3, que es 24611 vehículos, y para la vía secundaria será la estación 2 con 10258 vehículos.

Figura 5.18: Gráfica de movimiento general de los vehículos en la intersección



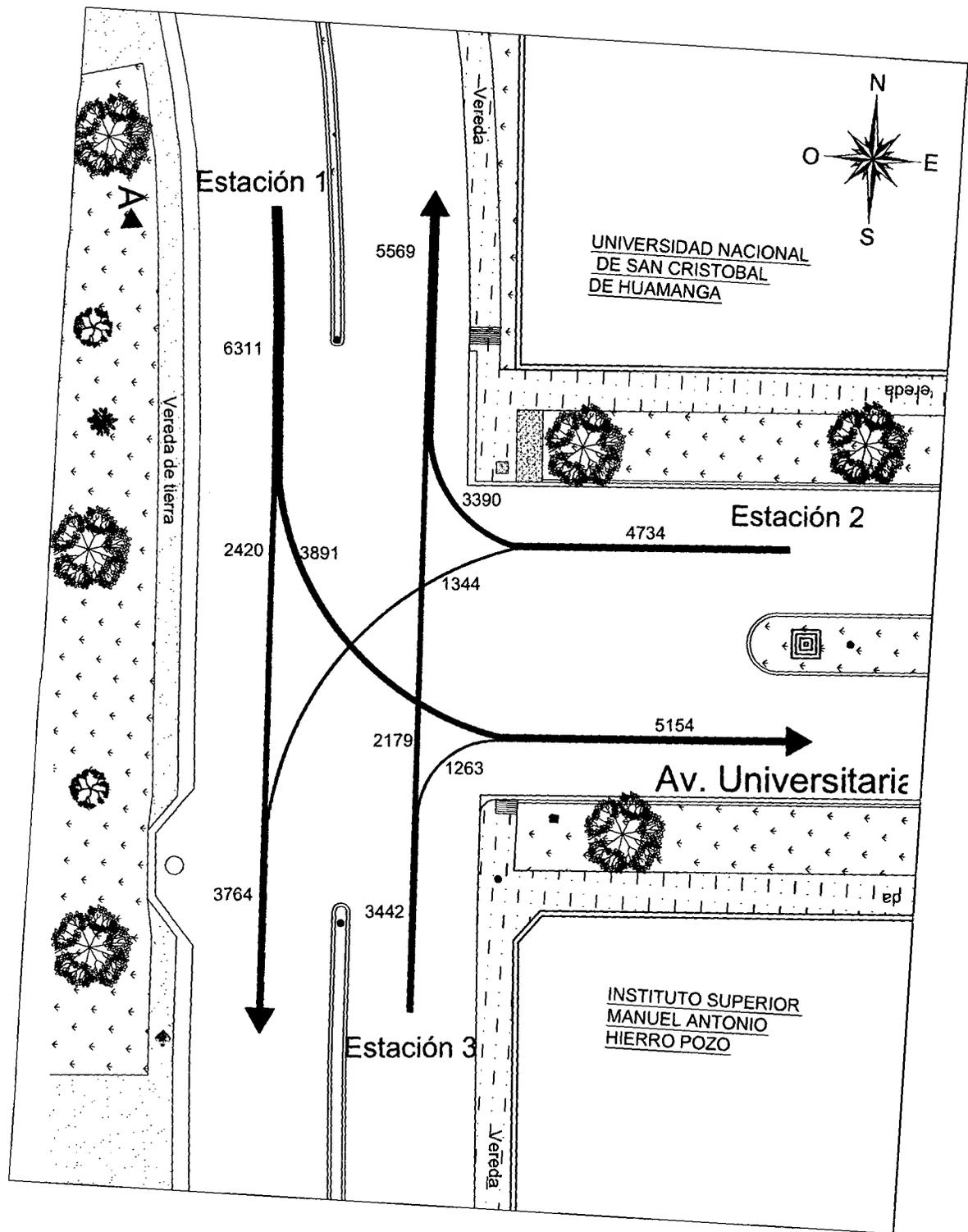
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.19: Gráfica de movimiento de los autos en la intersección



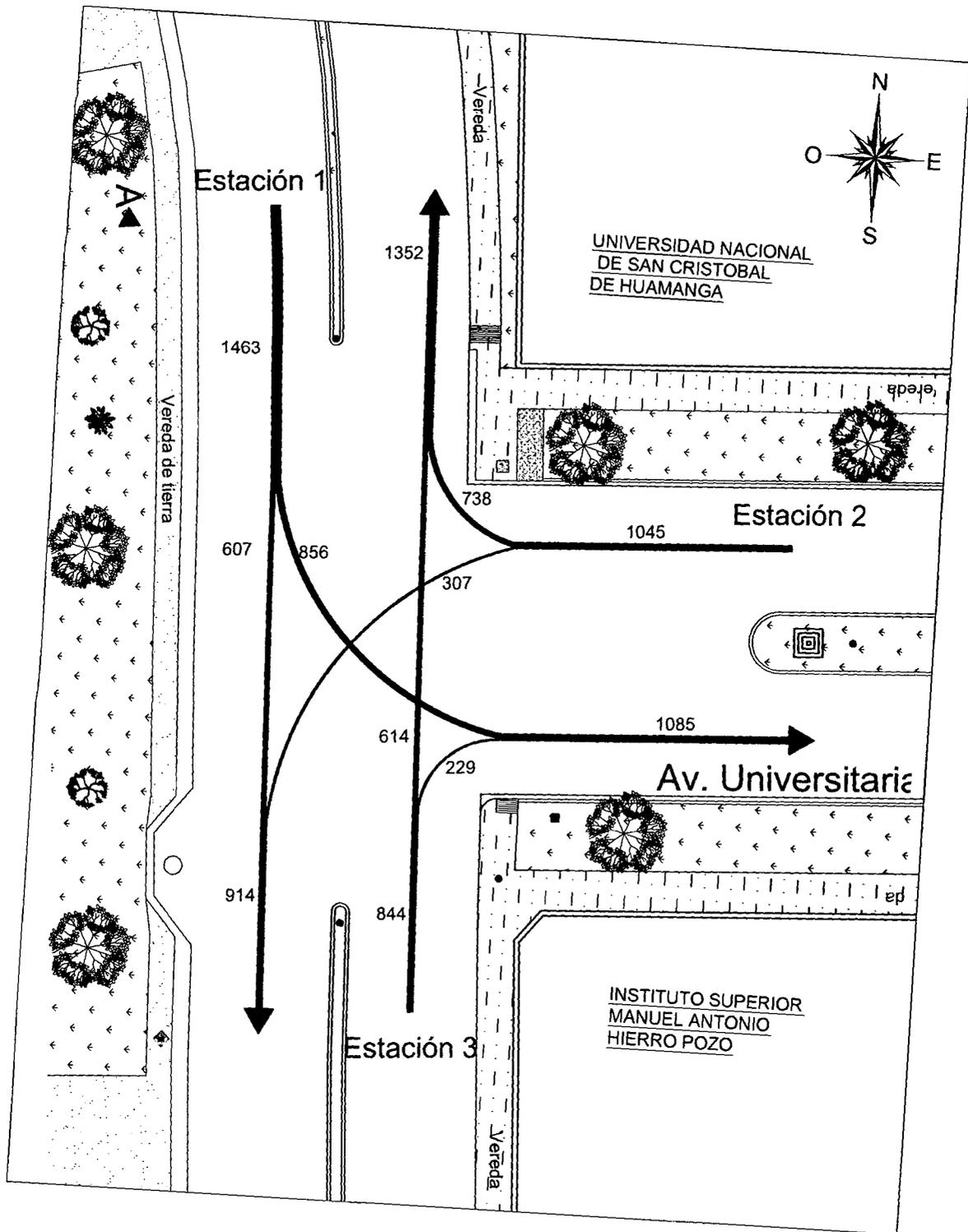
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.20: Gráfica de movimiento de los mototaxis en la intersección



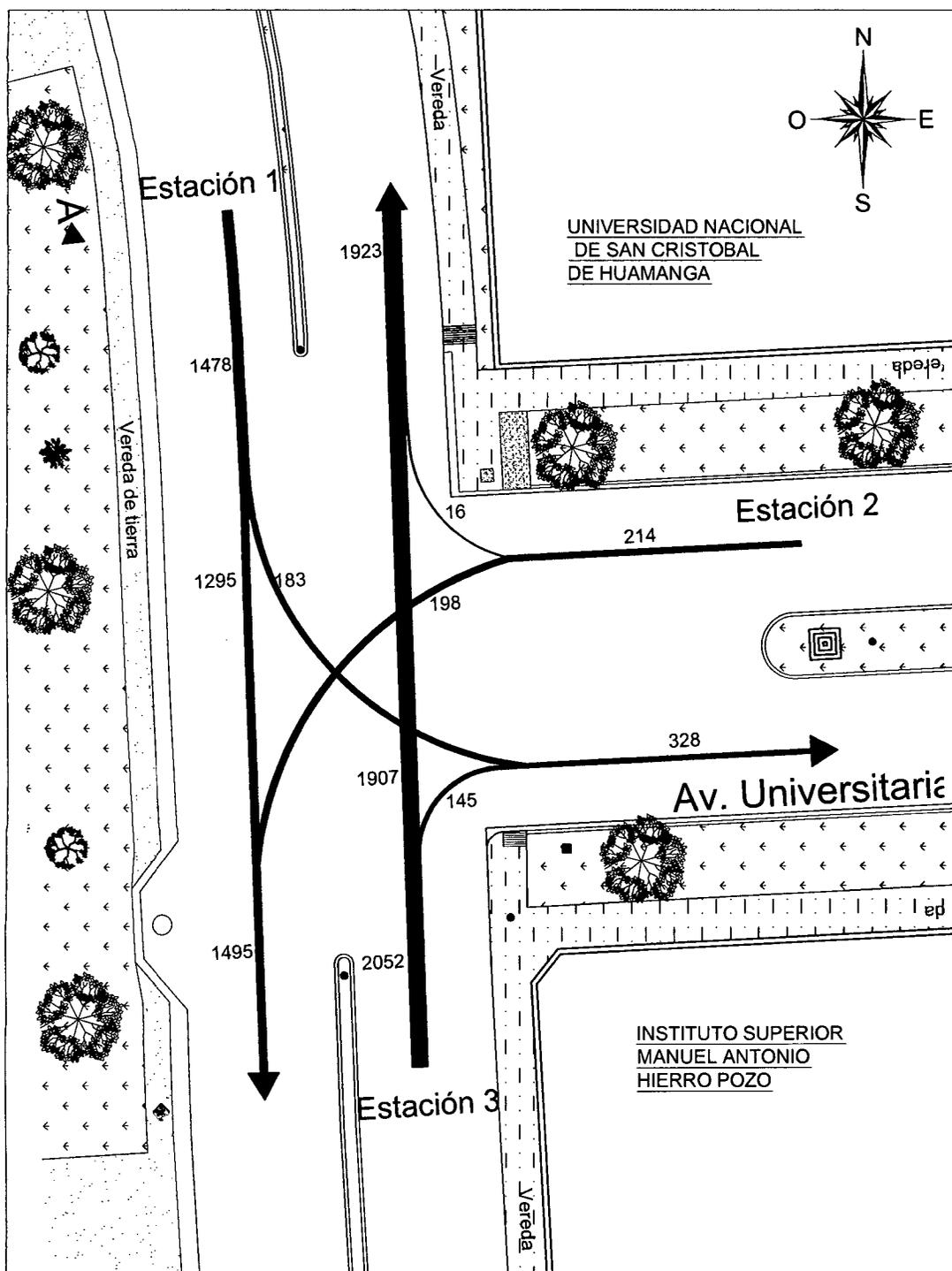
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.21: Gráfica de movimiento de las moto lineal en la intersección



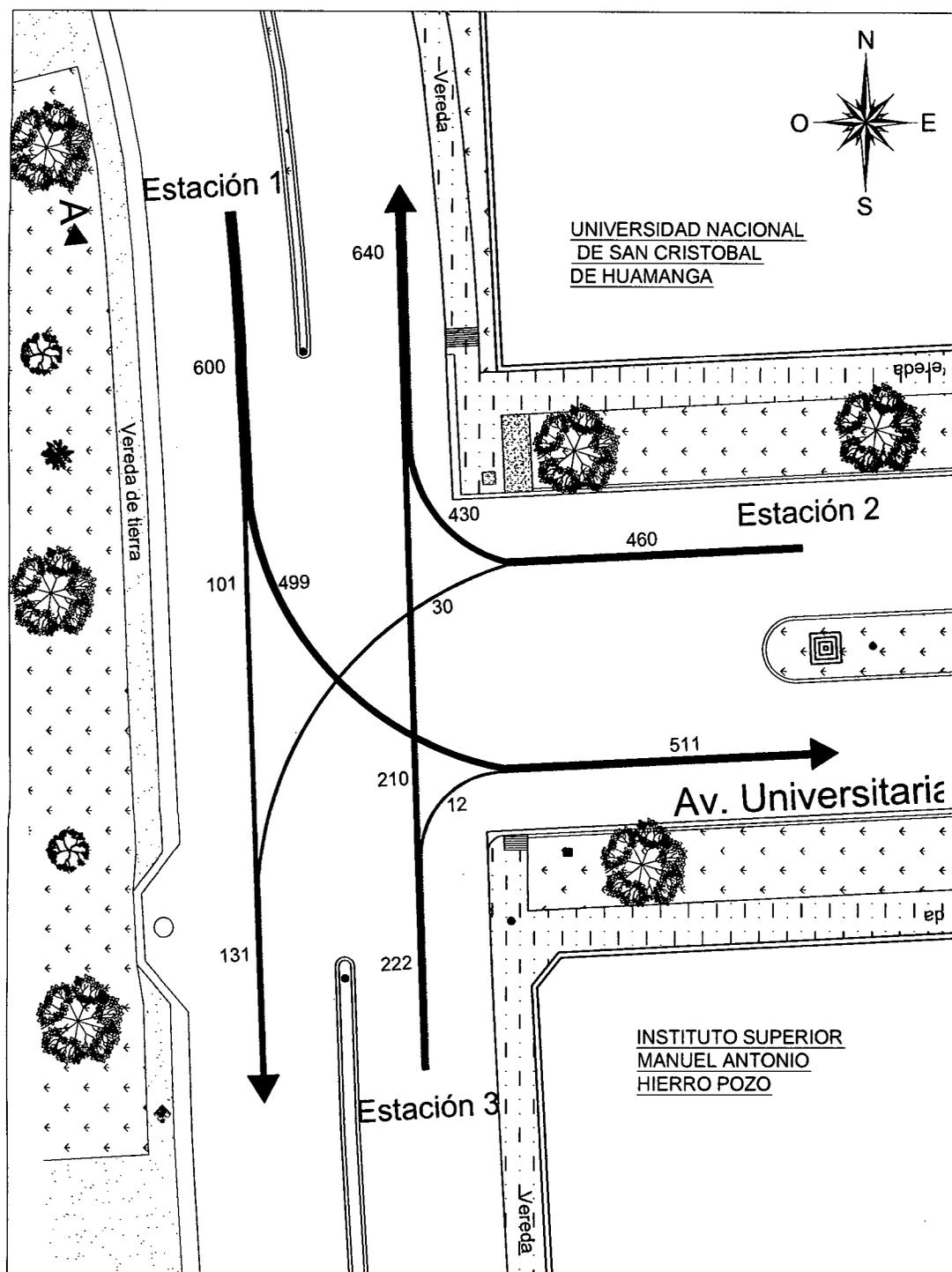
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.22: Gráfica de movimiento de los microbus en la intersección



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.23: Gráfica de movimiento de los camiones en la intersección



Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Análisis de datos de conflictos de tráfico

Se presenta los cuadros de cantidad por tipo de conflicto y por estación de cada día, y los cuadros de cantidad de segundo vehículo involucrado en el conflicto por estación.

**Cuadro 5.12: Cantidad por tipo de conflicto y estación-1er día**

Conflicto	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
MD1	0	2	0	2
MD2	0	4	3	7
MD3	0	0	2	2
MD4	0	1	0	1
DO1	0	0	48	48
CD1	0	7	28	35
CD2	0	1	17	18
CD3	0	0	0	0
CI1	15	0	0	15
CI2	0	0	0	0
CI3	0	11	0	11
PE1	0	9	1	10
PE2	5	21	1	27
<b>Subtotal</b>	<b>20</b>	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>176</b>

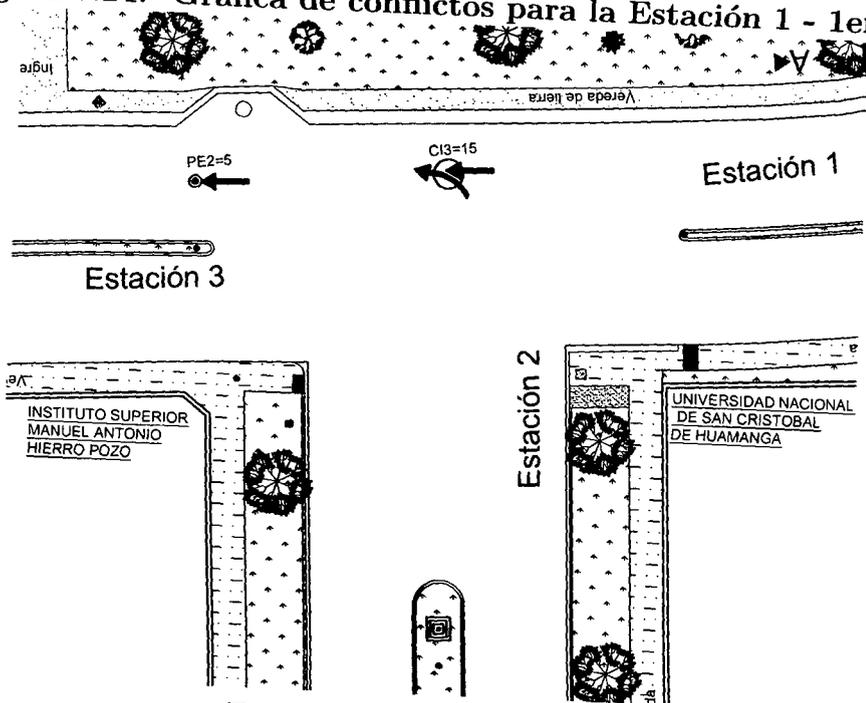
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.13: Cantidad por 2do vehículo involucrado-1er día**

Vehículo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
AU	6	23	31	60
MT	6	19	30	55
ML	4	8	18	30
MB	2	4	21	27
CA	2	2	0	4
<b>Subtotal</b>	<b>20</b>	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>176</b>

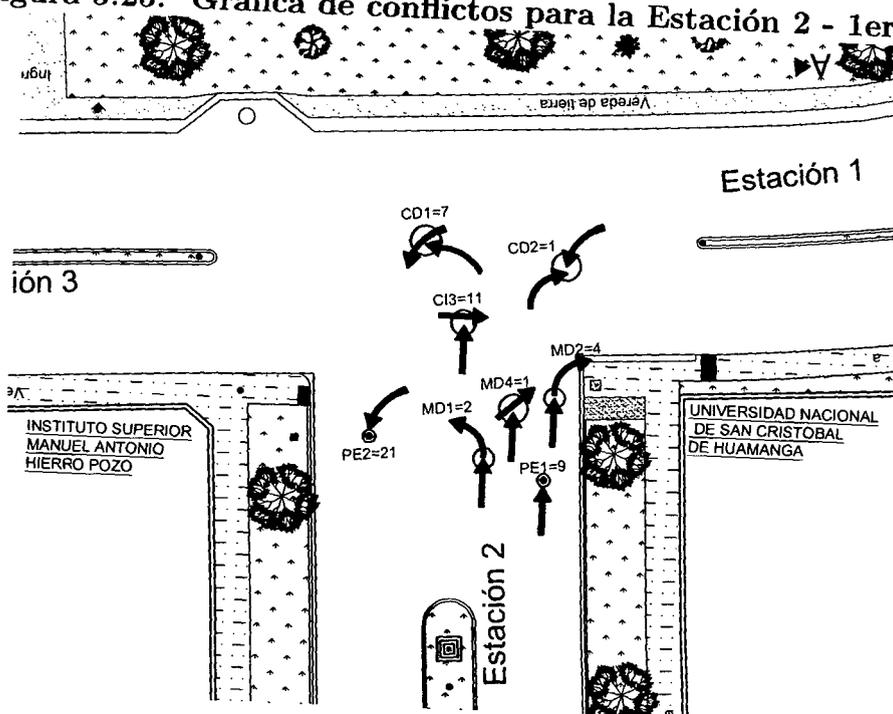
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.24: Gráfica de conflictos para la Estación 1 - 1er día



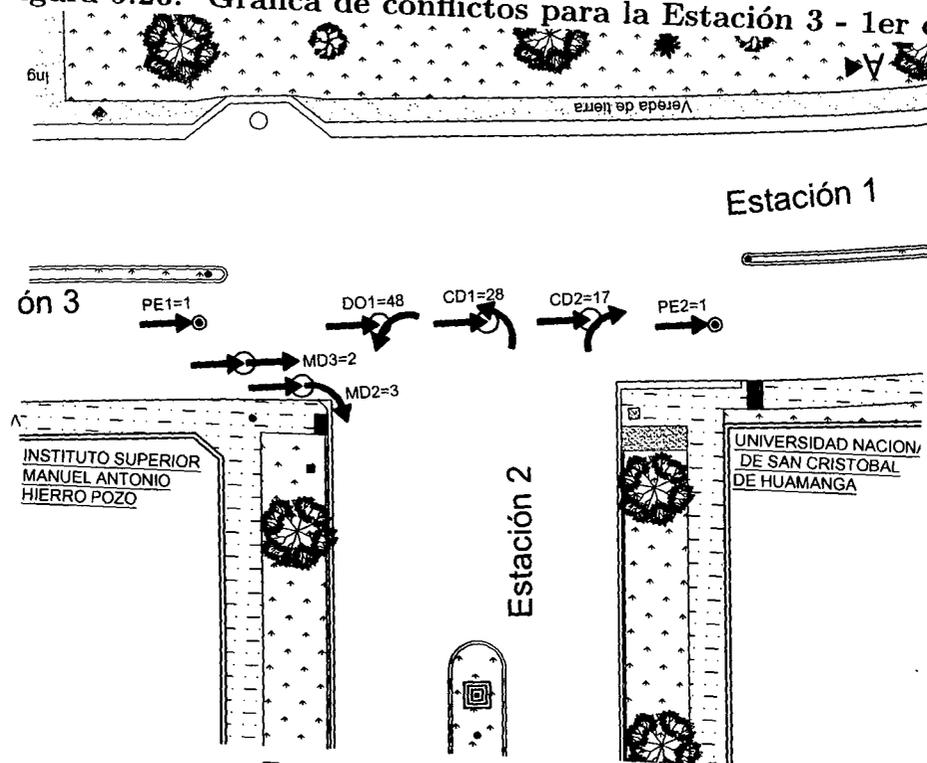
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.25: Gráfica de conflictos para la Estación 2 - 1er día



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.26: Gráfica de conflictos para la Estación 3 - 1er día



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.14: Cantidad por tipo de conflicto y estación-2do día

Conflicto	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
MD1	11	3	0	14
MD2	0	0	5	5
MD3	2	0	2	4
MD4	1	2	9	12
DO1	0	0	49	49
CD1	0	13	22	35
CD2	0	1	22	23
CD3	0	1	0	1
CI1	10	0	0	9
CI2	0	0	0	0
CI3	0	9	0	10
PE1	3	7	2	12
PE2	4	13	1	18
<b>Subtotal</b>	<b>31</b>	<b>49</b>	<b>112</b>	<b>192</b>

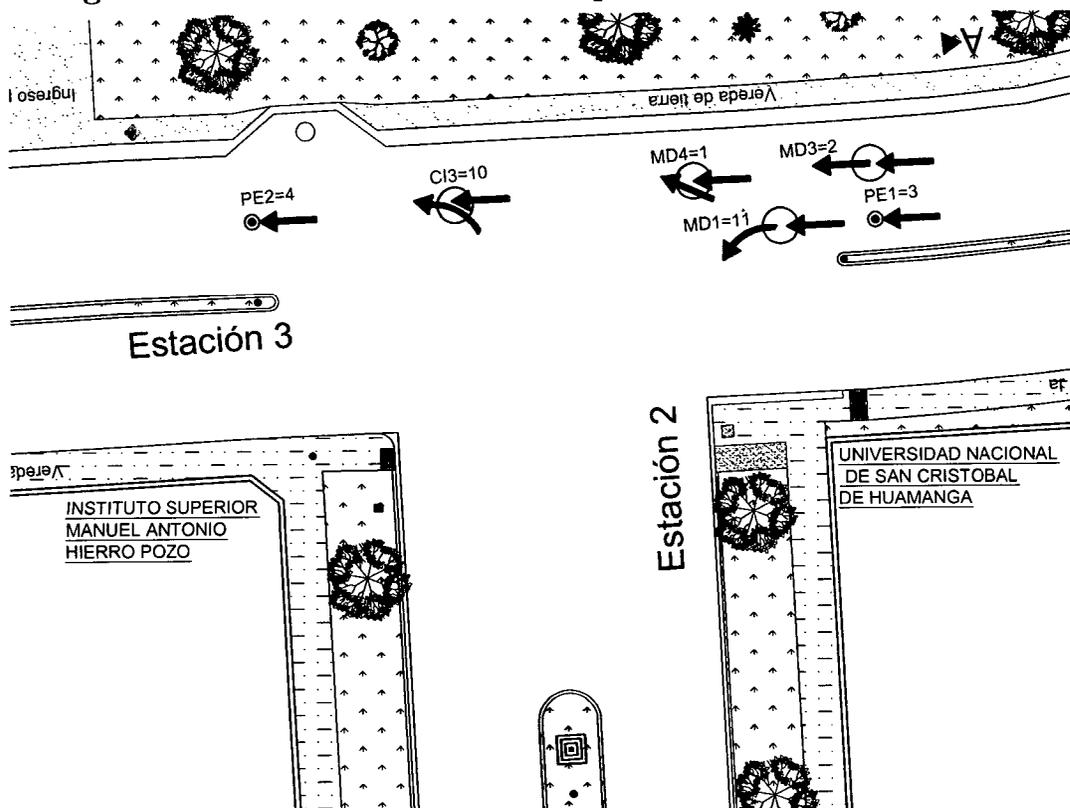
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.15: Cantidad por 2do vehículo involucrado-2do día

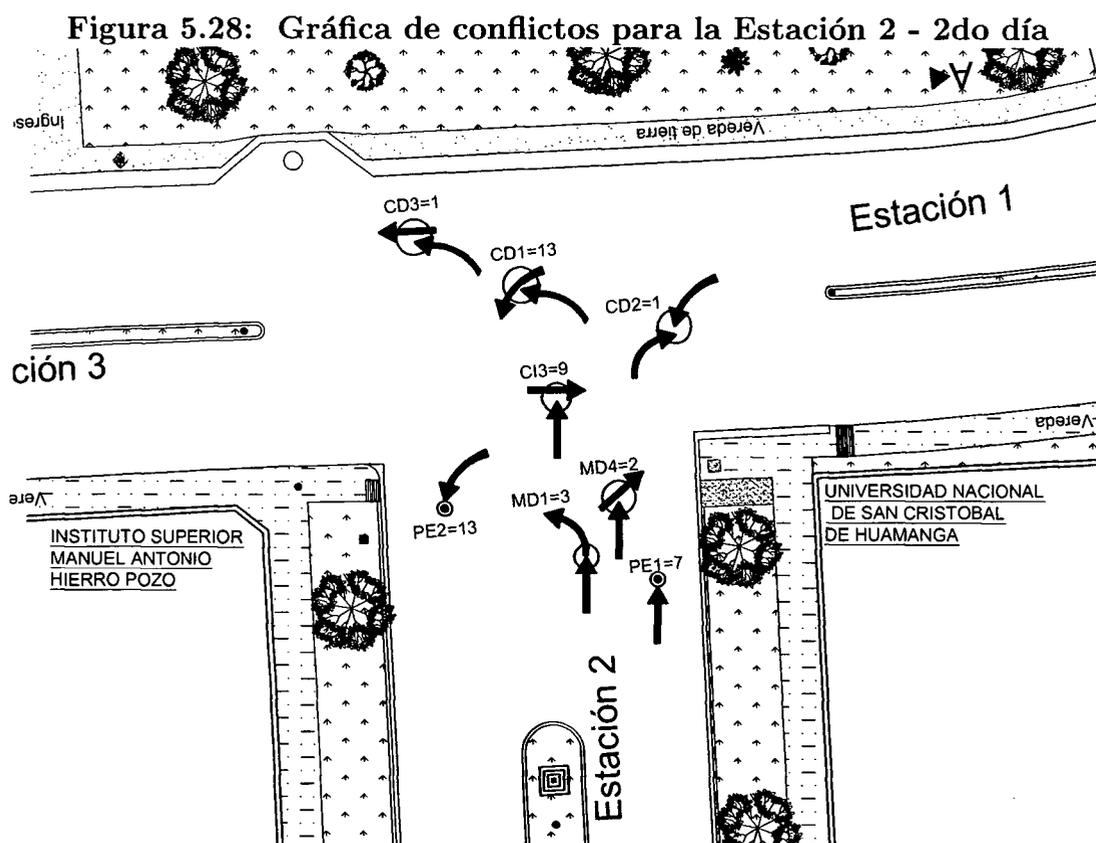
Vehículo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
AU	12	20	33	65
MT	8	18	34	60
ML	2	6	21	29
MB	6	1	22	29
CA	3	4	2	9
<b>Subtotal</b>	<b>31</b>	<b>49</b>	<b>112</b>	<b>192</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.27: Gráfica de conflictos para la Estación 1 - 2do día



Fuente: Elaboración propia.



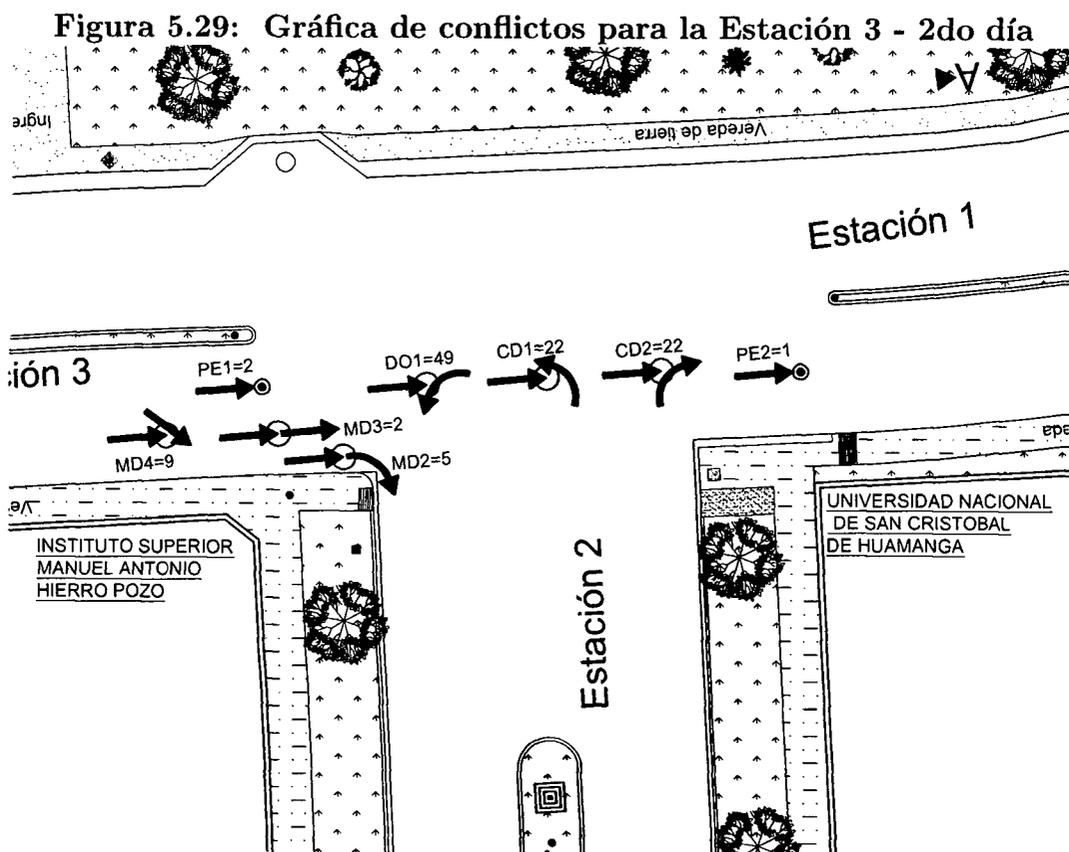
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.1.4. Análisis de datos de inventario del lugar

Se presenta los datos físicos necesarios para comprobar el diseño de la intersección en el siguiente cuadro.

También se presenta las siguientes observaciones de operación en la intersección:

- Los vehículos de la estación 1 giran a la izquierda de manera muy cerrada y a velocidad, aprovechando el mayor espacio que ofrece el ingreso de la estación 2. Este problema causa que el paso de los peatones al cruzar la estación 2 sea más segura, y además corta de manera más prolongada el derecho de paso de la estación 3.
- Los peatones que cruzan la estación 2 no tienen refugio, se ven obligados a cruzar en forma de U tratando de guarecerse en la isla con área verde más cercana.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.16: Resumen de datos de diseño de la intersección**

Datos de estudios	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Alineamiento(°)	90	90	90
Perfil longitudinal	-2.40 %	1.70 %	3.20 %
Radio de curvatura (m)	21.39	10.08	10.83
Carriles para evitar conflictos	no	no	no
Ancho de pavimento	6.11	6.0	6.22
Tipo de vía	Principal	Secundaria	Principal
Velocidad de operación(Km/h)	27.76	41.46	29.61
Tiempo de reacción(s)	2.5	2.5	2.5
Distancia de frenado(m)	9.30	18.42	9.03
Distancia de parada(m)	28.57	47.22	29.6
Señal de pare	-	no	-
Distancia por tiempo de reacción(m)	-	29	-
Dist. eje a pared en paralelo(m)	-	16.16	-
Dist. eje a pared en perpendicular(m)	-	3.325	-
Distancia visual para la otra vía(m)	-	18.27	-
Línea de visión(m)	-	34.10	-
Vía que se cruza	-	Estacion 3	-
Velocidad para la otra vía(Km/h)	-	26.31	-

Fuente: Elaboración propia.

- Existe una empresa de bus interprovincial cercana, así como camiones que hacen uso de la intersección y vienen por lo general de la estación 2, teniendo problemas para girar a la derecha, ocasionando congestión e inseguridad a los demás.
- Los mototaxis son los vehículos que con frecuencia realizan giros en U al inicio de las islas divisorias cercanas a la intersección, exponiéndose al peligro.
- En la estación 1 existe una forma trapezoidal en el borde del pavimento cruzando la intersección, este se convirtió en un paradero improvisado para microbuses y mototaxis.
- El paradero en la estación 2, no existe, bajando a las personas en medio de la pista y el área verde o casi en la misma intersección.
- Los peatones de diferentes edades, deben correr para cruzar las vías en la intersección, debido al poco respeto de los vehículos.

### 5.1.5. Análisis de datos de documentos de gestión

De acuerdo a la documentación recolectada sobre el proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Servicio Municipal de Tránsito Peatonal, Vehicular y Seguridad Vial en la Ciudad de Ayacucho, Provincia de Huamanga-Ayacucho" SNIP N°289791, se presenta de manera resumida el análisis de los datos en función a los procesos o etapas recomendadas por el HSM parte B, y son:

- El procedimiento para **identificar los sitios potenciales** son de manera global mediante los datos estadísticos de accidentes de la ciudad de Ayacucho proporcionados por la policía nacional. Estos datos no identifican lugares específicos, pero si el tipo de zona urbana o rural, la cantidad por mes, por día, por hora como indicadores. Por otra parte se tomaron datos de intersecciones urbanas, como el volumen por hora en las calles evaluadas, estado de la geometría, estado de la señalización.

- El **diagnóstico** identifica como factores que contribuyen a los accidentes de manera global en la zona urbana el crecimiento del parque automotor, deficiente infraestructura vial, baja calidad en el servicio de transporte público, poco respeto por las señales de tránsito sin poder ser evidenciado, paraderos prohibidos, moto taxis informales, deficiente señalización vertical y horizontal, inexistencia de planta de revisión de inspección técnica, bordes de veredas sin radios de giro adecuado, ausencia de rampas para discapacitados, semáforos defectuosos. Se agregan datos del lugar como población, situación social y cultural, actividades económicas. Se evalúan las intersecciones por sus condiciones físicas, estado de señalización, datos volumétricos por hora para la puesta de semáforos.
- Como **selección de contramedidas**, se decidió implantar una instalación de verificación físico mecánico, instalar semáforos led y señales horizontales y verticales en vías urbanas y periurbanas, construcción de estructuras para mejorar el flujo vehicular y el tránsito peatonal (rampas peatonales, paraderos, reductores de velocidad) y talleres de capacitación en educación y seguridad vial, dirigido a personal de la gerencia de transporte, docentes de centros educativos y conductores de empresas de transporte público.
- Para la **evaluación económica** se realizó el método costo-efectividad.
- No se **priorizan proyectos** o zonas, se selecciona en términos de las alternativas generales propuestas la que tenga menor ratio del método costo-efectividad.
- Para la **evaluación de las medidas** de seguridad se adopta la realización de estadísticas por parte de la municipalidad, encuestas semestrales a juntas vecinales o reportes del personal de vigilancia de la municipalidad, informes del avance físico financiero y encuestas a vecinos, informe de ejecución y liquidación de obra, facturas, boletas, comprobantes de compra de materiales.

## 5.2. Aplicación de metodologías

### 5.2.1. Aplicación de Método 1: Evaluación del diseño de la intersección

Para la aplicación del primer método será necesario tener en cuenta los análisis del estudio de velocidad de punto e inventario del lugar, con ello se comprobarán las seis pautas de diseño que se dan a continuación:

- **Alineamiento de intersección:** De acuerdo al cuadro 5.16, las tres vías que ingresan a la intersección lo hacen en ángulo recto.
- **Perfil longitudinal:** De acuerdo al cuadro 5.16, la estación 1 llega a la intersección con una pendiente de bajada, la estación 2 moderadamente de subida y la estación 3 con pendiente de subida.
- **Radio de giro a la derecha:** De acuerdo al cuadro 5.16, las vías que presentan giro a la derecha son la estación 2 y 3; pero estos no presentan radios de giro, llegando a ser totalmente perpendiculares. Se tiene por estudio de volúmenes, que los vehículos que usan la intersección son en su mayoría vehículos ligeros (autos, mototaxi, motolineal), pero también vehículos pesados (microbuses, camiones).
- **Carriles para evitar conflictos:** De acuerdo al cuadro 5.16, la intersección no presenta señales horizontales como carriles de paso peatonal, señales para orientar el giro adecuado de los vehículos, Islas de protección para peatones.
- **Ancho de pavimento:** De acuerdo al cuadro 5.16, las tres vías poseen un ancho de pavimento por cada sentido mínimo de 6 metros. De acuerdo al cuadro 2.2, las vías se considerarían dentro del Caso III con condición A; pero el borde interior o de giro es mínimo o casi inexistente.
- **Distancia visual:** De acuerdo al cuadro 5.16, no existe una señal de pare en la vía secundaria, por lo que la distancia por tiempo de reacción es de 29

metros y para la otra vía (la estación 3) que se cruza al pasar tendrá 18.27 metros para reaccionar a una velocidad máxima de 26.31 Km/h.

### 5.2.2. Aplicación de Método 2: Índice de severidad por conflictos de tráfico usando la TSCT

Para la aplicación del segundo método será necesario tener en cuenta los análisis del estudio de velocidad de punto para el percentil 85, volumen en intersección (el TDPA) y conflictos de tráfico (convertidos a los tres tipos de conflicto por la técnica sueca), con ello se obtendrá el índice de severidad por la técnica sueca de conflictos de tráfico.

**Cuadro 5.17: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 1 - 1er día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			15	1
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			0	4
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peaton)			5	20
Velocidad asumida 85 %	27.76	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	<b>0.90</b>
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.18: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 2 - 1er día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			8	1
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			18	4
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peaton)			30	20
Velocidad asumida 85 %	41.46	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	<b>5.34</b>
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.19: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 3 - 1er día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			<b>22</b>	<b>1</b>
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			<b>76</b>	<b>4</b>
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peatón)			<b>2</b>	<b>20</b>
Velocidad asumida 85 %	29.61	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		
			<b>2.88</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.20: Índice de severidad por 100000 vehículos Total - 1er día**

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
Índice de severidad	0.90	5.34	2.88	<b>9.12</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.21: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 1 - 2do día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			<b>23</b>	<b>1</b>
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			<b>1</b>	<b>4</b>
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peatón)			<b>7</b>	<b>20</b>
Velocidad asumida 85 %	27.76	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		
			<b>1.31</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.22: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 2 - 2do día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			<b>6</b>	<b>1</b>
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			<b>23</b>	<b>4</b>
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peatón)			<b>20</b>	<b>20</b>
Velocidad asumida 85 %	41.46	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		
			<b>3.91</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.23: Índice de severidad por 100000 vehículos de la Estación 3 - 2do día**

Tipos de conflicto de la técnica sueca			Cantidad	Factores
Técnica Sueca Caso I (Vehículo-Vehículo en Paralelo)			<b>38</b>	<b>1</b>
Técnica Sueca Caso II (Vehículo-Vehículo en ángulo recto)			<b>71</b>	<b>4</b>
Técnica Sueca Caso III (Vehículo-Peaton)			<b>3</b>	<b>20</b>
Velocidad asumida 85 %	29.61	Km/h	<b>Indice de severidad</b>	
Tiempo asumido	1	s		
Volumen de vehículos	34870	Veh		
Zona asumida	A	Baja severidad		
			<b>3.00</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.24: Índice de severidad por 100000 vehículos Total - 2do día**

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Total
Índice de severidad	1.31	3.91	3.00	<b>8.23</b>

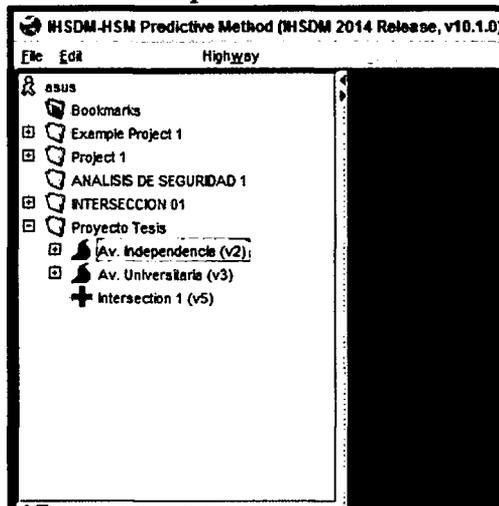
Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Aplicación de Método 3: Frecuencia de accidente previsto usando el HSM

En el tercer método es necesario tener en cuenta los análisis de volumen en intersección (el TDPA para la vía principal y vía secundaria). Para poder aplicar el método se tuvo que cambiar el volumen de TDPA para la vía secundaria de 10266 a 9300 vehículos, para que se pueda cumplir con los parámetros del HSM.

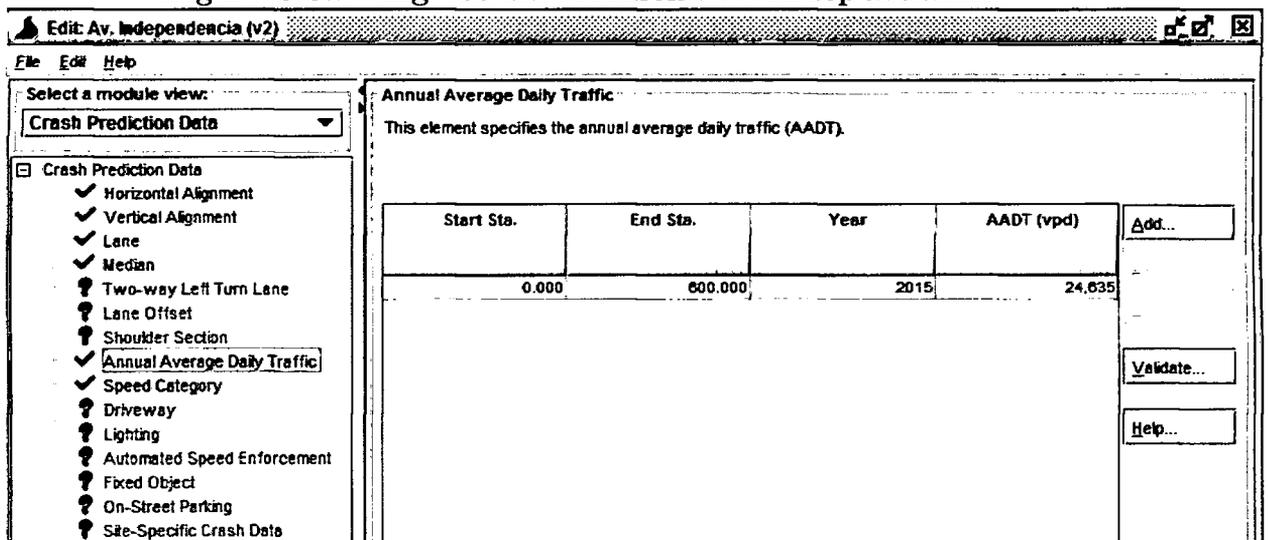
Se realizó el cálculo en el software IHSDM para crash prediction según el HSM y en una hoja de cálculo en EXCEL.

Figura 5.30: Método predictivo en software IHSDM



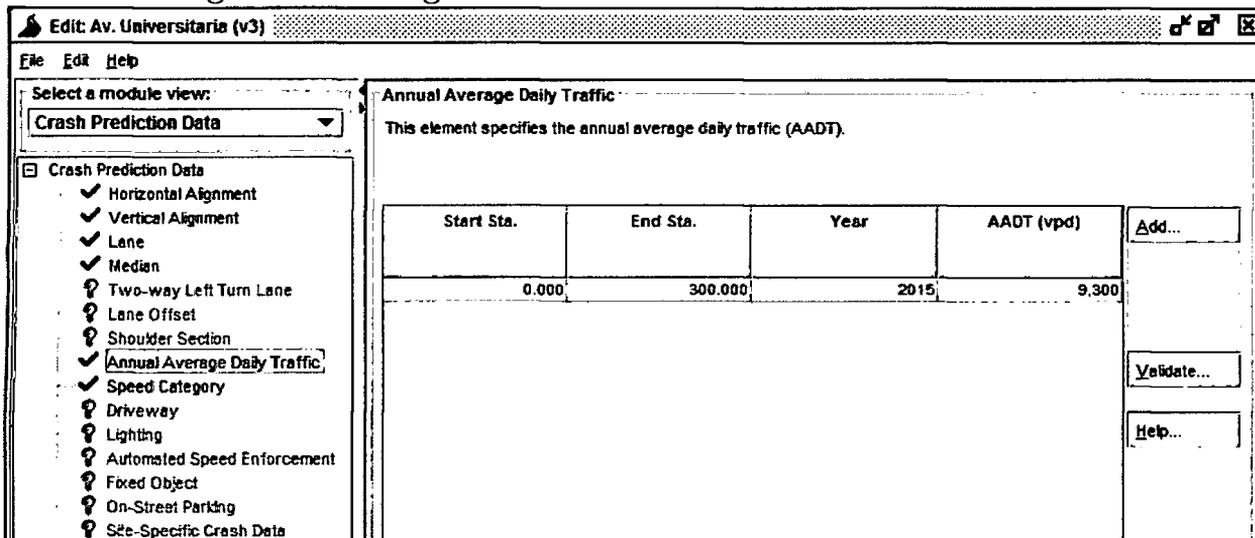
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.31: Ingreso de volumen Av. Independencia



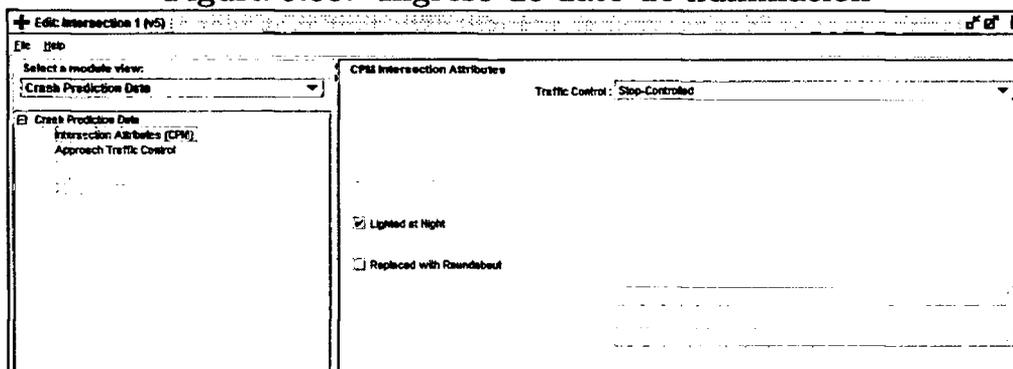
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.32: Ingreso de volumen Av. Universitaria



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.33: Ingreso de dato de iluminación



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.34: Resultado de accidentes en intersección

Table 4. Expected Crash Frequencies and Rates by Highway Segment (Section 1)

Segment Number/Intersection Name/Cross Road	Start Location	End Location	Length (km)	Expected No. Crashes for Evaluation Period
1	0.000	300.000	0.3000	1.806
Intersection 1	299.999			31.658

Crash Rate (crashes/km/yr)	Travel Crash Rate (crashes/million veh-km)	Expected No. Crashes/Year (crashes/million veh)	Expected Crash Rate (crashes/yr)
1.0033	0.30		
		0.49	5.2763

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.35: Proceso de aplicación del HSM para la intersección 1ra parte

**Arteria urbana y suburbana según HSM**

Tipo de intersección:	3ST	
Volumen de vía principal	24635	vpd
Volumen de vía secundaria	9300	vpd

Se calcula la Frecuencia de accidente previsto

**Paso 1: SPFs****1.1. Colisión de múltiples vehículos (Nbimv)****1.1.1. Total:**

a=	-13.36	
b=	1.11	
c=	0.41	
<b>Nbimv =</b>	<b>5.01</b>	<b>accidentes/año</b>

**1.1.2. Fatal y con heridos:**

a=	-14.01		
b=	1.16		
c=	0.3		
<b>Nbimv' (FI)=</b>	<b>1.59</b>	<b>Calibrado final:</b>	
		<b>Nbimv (FI)=</b>	<b>1.39</b> <b>accidentes/año</b>

**1.1.3. Solo con daños a la propiedad:**

a=	-15.38		
b=	1.2		
c=	0.51		
<b>Nbimv' (PDO)=</b>	<b>4.11</b>	<b>Calibrado final:</b>	
		<b>Nbimv (PDO)=</b>	<b>3.61</b> <b>accidentes/año</b>

**1.2. Colisión simple de vehículo (Nbisv)****1.2.1. Total:**

a=	-6.81	
b=	0.16	
c=	0.51	
<b>Nbisv =</b>	<b>0.59</b>	<b>accidentes/año</b>

**1.2.2. Fatal y con heridos:**

a=		fbisv =	0.31
b=			
c=			
<b>Nbisv' (FI)=</b>	<b>0.18</b>	<b>Calibrado final:</b>	
		<b>Nbisv (FI)=</b>	<b>0.17</b> <b>accidentes/año</b>

**1.2.3. Solo con daños a la propiedad:**

a=	-8.36		
b=	0.25		
c=	0.55		
<b>Nbisv' (PDO)=</b>	<b>0.45</b>	<b>Calibrado final:</b>	
		<b>Nbisv (PDO)=</b>	<b>0.42</b> <b>accidentes/año</b>

**1.3. Colisión vehículo-peatón (Npedi)**

Nbimv =	5.01	accidentes/año
Nbisv =	0.59	accidentes/año
AMF1 =	1.00	
AMF2 =	1.00	
AMF3 =	1.00	
AMF4 =	1.00	
AMF5 =	0.91	
AMF6 =	1.00	
fpedi =	0.021	(de tabla 12-33)
<b>Npedi =</b>	<b>0.11</b>	<b>accidentes/año</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.36: Proceso de aplicación del HSM para la intersección 2da parte

**1.4. Colisión vehículo-bicicleta (Nbikei)**

Nbimv =	5.01	accidentes/año
Nbisv =	0.59	accidentes/año
AMF1 =	1.00	
AMF2 =	1.00	
AMF3 =	1.00	
AMF4 =	1.00	
AMF5 =	0.91	
AMF6 =	1.00	
fbikei =	0.016	
Nbikei =	0.08	accidentes/año

**Paso 2: CMF o AMF**

**2.1 AMF1i: Intersección con Carril de giro a la izquierda**

AMF1i=	1	(si no hay la condición será el valor de 1)
--------	---	---

**2.2 AMF2i: Intersección con señal de fase de giro a la izquierda**

AMF2i=	1	(si no hay la condición será el valor de 1)
--------	---	---

**2.3 AMF3i: Intersección con Carril de giro a la derecha**

AMF3i=	1	(si no hay la condición será el valor de 1)
--------	---	---

**2.4 AMF4i: Intersección con Giro permitido a la derecha en rojo**

n=	0	(número de señales de giro permitido)
AMF4i=	1	

**2.5 AMF5i: Iluminación en Intersección**

Pni=	0.238	(si hay iluminación sacar de tabla, sino será cero)
AMF5i=	0.91	

**2.6 AMF6i: Cámara de luz roja(cámara para fotopapeleta)**

Nbimv =	5.01	accidentes/año
Nbisv =	0.59	accidentes/año
Nbimv (FI)=	1.39	accidentes/año
Nbimv (PDO)=	0.42	accidentes/año
Pramv(FI) =		(de tabla 12-24 angle collision, si hay cámara de luz roja)
Pramv(PDO) =		(de tabla 12-24 angle collision, si hay cámara de luz roja)
Premv(FI) =		(de tabla 12-24 Rear-end collision, si hay cámara de luz roja)
Premv(PDO) =		(de tabla 12-24 Rear-end collision, si hay cámara de luz roja)
Pra =	0.00	
Pre=	0.00	
AMF6 =	1.00	

**Paso 3: Factor de calibración de acuerdo a criterio del lugar (Ci)**

Ci =	1.00	(criterio de la zona de estudio por parte de departamentos de transporte)
------	------	---

**Paso 4: Frecuencia de accidente previsto (Nprevisto int)**

**4.1. Total:**

Nprevisto int =	5.2763	accidentes/año
-----------------	--------	----------------

**4.2. Fatal y con heridos:**

	1.6099	accidentes/año
--	--------	----------------

**4.3. Solo con daños a la propiedad:**

	3.6664	accidentes/año
--	--------	----------------

Fuente: Elaboración propia.

# Capítulo 6

## Discusión de resultados

Los resultados de la aplicación de la metodología se realizarán en base a los objetivos específicos de la investigación.

### **6.1. Discusión de resultados de acuerdo al primer objetivo específico**

Aquí discutimos los resultados obtenidos de aplicar los planteamientos teóricos para mitigar el problema de empirismos aplicativos en la seguridad vial en intersecciones urbanas de acuerdo a las siguientes variables:

#### **6.1.1. El primer objetivo en el diseño de la infraestructura de intersecciones**

- Conforme a la aplicación del método 1, referente a la evaluación del diseño de la intersección, y en relación al cuadro 5.16, se observa que no se aplican los conceptos necesarios para el diseño de los radios de giro de la intersección evaluada, presentes en guías del MTC como el DG2013[14]; así como la posición y puesta de la señalización horizontal y vertical, proporcionadas por el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito [17], trayendo consigo problemas en

la distancia visual necesaria para reaccionar ante un posible encuentro entre vehículos o vehículo-peatón.

- En las observaciones realizadas en el estudio de inventario del lugar, se observa que no se aplica el diseño de infraestructuras de protección del peatón, islas o camellones en la intersección, estos conceptos están presentes en guías del MTC como el DG2014[14].

### **6.1.2. El primer objetivo en los estudios de ingeniería de tránsito**

Para poder aplicar las metodologías que permiten conocer los parámetros de la seguridad vial en una intersección a nivel, fueron necesarios conocer y realizar estudios básicos de ingeniería de tránsito, para así contrastar los siguientes conceptos en su diseño:

- En el reglamento nacional de tránsito[15] artículo 162, el límite de velocidad es de 30Km/h. De acuerdo al cuadro de resumen de análisis de velocidad de punto 5.1 hecha a la intersección de estudio, la vía de la estación 2 (Av. Universitaria), no estaría cumpliendo esta norma por todos los tipos de vehículos que transitan e ingresan a la intersección, con una velocidad media de 36.86Km/h y de 41.46km/h para el 85 % de vehículos que transitan.
- En un estudio hecho por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile (CONASET[16]), se indica que un vehículo que va a 30 Km/h y de atropellar a un peatón puede ocurrir que: el 5 % de los peatones podría morir, el 65 % tendría lesiones graves y el 30 % tendría lesiones leves. Esta información pondría en alerta a los peatones que cruzan la estación 2 (Av. Universitaria), que como ya se indicó, los vehículos sobrepasan los 30Km/h llegando muy cerca a la intersección; principalmente las motos lineales (ver cuadro 5.1).
- La caracterización de los vehículos que harán uso de la intersección así como sus

movimientos, son necesarios, para obtener un vehículo de diseño (DG2014[14]). Conforme al estudio de volumen realizado se tiene que hay un aproximado de 34870 vehículos diarios anualmente que cruzan la intersección entre la Av. Independencia y la Av. Universitaria (Ver Cuadro 5.4). Si se observa en los cuadros 5.6, 5.7, 5.8, la mayor cantidad de usuarios son automóviles y mototaxis; pero existe un aproximado de 1200 camiones diariamente que hacen uso de la intersección; muchos de estos categorizados como VP o VA según el DG2014[14]. Este vehículo de diseño conforme al estudio de inventario del lugar (Ver cuadro 5.16) y los anchos de diseño de pavimento para dar vuelta (Ver cuadro 2.1), cuentan con dificultades para realizar giros al cruzar la intersección, haciendo muchas maniobras y poniendo en peligro a los peatones y vehículos que transitan cerca del lugar.

- Los diagrama de colisión son una fuente de datos ilustrada, sobre los accidentes registrados en una intersección, en las cuales se representan distintos tipos de maniobras ([2]). Los estudios de volúmenes y movimientos vehicular en las intersecciones, también nos permiten caracterizar los posibles accidentes, de acuerdo a las tendencias de movimiento de los vehículos. En el estudio de volúmenes realizado se puede ver en la figura 5.18, que existe un mayor ingreso vehicular desde la estación 1 (Av. Independencia Norte) y de estos el 55 % de los vehículos giran a las izquierda. Los vehículos de la estación 2 (Av. Universitaria) tienen el segundo mayor ingreso vehicular y de estos el 74 % giran a la derecha. Los vehículos de la estación 3 tienen por tendencia a que el 76 % de ellos van de frente. Con estas características, podemos inferir que hay una mayor probabilidad de que ocurra una colisión frontal entre los vehículos que giran a la izquierda desde la estación 1, con los vehículos que van de frente desde la estación 3; también se puede decir que hay una mayor probabilidad de una colisión posterior o lateral entre los vehículos que giran a la derecha desde la estación 2 con los vehículos que van de frente desde la estación 3.

- Los estudios de conflictos de tráfico, nos permiten caracterizar en forma de incidentes, los posibles accidentes que puedan ocurrir en una intersección (FHWA [5]), y definen con mayor claridad las posibles colisiones y atropellos que puedan ocurrir. En la intersección de estudio se pudo caracterizar que para los vehículos que ingresan desde la estación 1 hay mayor incidencia de una colisión lateral o posterior con un vehículo que ingresa girando a la izquierda desde la estación 2 (ver figura 5.24). Para los vehículos que ingresan desde la estación 2 una colisión frontal lateral con los vehículos que giran a la izquierda desde la estación 1 y los vehículos que van de frente desde la estación 3; así como una mayor incidencia de que un peatón sea atropellado en la estación 2 por un vehículo que gira a la izquierda desde la estación 1 (ver figura 5.28). Para los vehículos que ingresan de la estación 3 está el mayor peligro de una colisión frontal con los vehículos que giran a la izquierda desde la estación 1, y una colisión frontal y lateral con los vehículos que giran a derecha y a la izquierda desde la estación 2 (ver figura 5.29).

### **6.1.3. El primer objetivo en los software especializados**

- Se presenta el software libre IHSDM, el cual usa el método predictivo del Manual de Seguridad de Carreteras (HSM[8]), el cual es utilizado en el análisis de seguridad de la intersección de estudio (el método 3 de la investigación), en el cual junto al estudio de volúmenes y datos de campo nos permite predecir la cantidad probable de accidentes que puedan ocurrir. En el caso de estudio se obtuvo 5.27 accidentes por año (Ver figura 5.34).
- Se probó que con el conocimiento teórico del método predictivo del Manual de Seguridad de Carreteras (HSM[8]), se pudo realizar una hoja de cálculo en EXCEL obteniendo los mismos resultados que el software IHSDM para intersecciones a nivel (Ver figura 5.36).

## 6.2. Discusión de resultados de acuerdo al segundo objetivo específico

Aquí discutimos los resultados obtenidos de aplicar los planteamientos teóricos para mitigar el problema de carencia de detalles o indicadores de accidentes de acuerdo a las siguientes variables:

### 6.2.1. El segundo objetivo en los estudios de ingeniería de tránsito

Estos estudios son realizados para poder obtener resultados o indicadores en las metodologías de evaluación de la seguridad vial.

- Con los estudios de velocidad de punto se pudo obtener los datos de la velocidad media a la que operan los vehículos en la intersección de estudio (ver cuadro 5.1). Esta cantidad de muestra de datos se validan usando las propiedades de la distribución normal con la ecuación de chi cuadrado ([2]).
- Con los conceptos de conteo periódico y Factores de Expansión ([2]) se pudo obtener un aproximado del tránsito diario promedio anual TDPA de la intersección de estudio; a partir del comportamiento promedio del flujo de tráfico similar de tres días consecutivos (ver figuras 5.15, 5.16, 5.17). Con estos datos se pudo recrear las cantidades de vehículos y sus movimientos para la intersección de estudio. Todo ello debido a la carencia de datos en las instituciones públicas encargadas.
- Con el estudio de conflictos de tráfico proporcionado por la FHWA ([5]) se pudo obtener los posibles diagramas de colisión de la intersección, así como cantidades parecidas de conflictos por estación (ver cuadros 5.12, 5.14), y también los vehículos y peatones más involucrados en estos incidentes (ver cuadros 5.13, 5.15). En el Perú existe el estudio de puntos negros del Ministerio de Sa-

lud (MINSA [13]), que aplica un formato metodológico similar y aparte una hoja de encuestas; pero que pone como condición inicial para desarrollar el estudio la necesidad de que la intersección urbana tenga un registro mínimo de 3 años de accidentes ocurridos.

- Con los estudios de inventario del lugar, se determinaron los detalles de infraestructura que ofrece la intersección (Ver cuadro 5.16) obteniendo indicadores en su diseño que afectan su buen desempeño.

### **6.2.2. El segundo objetivo en los software especializados**

Para una recolección de datos más efectiva se elaboraron dos aplicaciones sencillas en Android Studio (Ver figura 3.1); como propuesta de hacer más sencillo y menos engorroso el traslado de datos recolectados, así como la facilidad para realizar un conteo vehicular o peatonal y sus movimientos a partir de un video, conseguir una media de velocidad con una muestra consistente en campo. Estos conteos son guardados en la memoria del dispositivo como un archivo de texto y luego fueron trasladadas a hojas de cálculo en EXCEL para su procesado final. Con ello se puede apoyar en mitigar la carencia de datos.

### **6.2.3. El segundo objetivo en las investigaciones en otros países**

Aquí discutimos los resultados de dos metodologías aplicadas por investigadores e instituciones extranjeras.

- El método 2: Índice de severidad por conflictos de tráfico usando la TSCT, es una investigación (Sverker [7]), en la que haciendo uso de los estudios de velocidad de punto, volúmenes y conflictos de tráfico, se obtuvo un índice de la severidad de conflicto a partir de los cuadros 2.6 y 2.7, y como resultados del estudio, comportamientos similares por vía en los índices de severidad encontrados para la intersección de análisis (Ver cuadros 5.20, 5.24). Estos índices

encontrados demuestran la existencia de peligro de un probable accidente, presentando como el de mayor gravedad los conflictos vehículo - peatón en la estación 2 (Av. Universitaria); así como una colisión en ángulo recto vehículo - vehículo para la estación 3 (Av. Independencia desde el Sur). Estos indicadores representan el estado actual de seguridad en la que opera la intersección, que requiere de mejoras y de un nuevo estudio para observar la disminución de este indicador.

- En la metodología 2, utilizada se requirió de evaluar las imágenes gravadas con detenimiento, se entiende que de acuerdo a las recomendaciones de los investigadores suecos Sverker Almqvist y Christer Hydén que utilizaron su metodología en la ciudad de Cochabamba - Bolivia en los años 90 [7], se necesita de mayor experiencia en la observación de conflictos de tráfico y de la guía de una persona con experiencia para recoger datos válidos y reales en campo, esto representaría una desventaja para un novato; pero se comprobó que con ayuda de las grabaciones y los conceptos primarios se pueden discernir mejor las situaciones, realizando repeticiones de los posibles conflictos e incluso comprender de manera más segura el tipo de conflicto y quienes son los protagonistas recurrentes de los mismos.
- La metodología 3: Frecuencia de accidente previsto usando el HSM, desarrollado por los investigadores de la AASHTO para las carreteras de los Estados Unidos (HSM [8]), hace uso de ecuaciones y de condiciones iniciales de campo, a partir de los estudios de ingeniería como el conteo de volúmenes que ingresan a la intersección e inventario físico de la intersección. Para nuestro caso de estudio nos ubicamos en una intersección de una arteria urbana, para el cual se tuvo que adecuar los volúmenes de ingreso, especialmente para la estación 2 (Av. Universitaria) como vía secundaria a 9300 vehículos por día para la validez del método. Con ello se pudo obtener la probabilidad de que ocurran 5.27 accidentes al año en la intersección de estudio; de los cuales 1.61

accidentes pueden ser fatales y con heridos y 3.66 accidentes pueden ser con daños a la propiedad (Ver figura 5.36).

- La metodología 3, que hace uso del método predictivo del HSM, tiene como aporte la posibilidad de reducir estos indicadores de accidentalidad usando los factores de modificación de accidentes o choques (HSM [8]), haciendo posibles mejoras en la intersección; y también la posibilidad de mejorar esta predicción haciendo uso de datos de accidentes anuales para el lugar de estudio. Con ello entendemos que la metodología 3, puede ayudarnos de manera sencilla a obtener indicadores de accidentalidad iniciales con datos de estudios básicos de ingeniería de tránsito; pero para intersecciones que puedan acomodarse mejor a la metodología y sus posibles mejoras, y mejor aún si se cuenta con datos de accidentes anualmente en el lugar.

### **6.3. Discusión de resultados de acuerdo al tercer objetivo específico**

Aquí discutimos los resultados obtenidos de aplicar los planteamientos teóricos para corregir el problema de incumplimiento de mejores programas para proyectos de seguridad vial de acuerdo a las siguientes variables:

#### **6.3.1. El tercer objetivo en las investigaciones en otros países**

- Aquí se resalta la existencia del proceso de gestión de la seguridad vial (HSM Parte B [8]), la cual detalla los pasos necesarios para la reducción de accidentes en sus proyectos viales, utilizando como indicador base la metodología 3 o el método predictivo del HSM como diagnóstico inicial y final después de realizado las contramedidas necesarias. Se comenta que este proceso es similar al desarrollo de un proyecto de inversión pública en el marco del SNIP en

Perú, y utilizan el indicador del método predictivo del HSM como beneficio o efectividad para que sus proyectos sean viables. Como se comentó en la parte 4.2.5, los trabajadores de la gerencia de transportes de la Municipalidad Provincial de Huamanga, declaró que no cuentan con un plan estratégico de seguridad vial a nivel provincial, y que se rigen solo al Reglamento Nacional de Tránsito, el cual no presenta un procedimiento para la gestión de proyectos de seguridad vial.

- De acuerdo al estudio realizado y siguiendo el proceso de gestión de la seguridad vial del HSM, también se podría adecuar como indicador el índice de severidad obtenido por la TSCT, ya que este se puede adecuar de mejor manera a cualquier intersección urbana, así como mayor flexibilidad para evaluar las mejoras que se realicen en un proyecto de seguridad vial.

#### **6.4. Sugerencias para futuras investigaciones**

Conforme a los resultados obtenidos se sugeriría para futuras investigaciones en tema de seguridad vial lo siguiente:

- Aplicación y desarrollo de softwares para proyectos de seguridad vial.
- Calibración del método predictivo del HSM para la ciudad de Ayacucho.
- Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles que apoyen la recolección de datos de ingeniería de transportes en campo.
- Obtención de factores de expansión para obtener el TDPA de la ciudad de Ayacucho.
- Proyectos de gestión de la seguridad vial utilizando como indicador la técnica sueca de conflictos de tráfico.

# Capítulo 7

## Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones se darán en base a cada subhipótesis planteada en el primer capítulo de la presente investigación y los resultados discutidos en el sexto capítulo.

### 7.1. Conclusiones de la investigación

#### 7.1.1. Conclusiones por subhipótesis

1. Haciendo uso de conceptos de diseño de intersecciones, con apoyo de los estudios de ingeniería de tránsito y software especializado, se pudo comprobar que los empirismos aplicativos en el diseño de una intersección pueden ser mitigados. Para el caso de la zona de estudio se comprobó lo siguiente:

- El diseño de curvatura para girar a la derecha en las esquinas de la intersección, en base a los vehículos tipo que hacen uso de la instalación, en este caso los vehículos pesados, debe ser corregido de acuerdo a los diseños propuestos por el AASHTO, para evitar momentos de congestión e inseguridad de la zona.
- Corregir las esquinas de modo que puedan alinearse mejor las calles de la vía principal, y evitar invasiones de carril, mejorando la continuidad de

la vía.

- Una mejor protección de islas para los peatones que cruzan las vías de la intersección, tratando de reducir las posibilidades de que puedan sufrir un atropello.
  - Mejorar la implementación de señales horizontales y verticales, de manera que se pueda ordenar mejor el tránsito de peatones y conductores, reduciendo el número de conflictos y su severidad con límites de velocidad al acercarse a la intersección. Con esta acción también mejorará la distancia visual para los conductores.
  - Implementar reductor de velocidad del tipo resalto de acuerdo a la directiva del MTC[18] en la Av. Universitaria (Estación 2) y mejorar el existente en la Av. Independencia (Estación 3), el cual con la semaforización de los tramos cercanos de la vía principal provocaran mayor seguridad.
2. Realizando estudios de ingeniería de tránsito, con apoyo de software especializado y estudios de otros países, se comprueba, que se puede encontrar los indicadores y datos de seguridad vial de una intersección urbana y así reducir las carencias de detalles en los registros de accidentes. Para la intersección de estudio se comprueba lo siguiente:
- La velocidad a la que operan los vehículos nos dan una pista de cuan severas pueden ser las consecuencias de ocurrir un atropello.
  - Las tendencias de movimiento y los conflictos de tráfico nos dan pistas de como pueden ser las colisiones, así como los lugares más propensos donde pueden ocurrir los accidentes.
  - El inventario del lugar en sus detalles físicos y de operación, nos pueden dar pistas de las posibles causas en cuanto al diseño.
  - Indicadores como el índice de severidad, y la frecuencia prevista de accidentes, nos ofrece la probabilidad de cuantificar los sucesos que puedan

ocurrir de faltar registros del lugar y sin necesidad de que hayan ocurrido los accidentes.

- El indicador de índice de severidad por la técnica sueca de conflictos de tráfico, sería el indicador más adecuado para la mayoría de intersecciones a diferencia del método del HSM que fue diseñado para las calles de EE.UU., porque utiliza más estudios de ingeniería de tránsito acordes a la realidad del lugar.

3. Revisando planteamientos teóricos y metodologías sobre gestión de la seguridad vial, se comprueba, que los incumplimientos pueden cambiar y mejorar la seguridad vial de peatones y conductores en intersecciones urbanas. Para los documentos de gestión encontrados se concluye lo siguiente:

- El procedimiento sobre gestión de la seguridad vial presente el HSM parte B; es similar a la elaboración de un PIP en marco del SNIP, solo hace falta mejorar los indicadores en la primera y última etapa.
- Se pueden utilizar como indicadores el método predictivo del HSM, y también el índice de severidad por conflictos de tráfico de la técnica sueca, estos índices pueden ser usados sin necesidad de que hayan ocurrido accidentes. La frecuencia de accidente prevista hallado con el método predictivo del HSM, puede ser convertido a un valor monetario en dolares para realizar un análisis costo/accidente (HSM[8])

### 7.1.2. Conclusión general

La seguridad vial en las intersecciones urbanas de la ciudad de Ayacucho, puede ser más seguras y evaluadas con las metodologías mostradas, las mismas pueden ser útiles en otras ciudades del Perú y el mundo, y se pueden salvar vidas antes de convertirse en una estadística más del problema.

## 7.2. Recomendaciones de la investigación

1. En el proceso de mejora del diseño de la intersección de estudio se recomienda lo siguiente:
  - Utilizar un radio de giro a la derecha de 8.30 metros con trayectoria de 90° en las esquinas de la intersección correspondiente a un vehículo de diseño tipo B2, pero puede facilitar el giro para vehículos hasta de tipo B4-1 según el DG-2014, esta acción mejorará la comodidad para efectuar el giro a la derecha de la mayoría de los vehículos que hacen uso de la instalación.
  - Extender la isla de protección de la Av. Universitaria para los peatones; siendo el cruce de mayor movimiento peatonal. Esta acción también ordenará a que los vehículos provenientes de la Av. Independencia no efectúen giros muy cerrados hacia la izquierda; puede que se reduzca la capacidad de flujo, pero será más seguro.
  - Se debe pintar las señales horizontales y colocar las señales verticales necesarias orientándose con el manual de dispositivos de control de tránsito[17].
  - Se debe implementar un reductor de velocidad tipo resalto en la Av. Universitaria y mejorar el existente en la Av. Independencia.
  - Se presenta los planos en los anexos, sobre los detalles de la intersección existente y sobre como puede ser una propuesta para mejorar la seguridad vial de la intersección estudiada.
2. Para el registro de accidentes se recomienda elaborar una propuesta de acuerdo a los departamentos de transportes de otros países que mejor se adecue a la policía de tránsito de nuestra ciudad; con la posibilidad de poder generar en base a estos conceptos un software utilizando un dispositivo android, que pueda enviar los datos en tiempo real por Internet a una base de datos y que pueda

caracterizar mejor incluso con imágenes los detalles de cualquier accidente ocurrido.

3. También se recomienda para futuras investigaciones, mejorar los software o aplicaciones de toma de datos de velocidad, incluyendo datos como la moda, mediana, desviación atípica, necesarios para un mejor estudio del tránsito; así también un software que nos permita reconocer los problemas de diseño de una intersección en campo.
4. Se resalta también que no se debe esperar a que los accidentes ocurran y que es recomendable generar datos a partir de estudios de ingeniería de tránsito apoyándose con tecnologías como aplicaciones en android para obtener índices de accidentalidad por los métodos ya mostrados; se pueden realizar sondeos e incluso una base de datos de antes y después de ejecutar alguna mejora.
5. Se recomienda a las instituciones que realizan gestión de la seguridad vial como la gerencia de transportes de la MPH adecuar los procesos del HSM para mejorar los proyectos de inversión pública en el marco del SNIP; esto puede ayudar a planificar mejor las futuras y existentes calles de la ciudad, y en el caso de intersecciones urbanas usar como indicador el índice de severidad por medio de la técnica sueca de conflictos de tráfico, para una evaluación antes y después de los proyectos realizados. A continuación se muestra un esquema (figura 7.1) del proceso que se puede seguir para la gestión de seguridad vial en las intersecciones urbanas usando las metodologías propuestas.

Figura 7.1: Proceso de gestión de un proyecto de seguridad vial en una intersección



Fuente: Elaboración propia.

# Bibliografía

- [1] DIRTEPOL AYACUCHO (2013). *Cuadro estadístico de accidentes de tránsito y víctimas (Muertos y Heridos)*. Ayacucho - Comisaría.
- [2] Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel.(2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. Virginia - USA: THOMSON
- [3] The National Academy of Sciences.(2000). *Highway Capacity Manual*. USA
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials.(2004). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C. - USA
- [5] Federal Highway Administration (1989) *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations - Observers Manual*. Publication N° FHWA-IP-88-027 Georgetown Pike McLean, Virginia
- [6] Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola, James Cárdenas Grisales(1994) *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. 7a Edición Ediciones Alfaomega - México
- [7] Sverker Almqvist y Christer Hydén.(1994) *Métodos para valorar la seguridad en el tráfico en países en desarrollo*. Universidad de Lund - Suecia
- [8] American Association of State Highway and Transportation Officials.(2009) *Highway Safety Manual*. 1ra Edición - USA
- [9] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP).(2014) *Highway Safety Manual User Guide*. 1ra Edición - USA

- [10] Federal Highway Administration (FHWA).(2015) *www.ihsdm.org/wiki*
- [11] William Orlando Pabón Cachope y Edinson Antonio Torres Segura.(2012) *Tesis: Adaptación e implementación de los módulos PRM Y DCM del software IHSDM a la normativa colombiana*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja - Colombia
- [12] Creative Commons.(2015) *https://developer.android.com/sdk/index.html*
- [13] Ministerio de Salud.(2013) *criterios Técnicos para Identificación de Puntos Negros en la Jurisdicción del Distrito*. Gobierno del Perú.
- [14] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) *Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2014*. Gobierno del Perú.
- [15] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2009) *Reglamento Nacional de Tránsito*. Gobierno del Perú.
- [16] Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET) (2004). *Ficha N° 14 Exceso de velocidad*. Chile.
- [17] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Gobierno del Perú.
- [18] Directiva N°01-2011-MTC/14 (2011). *Reductores de Velocidad Tipo Resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)*. Gobierno del Perú.
- [19] Concejo Nacional de Seguridad Vial (2011). *Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011*. Gobierno del Perú