



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC

TESIS

“ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV.
COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO
MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA
DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”

Presentado por:

- Jan Gabriel Elisban Pérez Matheus

- Harry Soto Vivanco

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Robert Milton Merino Yépez

CUSCO – PERÚ

2021



Dedicatoria

A mi madre Gloria Matheus Palma. Con mucho amor, a quien le debo todo mi desarrollo como persona, el reflejo de tu pragmatismo y cautivadora empatía. Gracias por toda tu atención, tu impecable caución, tu conducta mimosa, amorosa, acompañada de esa consecuente tolerancia, esa cariñosa y severa contribución en cada uno de mis pasos. Por mostrarme y enseñarme tu fortaleza indeleble.

Con todo mi cariño y gratitud, para mi padre Ian Pérez Cernades, por tu imprescindible guía con la que he sido direccionado, por las constantes de aliento y enseñarme la nobleza de tu espíritu. Gracias por tu visión objetiva y rigurosa, por moldear mi psique y dotarla de paciencia y resiliencia, por velar por mi futuro y siempre haber cuidado de mí.

A mis hermanos Lorena Pérez Matheus y Rafael Pérez Matheus Por su cariño y compañía incondicional durante tantos años juntos. Gracias por estar siempre. Gracias por hacer que nunca falten las risas y peleas, por enseñarme la dicotomía que caracteriza nuestra naturaleza humana y aceptarla con asertividad y como motivación.

A mis padres Washington Soto Moreyra y Antonia Vivanco Naveros por su apoyo incondicional, quienes me dan dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, mi coraje para seguir adelante.



Agradecimientos

La tesis concluida, es el fruto de un esfuerzo colectivo, conjunto y de paciente perseverancia durante muchos meses, por eso quiero agradecer el apoyo incondicional de mis padres Ian Pérez Cernades y Gloria Matheus Palma, que siempre aportaron en mi formación educativa, tanto económicamente y con el esclarecimiento de sus experiencias, para guiarme personalmente, moralmente y profesionalmente, agradezco también, a mis hermanos Lorena y Rafael por compartir diversos momentos conmigo, retarme y motivarme.

A mis abuelos, Elisban (Q.E.P.D.), quien vela por mi familia desde el cielo, por su honrado trabajo y lucha, para brindarle seguridad y un hogar a mi familia, y a mi abuela Antonia por transmitir su fortaleza por generaciones, por su cariño particular y motivarme con coraje, a alcanzar el título profesional.

A mis abuelos, Isaías, por su constante guía y genialidad, por enseñarme a resolver conflictos con pragmatismo, y a mi abuela Olga por su característico cariño, por su amor ilimitado y su constante presencia.

A mis tíos Jaime y Sylvia por siempre haber cuidado de mí, por su disposición incondicional a apoyarme y por haberme compartido sus vidas desde que nací, con tanto cariño y su relevante amor. A mi tía Yanilde por su paciencia y buen humor, por aportar tranquilidad y rectitud en mi vida.

Jan Gabriel Elisban Pérez Matheus

Agradezco a mis padres Washington Soto Moreyra y Antonia Vivanco Naveros por haberme inculcado valores y ser siempre mi ejemplo de dedicación, a mis hermanos Washington y Thalia por su aliento y constante preocupación.

Al Mgt. Ing. Miguel Flores por aceptar compartir sus conocimientos y compromiso, y cuya orientación hizo posible esta investigación.

A mis tíos Claudio Soto Moreyra y Estela Soto Moreyra quienes siempre han estado cuidándome y dándome su apoyo.

Harry Soto Vivanco

A nuestros amigos que colaboraron con la recopilación de data, a Kenyi, Diego, Shamir, Coco, Arturo, Hairo. Elizabeth y Estrella.

A nuestro asesor el Ingeniero Robert Merino Yépez por salvaguardar la idea original de nuestra investigación, por aportar su tiempo, guía y aliento.



Resumen

La investigación tiene por nombre: “ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRINGIDO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”.

Debido al crecimiento acelerado del parque automotor, los accesos al centro en la ciudad del Cusco han sido sometidos a diversas condiciones, generalmente modificando los dispositivos de control, por lo que se plantea una medida restrictiva para el tránsito en las intersecciones viales del corredor seleccionado con el fin de demostrar como varía el nivel de servicio reduciendo la cantidad de vehículos (demanda vehicular) sobre la infraestructura vial (oferta vial) en hora y día pico, simulando el tránsito en 3 escenarios, al mismo tiempo se obtendrá la variación de los indicadores de contaminación ambiental, estimándose 6 gases emitidos por el tubo de escape de los vehículos que circulen durante la hora y día pico, por el Óvalo Garcilaso. La investigación plantea el análisis de las intersecciones comprendidas en el corredor vial CUCAR (Av. Collasuyo, Av. Universitaria, Av. de la Cultura, Av. Argentina y Calle Retiro), cuyas intersecciones representan una muestra censal, se han simulado tres escenarios diferentes, el primero en condiciones de demanda vehicular sin restricción, el segundo en un escenario con restricción de la demanda vehicular al 20% (prohibiendo 2 dígitos finales de las placas de los vehículos cada día, 2 de dígitos de 10, representa un 20%) y un tercer escenario con restricción vehicular al 50% (prohibiendo 5 dígitos finales de las placas de los vehículos cada día, 5 dígitos pares y 5 dígitos impares, representan un 50%). La investigación se llevó a cabo gracias a la recopilación de data con fichas de aforo, encuestas para recopilar datos singulares de los vehículos, fichas de características geométricas de la vía, y fichas de características semaforicas de la vía, obteniéndose así información pertinente de los vehículos que circulan por las intersecciones del corredor, los movimientos peatonales, fases de los semáforos y geometría de las vías. Para el análisis del nivel de servicio, se utilizó el software de simulación del tránsito utilizado PTV Vissim 2021. Para determinar las emisiones vehiculares por tubo de escape contaminantes, se ha utilizado el método de estimación de Alexander Economopoulos para la obtención de 6 tipos de gases.



Abstract

This investigation has for name: “OPERATIONAL ANALYSIS OF THE ROAD INTERSECTIONS IN THE CORRIDOR FORMED BY AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO, THROUGH THE RESTRICTIVE USE OF TRAFFIC BY LICENSE PLATE, TO REDUCE VEHICULAR TRAFFIC AND ENVIRONMENTAL POLLUTION”. Knowing the accelerated growth of the Automotive Fleets, the accesses to the Cusco’s city center, have been subjected to a lot of conditions, generally modifying the control devices, that’s why this investigation is proposing a restrictive measure for traffic in the selected corridor in order, to demonstrate how does the level of service vary by reducing the number of vehicles on the road infrastructure at peak hours, simulating traffic in 3 scenarios: unrestricted scenario (normal / natural scenario), another scenario of reduction of vehicular flow by 50% and the last scenario with reduction of vehicular flow by 20% depending on the day of circulation and the license plate number of the user vehicles; at the same time, the variation of the environmental pollution indices by processes under standard will be obtained.

The research proposes the analysis of the CUCAR road corridor (Av. Collasuyo, Av. Universitaria, Av. de la Cultura, Av. Argentina & Calle Retiro) in three different scenarios, the first under current conditions, the second in a scenario with 20% vehicle restriction and a third scenario with 50% vehicle restriction. The research was carried out through capacity cards, surveys on the type of fuel in the vehicles, geometric characteristics of the road, and traffic light characteristics of the road, which will provide us with information regarding the vehicles that circulate on the road, corridor, number of pedestrians, and road geometry. . For the analysis of the level of service, travel times and road capacity, the traffic simulation software used PTV Vissim 2021 was used.



Introducción

La congestión del tránsito ha ido en aumento en gran parte del mundo, en muchos países, desarrollados, subdesarrollados o en vías de desarrollo, el aumento del parque de automóviles ejerce una creciente presión sobre la capacidad de las vías públicas existentes. Debido a los impactos negativos de la congestión, se ha promovido la aplicación de políticas y medidas apropiadas para su control, siendo la restricción vehicular una alternativa para disminuir el tráfico vehicular mediante la prohibición de circulación en determinadas zonas y determinados lapsos de tiempo, generalmente de lunes a viernes, aportando también una reducción de emisiones de gases a la atmósfera dependiendo de las medidas de gestión de tránsito, de esta forma se contrarresta también la polución.

Entre las medidas de gestión de tránsito se encuentra la restricción vehicular, la cual está constituida por la prohibición de la circulación de vehículos mediante criterios específicos, siendo una de las más comunes, la restricción vehicular por número de placa. Esta medida ha sido empleada en distintos países, tales como: Colombia (día sin carro), Chile (Plan Maestro), Costa Rica, Brasil, México (Hoy no Circula), Singapur, Inglaterra, Francia, Corea del Sur, además de darse en horarios establecidos, generalmente en horas punta, de la mañana y tarde.

En vista de la creciente frecuencia de congestionamientos que experimenta la ciudad de Cusco y el creciente parque automotor (que entre el 2006 y 2018 se ha quintuplicado según reportes de la Gerencia de Tránsito, Vialidad y Transporte), se ha ubicado un área representativa, por la cual pasa un corredor vial comprendido por las Av. Argentina – Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Av. de la Cultura – Calle Retiro, y se plantea una evaluación de la eficacia que tendría la aplicación de medidas restrictivas por plaqueo, con el fin de distinguir un posible punto de partida hacia una solución del problema de congestión vehicular en Cusco, siendo el aporte principal de la presente investigación.

La presente tesis consta de 5 Capítulos: Planteamiento del Problema, Marco Teórico de la Tesis, Metodología, Resultados y Discusión. Seguidos también del Glosario, las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Anexos. Los cuales se desarrollaron a continuación.



Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	vi
Índice De Figuras	xii
Índice De Tablas.....	xxvii
Capítulo I: Planteamiento Del Problema.....	1
1.1. Identificación Del Problema.....	1
1.1.1. Descripción Del Problema.....	1
1.1.2. Formulación Interrogativa Del Problema.....	6
1.2. Justificación E Importancia De La Investigación	7
1.2.1. Justificación Técnica	7
1.2.2. Justificación Social.....	8
1.2.3. Justificación Por Relevancia	8
1.2.4. Justificación Por Viabilidad	10
1.3. Limitaciones De La Investigación	11
1.3.1. Limitación Del Ámbito De Estudio	11
1.3.2. Limitación De Tiempo, Normativas, Instrumentos Y Equipos.....	12
1.4. Objetivo De La Investigación.....	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
Capítulo II: Marco Teórico De La Tesis	14
2.1. Antecedentes De La Tesis	14
2.1.1. Antecedentes A Nivel Local.....	14
2.1.2. Antecedentes A Nivel Nacional	15



2.1.3.	Antecedentes A Nivel Internacional.....	17
2.2.	Bases Teórico-Científicas.....	17
2.2.1.	Modelo, Simulación Y Sistema.....	17
2.2.2.	Highway Capacity Manual (Hcm 2010)	24
2.2.3.	Tránsito Vehicular.....	26
2.2.4.	Herramientas De Simulación De Tráfico.....	43
2.2.5.	Restricciones Vehiculares	45
2.2.6.	Contaminación Del Aire.....	54
2.2.7.	Emisiones Vehiculares	58
2.3.	Hipótesis	66
2.3.1.	Hipótesis General	66
2.3.2.	Sub Hipótesis.....	66
2.4.	Definición De Variables E Indicadores	67
2.4.1.	Variables Dependientes.....	67
2.4.2.	Indicadores De Variables Dependientes.....	67
2.4.3.	Variables Independientes	67
2.4.4.	Indicadores De Variables Independientes	67
2.5.	Cuadro De Operacionalización De Variables.....	68
Capitulo III: Metodología.....		69
3.1.	Metodología De La Investigación	69
3.1.1.	Enfoque De Investigación	69
3.1.2.	Nivel De La Investigación.....	69
3.1.3.	Método De Investigación	69
3.2.	Diseño De Investigación.....	70
3.2.1.	Diseño Metodológico.	70
3.2.2.	Diseño De Ingeniería.....	70
3.3.	Población Y Muestra	72



3.3.1.	Población.....	72
3.3.2.	Muestra.....	72
3.3.3.	Criterios De Inclusión.	77
3.4.	Instrumentos	78
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos	78
3.4.2.	Instrumentos De Ingeniería.	81
3.5.	Procedimiento De Recolección De Datos.....	84
3.5.1.	Determinación De Hora Y Día Pico Para Recolección De Datos En Intersecciones 84	
3.5.2.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro.	93
3.5.3.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi.....	101
3.5.4.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza.....	111
3.5.5.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria	119
3.5.6.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra.....	127
3.5.7.	Recolección De Datos Del Ovalo De Garcilaso.....	135
3.5.8.	Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro.	143
3.5.9.	Contaminación Ambiental Por Emisiones Vehiculares	151
3.6.	Procedimiento De Análisis De Datos	154
3.6.1.	Diagnóstico De La Hora Y Día Pico	154
3.6.2.	Composición Vehicular Y Peatonal Para El Modelamiento De Simulación Microscópica	157
3.6.3.	Cálculo De Emisiones Vehiculares Por Tipos De Vehículo	201
Capítulo IV:	Resultados	228



4.1.	Resultados De Demoras Y Niveles De Servicio.....	228
4.1.1.	Calle Recoleta – Calle Retiro	228
4.1.2.	Calle Recoleta – Calle Puputi.....	228
4.1.3.	Av. Universitaria – Av. Collasuyo	229
4.1.4.	Av. De La Cultura – Av. Universitaria	229
4.1.5.	Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra	230
4.1.6.	Ovalo Garcilaso.....	230
4.1.7.	Av. De La Cultura – Calle Retiro.....	231
4.2.	Resultados De Longitud De Colas.....	231
4.2.1.	Calle Recoleta – Calle Retiro	231
4.2.2.	Calle Recoleta – Calla Puputi.....	232
4.2.3.	Av. Universitaria – Av. Collasuyo	232
4.2.4.	Av. De La Cultura – Av. Universitaria	233
4.2.5.	Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra	233
4.2.6.	Ovalo Garcilaso.....	234
4.2.7.	Av. De La Cultura – Calle Retiro.....	234
4.3.	Resultados De Tiempos De Viaje.....	235
4.3.1.	Calle Recoleta – Calle Retiro	235
4.3.2.	Calle Recoleta – Calla Puputi.....	235
4.3.3.	Av. Universitaria – Av. Collasuyo	236
4.3.4.	Av. De La Cultura – Av. Universitaria	236
4.3.5.	Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra	237
4.3.6.	Ovalo Garcilaso.....	237
4.3.7.	Av. De La Cultura – Calle Retiro.....	238
4.4.	Resultados De Emisiones Vehiculares	238
4.4.1.	Escenario Actual.....	238
Capítulo V: Discusión		249



Glosario	253
Conclusiones	258
Recomendaciones.....	266
Referencias.....	267
Anexos.....	276
1) Anexo A: Fichas De Características Geométricas.....	276
2) Anexo B: Características Semafóricas.....	289
3) Anexo C: Formatos De Aforo Peatonal.....	294
4) Anexo D: Fichas De Aforo Vehicular	297
5) Anexo E: Datos Para Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape	333



Índice De Figuras

Figura 1: Flujo Vehicular, Departamentos Del Perú, 2020 – 2021 (Unidades Vehiculares)___	2
Figura 2: Mapa De La Ciudad Del Cusco	4
Figura 3: Corredor Cucar, Distrito De Cusco	5
Figura 4: Corredor Cucar Sobre Mapa De Uso De Suelo, Distrito De Cusco	6
Figura 5: Niveles Microscópicos, Mesoscópicos Y Macroscópicos	21
Figura 6: Tipos De Modelos Según Su Nivel De Detalle	22
Figura 7: Características De Los Modelos Analíticos	23
Figura 8: Comparación De Las Principales Relaciones Entre Demanda Vehicular Y Oferta Vial	30
Figura 9: Relación Tiempo - Espacio	32
Figura 10: Magnitudes Existentes De Colas En Los Semáforos	43
Figura 11: Calendario Pico Y Placa 2021 En Bogotá	47
Figura 12: Medidas Para Limitar La Circulación De Los Vehículos Automotores (Hoy No Circula) En Zona Metropolitana De La Ciudad De México	48
Figura 13: Restricción De Dos Dígitos Diarios En El Perímetro Interior Del Anillo Américo Vespucio En La Región Metropolitana De Santiago	50
Figura 14: Señales Informando El Inicio De La Zona De Restricción Vehicular En La Región Metropolitana De São Paulo	51
Figura 15: Emisiones Vehiculares (Tubo De Escape Y Evaporativas)	60
<i>Figura 16: Intersección SemafORIZADA Av. La Cultura – Calle Retiro</i>	73
<i>Figura 17: Intersección SemafORIZADA Av. Argentina – Calle Puputi</i>	73
<i>Figura 18: Intersección SemafORIZADA Av. Collasuyo – Av. Universitaria</i>	74
<i>Figura 19: Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. De La Cultura</i>	74
<i>Figura 20: Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra,</i>	75
<i>Figura 21: Intersección SemafORIZADA Óvalo: Av. De La Cultura – Av. Ramón Zavaleta</i>	75
<i>Figura 22: Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	76
<i>Figura 23: Ficha De Aforo Vehicular</i>	78
<i>Figura 24: Formato De Aforo Peatonal</i>	79
<i>Figura 25: Ficha De Características Geométricas De La Vía</i>	79
<i>Figura 26: Ficha De Características Semafóricas De La Vía</i>	80
<i>Figura 27: Ficha De Características Semafóricas De La Vía</i>	80



<i>Figura 28: Cámara Filmadora Canon Vixia HF R800</i>	81
<i>Figura 29: Cámara Filmadora (Pantalla)</i>	82
<i>Figura 30: Wincha</i>	82
<i>Figura 31: Aplicativo Versión Gratuita De Google: UTM Geo Map</i>	83
<i>Figura 32: PTV VISSIM 2021, Educacional</i>	83
<i>Figura 33: Aforo Bidireccional De La Av. La Cultura (Desde El Puente Garcilaso), 07:06 AM, Sábado 16 De Enero Del 2021</i>	84
<i>Figura 34: Aforo Bidireccional De La Av. La Cultura (Desde El Puente Garcilaso), 06:42 PM, Lunes 18 De Enero Del 2021</i>	85
<i>Figura 35: Aforo Bidireccional De La Calle Recoleta (Av. Argentina) Con Calle Puputi, 06:55 PM, Lunes 18 De Enero Del 2021</i>	86
<i>Figura 36: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 16/01/21</i>	87
<i>Figura 37: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 18/01/21</i>	87
<i>Figura 38: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 19/01/21</i>	88
<i>Figura 39: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 20/01/21</i>	88
<i>Figura 40: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 21/01/21</i>	89
<i>Figura 41: Cantidad De Vehículos En Av. La Cultura, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 22/01/21</i>	89
<i>Figura 42: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 16/01/21</i>	90
<i>Figura 43: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 18/01/21</i>	90
<i>Figura 44: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 19/01/21</i>	91
<i>Figura 45: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 20/01/21</i>	91
<i>Figura 46: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 21/01/21</i>	92
<i>Figura 47: Cantidad De Vehículos En Calle Recoleta, 07:00 Am - 08:00 Pm Del 22/01/21</i>	92
<i>Figura 48: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	93
<i>Figura 49: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección SemafORIZADA De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	94
<i>Figura 50: Identificación De Punto De Aforo En Intersección SemafORIZADA De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	94
<i>Figura 51: : Registro Fílmico De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro</i>	95
<i>Figura 52: Volúmenes Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro</i>	96



<i>Figura 53: Volúmenes Peatonales En La Intersección Semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro</i>	96
<i>Figura 54: Características Geométricas De La Vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	97
<i>Figura 55: Codificación De La Calzada En La Intersección Semafórica Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	98
<i>Figura 56: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	98
<i>Figura 57: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección Semaforizada De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	102
<i>Figura 58: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección Semaforizada De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	102
<i>Figura 59: Identificación De Punto De Aforo En Intersección Semaforizada De Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	103
<i>Figura 60: Registro Fílmico De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi. Estación E-2B</i>	104
<i>Figura 61: Registro Fílmico De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi. Estación E-2B</i>	104
<i>Figura 62: Volúmenes Vehiculares En La Intersección Semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi</i>	105
<i>Figura 63: Volúmenes Peatonales En La Intersección Semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi</i>	105
<i>Figura 64: Características Geométricas De La Vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	106
<i>Figura 65: Codificación De La Calzada En La Intersección Semafórica Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	107
<i>Figura 66: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	107
<i>Figura 67: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi</i>	108
<i>Figura 68: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza</i>	111
<i>Figura 69: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección Semaforizada De Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza</i>	112



<i>Figura 70: Identificación De Punto De Aforo En Intersección SemafORIZADA De Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	112
<i>Figura 71: : Registro Fílmico De La Intersección SemafORIZADA Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	113
<i>Figura 72: Volúmenes Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	114
<i>Figura 73: Volúmenes Peatonales En La Intersección SemafORIZADA Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	114
<i>Figura 74: Características Geométricas De La Vía Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	115
<i>Figura 75: Codificación De La Calzada En La Intersección Semafórica Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	115
<i>Figura 76: Recolección De Características Semafóricas De La Vía Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	116
<i>Figura 77: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística</i>	116
<i>Figura 78: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	120
<i>Figura 79: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	120
<i>Figura 80: Identificación De Punto De Aforo En Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	121
<i>Figura 81: : Registro Fílmico De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	121
<i>Figura 82: Volúmenes Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	122
<i>Figura 83: Volúmenes Peatonales En La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	123
<i>Figura 84: Características Geométricas De La Vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	123
<i>Figura 85: Codificación De La Calzada En La Intersección Semafórica Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	124
<i>Figura 86: Recolección De Las Características Semafóricas De La Intersección Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	124



<i>Figura 87: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	125
<i>Figura 88: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección Semaforizada De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	128
<i>Figura 89: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección Semaforizada De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	128
<i>Figura 90: Identificación De Punto De Aforo En Intersección Semaforizada De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	129
<i>Figura 91: : Registro Fílmico De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	130
<i>Figura 92: Volúmenes Vehiculares En La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	131
<i>Figura 93: Volúmenes Peatonales En La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	131
<i>Figura 94: Características Geométricas De La Vía Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	132
<i>Figura 95: Codificación De La Calzada En La Intersección Semafórica Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	132
<i>Figura 96: Recolección De Características Semafórica Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	133
<i>Figura 97: Codificación De Las Características Semafóricas De La Intersección Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra Fuente: Elaboración Propia</i>	133
<i>Figura 98: Codificación De Movimientos Vehiculares En El Ovalo Garcilaso</i>	136
<i>Figura 99: Codificación De Movimientos Peatonales En El Ovalo Garcilaso</i>	137
<i>Figura 100: Identificación De Punto De Aforo En El Ovalo Garcilaso</i>	137
<i>Figura 101: Registro Fílmico Del Ovalo Garcilaso. Estación E-6A</i>	138
<i>Figura 102: Registro Fílmico Del Ovalo Garcilaso. Estación E-6B</i>	138
<i>Figura 103: Volúmenes Vehiculares En El Ovalo Garcilaso</i>	139
<i>Figura 104: Volúmenes Peatonales En El Ovalo Garcilaso</i>	139
<i>Figura 105: Características Geométricas En El Ovalo Garcilaso</i>	140
<i>Figura 106: Codificación De La Calzada En El Ovalo Garcilaso</i>	141
<i>Figura 107: Codificación De Movimientos Vehiculares En La Intersección Semaforizada De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	144



<i>Figura 108: Codificación De Movimientos Peatonales En La Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	144
<i>Figura 109: Identificación De Punto De Aforo En Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	145
<i>Figura 110: Registro Fílmico De La Intersección SemafORIZADA De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	145
<i>Figura 111: Volúmenes Vehiculares En La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	146
<i>Figura 112: Volúmenes Peatonales En La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	146
<i>Figura 113: Características Geométricas De La Vía Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	147
<i>Figura 114: Codificación De La Calzada En La Intersección SemafóRICA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	148
<i>Figura 115: Recolección De Características SemafóRICAS De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	148
<i>Figura 116: Codificación De Las Características SemafóRICAS De La Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro</i>	149
<i>Figura 117: Cálculo Tamaño De Muestra</i>	152
<i>Figura 118: Formato De Datos Ambientales N°: 01 - Cuestionario Para Encuestas</i>	153
<i>Figura 119: Cuadro Resumen De Las Variaciones Horarias Y Diarias De Volúmenes Vehiculares En Av. La Cultura</i>	154
<i>Figura 120: Cuadro Resumen De La Variación Diaria Del Volumen Vehicular Durante La Hora Pico En La Av. La Cultura</i>	155
<i>Figura 121: Cuadro Resumen De Las Variaciones Horarias Y Diarias De Volúmenes Vehiculares En Calle Recoleta</i>	156
<i>Figura 122: Cuadro Resumen De La Variación Diaria Del Volumen Vehicular Durante La Hora Pico En La Calle Recoleta</i>	156
<i>Figura 123: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta –Calle Retiro</i>	157
<i>Figura 124: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta –Calle Retiro</i>	158
<i>Figura 125: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	159



<i>Figura 126: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	159
<i>Figura 127: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi Fuente: Elaboración Propia</i>	160
<i>Figura 128: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	161
<i>Figura 129: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	161
<i>Figura 130: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	162
<i>Figura 131: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	162
<i>Figura 132: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro La Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	163
<i>Figura 133: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	164
<i>Figura 134: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	164
<i>Figura 135: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	165
<i>Figura 136: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	166
<i>Figura 137: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	166
<i>Figura 138: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	167
<i>Figura 139: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	167
<i>Figura 140: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	168
<i>Figura 141: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	169
<i>Figura 142: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	169



<i>Figura 143: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Del Ovalo Garcilaso</i>	170
<i>Figura 144: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Del Ovalo Garcilaso</i>	171
<i>Figura 145: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Del Ovalo Garcilaso</i>	171
<i>Figura 146: Variación De Volúmenes Peatonales Del Ovalo Garcilaso</i>	172
<i>Figura 147: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	172
<i>Figura 148: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	173
<i>Figura 149: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	174
<i>Figura 150: Variación De Volúmenes Peatonales De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	174
<i>Figura 151: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 20% De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	175
<i>Figura 152: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Al 20% La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	176
<i>Figura 153: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Al 20% De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	176
<i>Figura 154: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 20% De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi Fuente: Elaboración Propia</i>	177
<i>Figura 155: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Al 20% La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	177
<i>Figura 156: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 20% De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	178
<i>Figura 157: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 20% De La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	179
<i>Figura 158: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 20% La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	179
<i>Figura 159: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 20% De La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	180
<i>Figura 160: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 20% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	180



<i>Figura 161: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 20% De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	181
<i>Figura 162: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 20% De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	181
<i>Figura 163: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	182
<i>Figura 164: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 20% De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	182
<i>Figura 165: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Vehicular Del 20% De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	183
<i>Figura 166: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 20% Del Ovalo Garcilaso</i>	183
<i>Figura 167: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 20% Del Ovalo Garcilaso</i>	184
<i>Figura 168: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Vehicular Del 20% Del Ovalo Garcilaso</i>	184
<i>Figura 169: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 20% De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	185
<i>Figura 170: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 20% La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	185
<i>Figura 171: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	186
<i>Figura 172: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 50% De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	187
<i>Figura 173: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Al 50% La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	187
<i>Figura 174: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Al 50% De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	188
<i>Figura 175: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 50% De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi Fuente: Elaboración Propia</i>	188
<i>Figura 176: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Al 50% La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	189



<i>Figura 177: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 50% De La Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	189
<i>Figura 178: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	190
<i>Figura 179: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 50% La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	190
<i>Figura 180: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	191
<i>Figura 181: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	191
<i>Figura 182: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	192
<i>Figura 183: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	192
<i>Figura 184: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	193
<i>Figura 185: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	193
<i>Figura 186: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	194
<i>Figura 187: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 50% Del Ovalo Garcilaso</i>	194
<i>Figura 188: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 50% Del Ovalo Garcilaso</i>	195
<i>Figura 189: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas Con Restricción Vehicular Del 50% Del Ovalo Garcilaso</i>	195
<i>Figura 190: Variación De Volúmenes Vehiculares Por Giro Con Restricción Vehicular Del 50% De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	196
<i>Figura 191: Porcentaje De Composición Vehicular Por Código De Giro Con Restricción Vehicular Del 50% La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	196
<i>Figura 192: Porcentaje De Composición Vehicular Por Rutas De La Intersección Semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	197



<i>Figura 193: Imagen Satelital Del Corredor Vial</i>	198
<i>Figura 194: Configuración Del Ovalo Garcilaso</i>	199
<i>Figura 195: Composición De Vehículos Y Peatones Para La Intersección Recoleta – Calle Retiro</i>	199
<i>Figura 196: Volúmenes De Vehículos Y Peatones Para La Intersección Calle Recoleta – Calla Puputi</i>	200
<i>Figura 197: Flujos Vehiculares Y Peatonales Para La Intersección Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	200
<i>Figura 198: Señales Semafóricas Para La Intersección Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	201
<i>Figura 199: Fórmulas Para Calcular Las Emisiones Por Tubos De Escape</i>	202
<i>Figura 200: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Automóviles</i>	203
<i>Figura 201: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Station Wagon</i>	203
<i>Figura 202: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Camioneta Pick Up</i>	204
<i>Figura 203: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Camioneta Panel</i>	204
<i>Figura 204: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Camioneta Rural</i>	204
<i>Figura 205: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Ómnibuses-Micros</i>	204
<i>Figura 206: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Camiones</i>	205
<i>Figura 207: Factores De Emisión Por Tubos De Escape Para La Categoría Remolcadores (Tráiler Y/O Semi-Tráiler)</i>	205
<i>Figura 208: Porcentajes De Partículas Totales En Suspensión (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	212
<i>Figura 209: Porcentajes De Dióxido De Azufre (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	212
<i>Figura 210: Porcentajes De Óxidos De Nitrógeno (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	213
<i>Figura 211: Porcentajes De Monóxido De Carbono (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	213
<i>Figura 212: Porcentajes De Compuestos Orgánicos Volátiles (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	214
<i>Figura 213: Porcentajes De Plomo (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular</i>	214



<i>Figura 214: Comparación De Porcentajes De Contaminantes Emitidos Por Tubo De Escape De La Población Vehicular</i>	215
<i>Figura 215: Porcentajes De Partículas Totales En Suspensión (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	218
<i>Figura 216: Porcentajes De Dióxido De Azufre (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	219
<i>Figura 217: Porcentajes De Óxidos De Nitrógeno (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	219
<i>Figura 218: Porcentajes De Monóxido De Carbono (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	220
<i>Figura 219: Porcentajes De Compuestos Orgánicos Volátiles (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	220
<i>Figura 220: Porcentajes De Plomo (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	221
<i>Figura 221: Comparación De Porcentajes De Contaminantes Emitidos Por Tubo De Escape De La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	221
<i>Figura 222: Porcentajes De Partículas Totales En Suspensión (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	224
<i>Figura 223: Porcentajes De Dióxido De Azufre (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	225
<i>Figura 224: Porcentajes De Óxidos De Nitrógeno (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	225
<i>Figura 225: Porcentajes De Monóxido De Carbono (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	226
<i>Figura 226: Porcentajes De Compuestos Orgánicos Volátiles (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	226



<i>Figura 227: Porcentajes De Plomo (TM/Año) Para Cada Categoría Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	227
<i>Figura 228: Comparación De Porcentajes De Contaminantes Emitidos Por Tubo De Escape De La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	227
<i>Figura 229: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	228
<i>Figura 230: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	228
<i>Figura 231: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	229
<i>Figura 232: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	229
<i>Figura 233: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	230
<i>Figura 234: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Ovalo Garcilaso</i>	230
<i>Figura 235: Cuadro De Comparación Demoras Y Nivel De Servicio De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	231
<i>Figura 236: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	231
<i>Figura 237: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	232
<i>Figura 238: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	232
<i>Figura 239: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Av. De La Cultura – Av. Universitaria</i>	233
<i>Figura 240: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	233
<i>Figura 241: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Ovalo Garcilaso</i>	234
<i>Figura 242: Cuadro De Comparación Longitud De Colas De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	234
<i>Figura 243: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Calle Recoleta – Calle Retiro</i>	235
<i>Figura 244: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Calle Recoleta – Calle Puputi</i>	235
<i>Figura 245: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Av. Universitaria – Av. Collasuyo</i>	236



<i>Figura 246: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Calle Av. Universitaria – Av. De La Cultura</i>	236
<i>Figura 247: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra</i>	237
<i>Figura 248: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Ovalo Garcilaso</i>	237
<i>Figura 249: Cuadro De Comparación Tiempos De Viaje De Av. De La Cultura – Calle Retiro</i>	238
<i>Figura 250: Cuadro De Comparación Volúmenes Vehiculares Por Tipo De Combustible Y Categoría Vehicular (Muestra Representativa)</i>	238
<i>Figura 251: Cuadro De Comparación Volúmenes Vehiculares Por Tipo De Combustible Y Categoría Vehicular (Población Veh.)</i>	239
<i>Figura 252: Volúmenes Vehiculares De Las 4 Categorías Más Abundantes, Por Tipo De Combustible Gasolina</i>	239
<i>Figura 253: Volúmenes Vehiculares De Las 6 Categorías Más Abundantes, Por Tipo De Combustible Petróleo</i>	240
<i>Figura 254: Volúmenes Vehiculares De Las 2 Únicas Categorías Usuarías Del Tipo De Combustible Gas</i>	240
<i>Figura 255: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Automóviles</i>	241
<i>Figura 256: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Station Wagon</i>	242
<i>Figura 257: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Camioneta Pick Up</i>	242
<i>Figura 258: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Camioneta Panel</i>	242
<i>Figura 259: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Camioneta Panel</i>	243
<i>Figura 260: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Ómnibus</i>	243
<i>Figura 261: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Camión</i>	244
<i>Figura 262: Comparación De Gases Emitidos Por Tubos De Escape De Categoría Tráiler</i>	244
<i>Figura 263: Cuadro De Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Con Restricciones Vehiculares Del 20%</i>	245



<i>Figura 264: Cuadro De Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Con Restricciones Vehiculares Del 50%</i>	245
<i>Figura 265: Comparación De Emisión De Monóxido De Carbono Por Las Categorías Más Significativas</i>	246
<i>Figura 266: Comparación De Emisión De Óxido De Nitrógeno Por Las Categorías Más Significativas</i>	246
<i>Figura 267: Comparación De Emisión Total De Monóxido De Carbono Por La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso, En Los 3 Escenarios Planteados</i>	247
<i>Figura 268: Comparación De Emisión Total De Óxidos De Nitrógeno Por La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso, En Los 3 Escenarios Planteados</i>	247
<i>Figura 269: Comparación De Emisiones Totales Por Tubo De Escape De Gases De La Población Vehicular En Los Escenarios Planteados Del Óvalo Garcilaso</i>	248
<i>Figura 270: Comparación De Tiempos De Viaje Del Corredor Vial En El Escenario Actual, Escenario Con Restricción Vehicular Al 20% Y Escenario Con Restricción Vehicular Al 50%</i>	258
<i>Figura 271: Comparación De Niveles De Servicio Del Corredor Vial En El Escenario Actual, Escenario Con Restricción Vehicular Al 20% Y Escenario Con Restricción Vehicular Al 50%</i>	259
<i>Figura 272: Comparación De Longitud De Colas Del Corredor Vial En El Escenario Actual, Escenario Con Restricción Vehicular Al 20% Y Escenario Con Restricción Vehicular Al 50%</i>	259

Índice De Tablas

Tabla 1: Detalle De Niveles De Servicio	13
Tabla 2: De Fórmulas Para Capacidad Y Demanda	34
Tabla 3: Clasificación Y Descripción De Los Niveles De Servicio Según El Hcm	39
Tabla 4 Clasificación Y Descripción De Tipos De Llegada Según El Hcm.	40
Tabla 5: Placas Designadas Para La Restricción Vehicular En El 2005 En Santiago De Chile.	49
Tabla 6: Patentes Prohibidas De Circular Por Modalidad De Restricción Vehicular Al 50%	52
Tabla 7: Patentes Prohibidas De Circular Por Modalidad De Restricción Vehicular Al 20%	52



Tabla 8: Niveles Esperados De Carboxihemoglobina	56
Tabla 9. Efectos Para La Salud Humana Por Los Nox	57
Tabla 10. Cuadro De Operacionalización De Variables	68
<i>Tabla 11 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°02, S2</i>	99
<i>Tabla 12 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°01, C1</i>	99
<i>Tabla 13: Formato De Aforo Peatonal N°01</i>	100
<i>Tabla 14: Ficha De Aforo Vehicular N°01, 1-4</i>	100
<i>Tabla 15: Ficha De Tiempos De Viaje N°01</i>	101
<i>Tabla 16 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°03, S5</i>	108
<i>Tabla 17 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°06, C9</i>	109
<i>Tabla 18: Formato De Aforo Peatonal N°02</i>	109
<i>Tabla 19: Ficha De Aforo Vehicular N°01, 1-4</i>	110
<i>Tabla 20: Ficha De Tiempos De Viaje N°02</i>	110
<i>Tabla 21 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°01, S6</i>	117
<i>Tabla 22 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°01, C10</i>	117
<i>Tabla 23: Formato De Aforo Peatonal N°03</i>	118
<i>Tabla 24: Ficha De Aforo Vehicular N°01, 1-4</i>	118
<i>Tabla 25: Ficha De Tiempos De Viaje N°03</i>	119
<i>Tabla 26 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°01, S9</i>	125
<i>Tabla 27 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°11, C26</i>	126
<i>Tabla 28: Formato De Aforo Peatonal N°04</i>	126
<i>Tabla 29: Ficha De Aforo Vehicular N°09, 14-13</i>	126
<i>Tabla 30: Ficha De Tiempos De Viaje N°04</i>	127
<i>Tabla 31 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°03, S14</i>	134
<i>Tabla 32 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°04, C30</i>	134
<i>Tabla 33: Formato De Aforo Peatonal N°05</i>	134
<i>Tabla 34: Ficha De Aforo Vehicular N°01, 1-4</i>	135
<i>Tabla 35: Ficha De Tiempos De Viaje N°05</i>	135
<i>Tabla 36 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°01, C33</i>	141
<i>Tabla 37 : Ficha De Características Geométricas Del Óvalo, C39 - C39a - C39b - C39c</i>	142
<i>Tabla 38: Formato De Aforo Peatonal N°06</i>	142
<i>Tabla 39: Ficha De Aforo Vehicular N°01, 1-4</i>	142
<i>Tabla 40: Ficha De Tiempos De Viaje N°06</i>	143
<i>Tabla 41 : Ficha De Características Semafóricas De La Vía N°02, S16</i>	149



<i>Tabla 42 : Ficha De Características Geométricas De La Vía N°04, C43</i>	150
<i>Tabla 43: Formato De Aforo Peatonal N°01</i>	150
<i>Tabla 44: Ficha De Aforo Vehicular N°06, 25-23</i>	150
<i>Tabla 45: Ficha De Tiempos De Viaje N°07</i>	151
<i>Tabla 46: Cálculo De La Población Vehicular (Sumatoria De Todos Los Movimientos/Giros En Cada Intersección) Categorizados Por Tipos De Vehículo</i>	152
<i>Tabla 47: Cálculo De Las Muestras Vehiculares Categorizadas Por Tipos De Vehículo</i>	152
<i>Tabla 48: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Retiro, Por Código De Girofuente: Elaboración Propia</i>	158
<i>Tabla 49: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi, Por Código De Giro</i>	160
<i>Tabla 50: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo, Por Código De Giro</i>	163
<i>Tabla 51: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria, Por Código De Giro</i>	165
<i>Tabla 52: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra, Por Código De Giro</i>	168
<i>Tabla 53: Composición Vehicular Del Ovalo Garcilaso, Por Código De Giro</i>	170
<i>Tabla 54: Composición Vehicular De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro, Por Código De Giro</i>	173
<i>Tabla 55: Organización De La Data De La Categoría Automóviles</i>	206
<i>Tabla 56: Organización De La Data De La Categoría Station Wagon</i>	206
<i>Tabla 57: Organización De La Data De La Categoría Camioneta Pick Up</i>	207
<i>Tabla 58: Organización De La Data De La Categoría Camioneta Panel</i>	207
<i>Tabla 59: Organización De La Data De La Categoría Camioneta Panel</i>	207
<i>Tabla 60: Organización De La Data De La Categoría Camioneta Rural</i>	208
<i>Tabla 61: Organización De La Data De La Categoría Ómnibus</i>	208
<i>Tabla 62: Organización De La Data De La Categoría Camión</i>	208
<i>Tabla 63: Organización De La Data De La Categoría Remolcadores</i>	208
<i>Tabla 64: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Automóviles Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	209
<i>Tabla 65: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Station Wagon Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	209



<i>Tabla 66: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camionetas Pickup Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	210
<i>Tabla 67: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camionetas Panel Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	210
<i>Tabla 68: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camioneta Rural Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	210
<i>Tabla 69: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Ómnibus En El Óvalo Garcilaso</i>	210
<i>Tabla 70: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camión Totales En El Óvalo Garcilaso</i>	210
<i>Tabla 71: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Remolcador En El Óvalo Garcilaso</i>	211
<i>Tabla 72: Cálculo De Las Muestras Vehiculares Categorizadas Por Tipos De Vehículo</i>	211
<i>Tabla 73: Resumen De Gases Emitidos Por Tubos De Escapes Por La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso</i>	211
<i>Tabla 74: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Automóviles En El Óvalo Garcilaso, Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	216
<i>Tabla 75: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Station Wagon En El Óvalo Garcilaso, Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	217
<i>Tabla 76: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camionetas Pick Up En El Óvalo Garcilaso, Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	217
<i>Tabla 77: Resumen De Gases Emitidos Por Tubos De Escapes Por La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 20% Menos De Volumen Vehicular</i>	218
<i>Tabla 78: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Automóviles En El Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	222
<i>Tabla 79: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Station Wagon En El Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	223
<i>Tabla 80: Emisiones Vehiculares Por Tubo De Escape De Camionetas Pick Up En El Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	223
<i>Tabla 81: Resumen De Gases Emitidos Por Tubos De Escapes Por La Población Vehicular Del Óvalo Garcilaso Bajo Restricción Por Plaqueo, 50% Menos De Volumen Vehicular</i>	224
<i>Tabla 82. Cuadro De Comparación Final Nox Y Co En Los 3 Escenarios Planteados Para El Óvalo Garcilaso</i>	265





Capítulo I: Planteamiento Del Problema

1.1. Identificación Del Problema

1.1.1. Descripción Del Problema

Entre todos los problemas que padece una ciudad a nivel mundial, la congestión vehicular es uno de los más percibidos y rechazados por la población, ya que suma una considerable cantidad de tiempo de viaje a los usuarios, generando retrasos, incertidumbre en el tiempo de viaje, malestar y estrés, además de un mayor uso de combustible y la contaminación a causa de este, y, sobre todo, pérdidas económicas causadas por el tiempo muerto que se permanece en la congestión.

Siendo una ciudad no muy grande, a comparación de Lima o Arequipa, el Cusco tiene un gran parque automotor, que se ha elevado de manera alarmante. Según el reporte de la Gerencia de Tránsito, Vialidad y Transporte de la comuna provincial, se determinaron en el 2018 aproximadamente 180 mil los vehículos que recorren las calles, cuando en el año 2006, había 35 mil unidades contabilizadas. Es decir, el número se quintuplicó (515%) en tan solo doce años.

Según reportes del INEI en el Anexo de Flujo Vehicular por peajes por departamentos, se han contabilizado en los peajes 63 975 vehículos correspondientes al departamento del Cusco en enero del 2021. El impacto de la pandemia por covid-19 a nivel mundial ha reducido drásticamente éstos datos, por lo que se enfatiza la alta probabilidad de que el aporte de la investigación, sea mucho más notorio en condiciones normales.

Se adjunta el estudio realizado por Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI de datos recientes correspondientes al flujo vehicular en el Perú, haciendo énfasis en los números del Cusco:



Departamento	2020 (P)												2021 (P)
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Total	7 332 688	7 152 764	4 476 346	1 386 368	2 331 616	3 255 729	4 486 358	4 422 252	4 785 051	3 568 638	5 707 771	6 043 286	6 033 985
Ancash	56 036	51 169	32 726	30 797	42 610	23 649	37 748	39 692	44 659	54 617	55 671	61 036	63 183
Arequipa	420 381	410 371	272 638	181 756	179 752	229 514	316 408	238 045	325 413	359 987	362 333	383 835	414 220
Apurímac	54 801	52 408	38 141	13 183	21 724	33 703	50 818	51 189	57 358	61 778	62 948	61 794	64 184
Ayacucho	768 717	758 535	461 793	135 269	218 140	307 547	340 809	363 670	404 485	508 273	568 001	605 944	598 610
Cajamarca	67 667	307 831	98 745	6 072	18 319	16 215	32 340	22 818	25 661	28 957	27 893	25 584	28 089
Cusco	179 410	169 314	133 642	12 422	22 800	33 757	50 538	40 380	50 261	58 108	59 827	63 974	63 975
Huancayo	108 321	95 825	86 425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ica	578 309	576 801	357 564	87 580	155 070	306 933	276 646	279 686	301 967	346 744	346 535	343 114	368 672
Junín	406 480	375 610	253 999	80 164	103 855	144 524	188 619	197 685	218 268	252 396	256 960	261 481	267 427
La Libertad	912 548	880 966	675 247	240 559	409 404	573 476	761 291	769 579	758 935	898 290	986 960	986 031	948 657
Lambayeque	198 822	175 671	116 924	36 112	58 888	85 327	113 287	117 982	121 207	138 256	139 995	143 368	141 678
Lima	1 876 802	1 872 896	1 150 716	426 062	691 577	898 582	1 316 581	1 254 140	1 354 142	1 584 621	1 688 989	1 751 122	1 781 281
Madre de Dios	75 688	67 687	46 424	13 162	26 328	36 239	58 710	66 338	77 452	91 166	87 297	90 583	86 676
Moray	116 448	112 598	86 754	28 219	38 335	49 837	59 070	59 088	77 967	137 953	189 481	111 128	108 675
Puno	698 825	661 747	387 685	81 768	154 762	328 142	460 030	446 264	458 848	536 470	527 732	552 968	505 846
Perú	571 752	539 437	365 385	73 547	152 963	239 285	327 680	272 710	325 363	425 417	417 681	468 141	473 714
San Martín	81 258	77 782	52 089	43 584	58 638	58 684	80 264	62 781	69 718	81 003	79 051	83 824	84 671
Tarma	84 624	80 573	48 389	5 391	8 491	11 498	15 381	12 343	24 579	43 685	47 589	54 319	47 573
Tumbes	66 527	66 182	39 036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

El Perú

Nota: - En el Callao y en los departamentos de Huancavelica, Loreto, Piura y Ucayali no existen unidades de peaje.
 - Mediante Resolución Directoral N° 2883-2019-MTC/DS, se autoriza la apertura de la Unidad de Peaje Culiac, ubicada en el km. 35-620 de la Vía Costanera, a partir de las 10:00 horas del día 15-9-2019.
 - Mediante Resolución Directoral N° 081-2020-07C/DS, se autoriza el cobro de los 24 peajes administrados por ProVías Nacionales, a partir de las 00:00 horas del día 30-05-2020, por el plazo que dura el Estado de Emergencia Nacional a consecuencia del COVID-19.
 - A partir del 1 de julio de 2020 se reanuda el cobro de peajes en las concesionarias viales según lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 115-2020-PCM, publicado en el diario oficial El Peruano el día 26 de junio de 2020, que declara el Estado de Emergencia Nacional a toda actividad directa o indirectamente relacionada con la Red Vial Nacional, Departamental o Vialista.

Fuente: Ministerio de Transportes e Infraestructura - PROVIAS Nacional
 Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Usos Públicos - OSITRAN
 Estadísticas: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

Figura 1: Flujo Vehicular, Departamentos del Perú, 2020 – 2021 (Unidades Vehiculares)

Fuente: INEI, 2021

Este problema se ve acrecentado debido al constante aumento de la tasa de motorización y al aumento de la demanda de espacio vial urbano, el cual es limitado en la ciudad a causa de las construcciones existentes, ya que existen diversos espacios edificados que conservan muestras de la arquitectura prehispánica y virreinal, por tal motivo el control del uso de espacio vial termina siendo una opción a considerar.

Entre las medidas de gestión de tránsito se encuentra la restricción vehicular, la cual consta de la prohibición de la circulación de vehículos mediante criterios específicos, siendo una de las más comunes, la restricción vehicular por número de placa. Consiste en limitar el tránsito durante un horario determinado (generalmente horas punta), es decir, en una franja horaria en la que se registran altas tasas de congestión vehicular. Durante este tiempo solo circulan unidades de acuerdo a la terminación de la ‘placa’, sea par o impar, sea entre 0-4 o 5-9 o dependiendo de la restricción o la configuración que las autoridades consideren necesaria.

Esta medida ha sido empleada en distintos países, estas restricciones se dan en proporciones distintas de acuerdo al racionamiento de espacio vial que se quiera dar, los cuales generalmente son de 20%, y excepcionalmente hasta en 28% (Pekín 2006), además de darse en horarios establecidos, generalmente en horas punta, de la mañana y tarde.



En vista de la creciente frecuencia de congestionamientos que experimenta la ciudad de Cusco, debido al creciente parque automotor, se ha ubicado un área representativa, por la cual se extiende un corredor vehicular: Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Av. de la Cultura – Av. Argentina – Calle Retiro (denotado en la presente investigación como Corredor Vial CUCAR). Según el “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se define Corredor Vial, como un conjunto de dos o más rutas continuas que se conforman con una finalidad específica, entonces para ésta investigación se considera que estas rutas estarán denotadas por las calles y avenidas que lo conforman, y la finalidad específica sería: recolectar la mayor cantidad de Usos de Suelo definidos por la Municipalidad del Cusco con su Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco 2018 – 2028.

El corredor vial ha sido ubicado con la finalidad de incluir diversos Usos de Suelo; porque estos, al ser los generadores de viajes, mientras más distintivas sean entre sí las actividades que se realizan en los predios, mayor será la diversidad de categorías vehiculares incluidas en la data, y se ha demostrado en las fichas de aforos, lo cual le da riqueza a nivel de tipos de vehículos a la investigación, y al ser tan diversos, es una zona que representa con mayor precisión el tráfico vehicular en la ciudad del Cusco.

Entonces se confirma que el Corredor Vial está comprendido por intersecciones semaforizadas y el Óvalo Garcilaso; se planteó una evaluación de escenarios con y sin restricción, que simularían la aplicación de medidas restrictivas por placa, con el fin de demostrar un posible punto de partida hacia una solución del problema de congestión vehicular en Cusco y también en reducir las emisiones vehiculares que se producen regularmente, siendo el tubo de escape el aportante que se evaluó.

1.1.1.1. Ubicación Geográfica

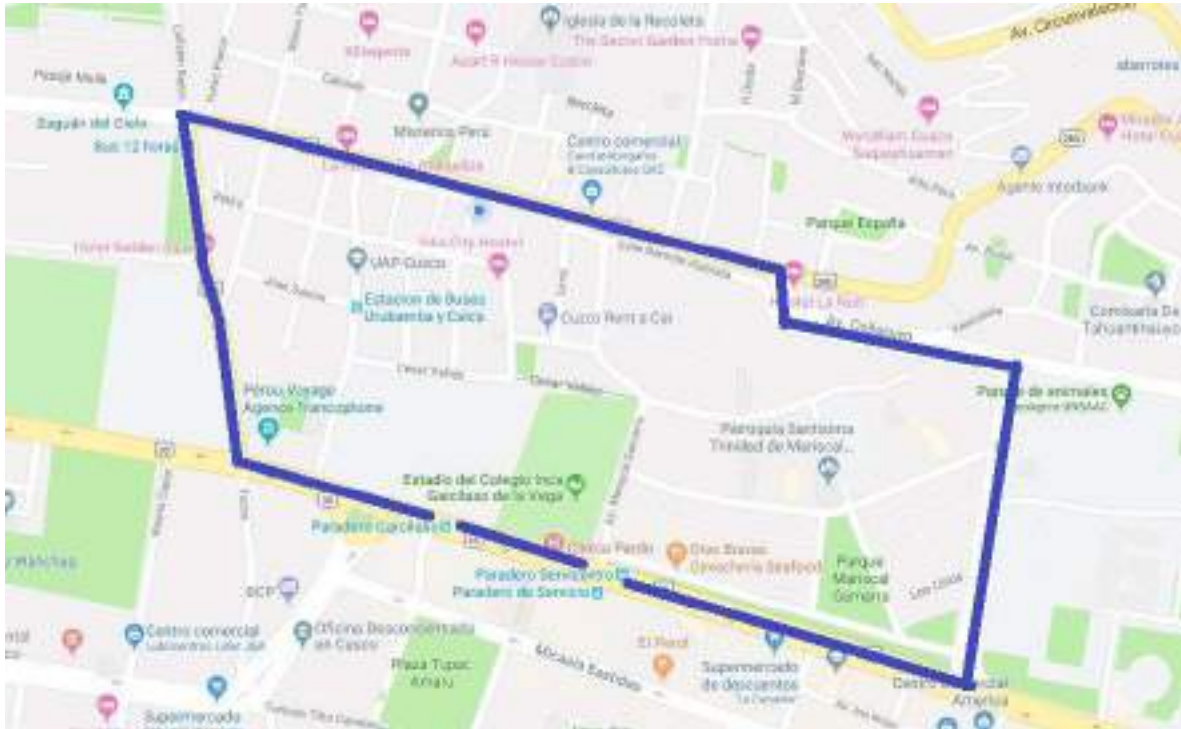
La presente investigación se aplicará en la ciudad de Cusco, ubicada en la provincia de Cusco, se encuentra a 3360 m.s.n.m., en el departamento del Cusco, parte de la sierra sur del territorio peruano. Tiene como coordenadas geográficas 13°31'06"S - 71°58'41"W.



Figura 2: Mapa De La Ciudad Del Cusco

Fuente: (Google Maps 2021)

El corredor vial determinado para el análisis operacional del tránsito está comprendido por: Av. Collasuyo, Av. Universitaria, Av. La Cultura, Av. Argentina y Calle Retiro (corredor que se denominará CUCAR durante el desarrollo de la investigación), en el distrito de Cusco, ciudad del Cusco ubicado muy próximo al Centro Histórico. La zona es de uso residencial en la mayoría de su extensión, además de uso comercial, industrial y educativo, el corredor atraviesa numerosas vías vecinales de forma perpendicular. Se representa al corredor con una línea azul en el mapa de la figura 3.



*Figura 3: Corredor Cucar, Distrito De Cusco
Fuente: (Google Maps 2021, Adaptación Propia)*

A continuación, se muestra el corredor vial de color negro para lograr contraste con el uso de suelo correspondiente, obtenido del Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco 2018 – 2028 elaborado por la Municipalidad del Cusco en coordinación con la población en general y con todas aquellas instituciones y organizaciones involucradas con la protección y conservación del patrimonio.

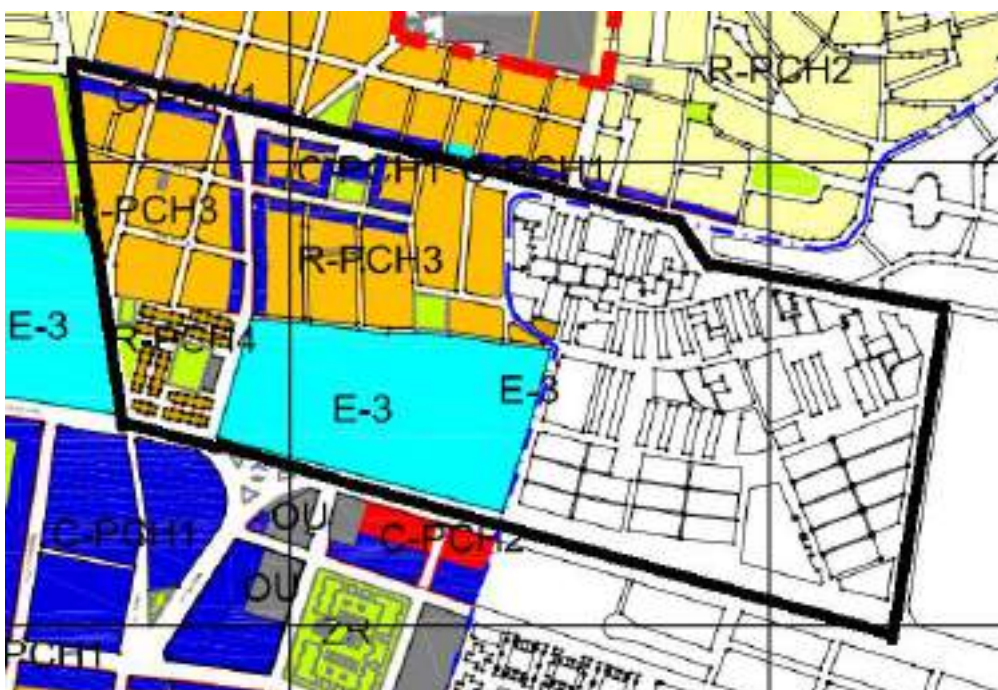




Figura 4: Corredor Cucar Sobre Mapa De Uso De Suelo, Distrito De Cusco

Fuente: Municipalidad Provincial Del Cusco, Plan Maestro Del Centro Histórico Del Cusco 2018 – 2028, Pdf: 03

Zonificación-Usó-Del-Suelo (Adaptación Propia)

1.1.2. Formulación Interrogativa Del Problema

1.1.2.1. Formulación Interrogativa Del Problema General

¿Cómo influye la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en el congestionamiento vehicular y la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. la Cultura - Av. Argentina - Calle Retiro (CUCAR)?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa De Los Problemas Específicos

- ¿Cómo influye la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en los tiempos de viaje en el corredor Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. la Cultura - Av. Argentina - Calle Retiro (CUCAR)?
- ¿Cómo influye la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en la capacidad vial en el corredor Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. la Cultura - Av. Argentina - Calle Retiro (CUCAR)?
- ¿Cómo influye la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en los niveles de servicio en el corredor Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. la Cultura - Av. Argentina - Calle Retiro (CUCAR)?
- ¿Cómo influye la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. la Cultura - Av. Argentina - Calle Retiro (CUCAR)?



1.2. Justificación E Importancia De La Investigación

1.2.1. Justificación Técnica

La investigación tendrá los siguientes aportes:

- Determinar los indicadores del nivel de servicio, de los tiempos de viaje, de la capacidad vial y de la contaminación ambiental de las intersecciones del corredor vial CUCAR.
- Determinar los indicadores del nivel de servicio, de los tiempos de viaje, de la capacidad vial y de la contaminación ambiental de las intersecciones del corredor vial CUCAR, bajo condiciones de restricción vehicular al 20%.
- Determinar los indicadores del nivel de servicio, de los tiempos de viaje, de la capacidad vial y de la contaminación ambiental de las intersecciones del corredor vial CUCAR, bajo condiciones de restricción vehicular al 50%.

La investigación está dentro del ámbito de la Ingeniería de Transportes, específicamente en el área de vialidad y transporte urbano, por la obtención de los tiempos de viaje, niveles de servicio y capacidad vial en las intersecciones del corredor vial CUCAR, durante la simulación de los escenarios planteados. Para lograr dicho objetivo se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

Para la investigación se empleará el software de modelación y simulación de tránsito PTV Vissim 2021, para lo cual se realizará una capacitación en el uso y modelamiento en el software.

- Se capacitará al personal para la recolección de datos.
- Se planteará el análisis, modelamiento y simulación del estado actual de las intersecciones del corredor CUCAR.
- Se planteará el análisis, modelamiento y simulación de las intersecciones del corredor CUCAR con condiciones de restricción vehicular al 20% y al 50%.
- Se determinarán los niveles de servicio de las intersecciones del corredor CUCAR, así como la incidencia de la longitud de colas sobre su capacidad vial y los tiempos de viaje, mediante el ingreso de datos como aforos vehiculares, peatonales, características semafóricas y geométricas.
- Se estimarán las emisiones vehiculares por tubo de escape en Toneladas métricas al año por el método de Alexander Economopoulos, que plantea un procedimiento matemático para calcular las cantidades de 6 gases contaminantes.



1.2.2. Justificación Social

Los principales beneficiarios con la tesis, serán los conductores, pasajeros, peatones, turistas que transitan la zona, residentes que viven en las inmediaciones del corredor CUCAR, que se ven afectados por las condiciones de tráfico vehicular. Los siguientes beneficiarios serán los estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Gobiernos Locales, Regionales y Ministerios.

La optimización de los niveles de servicio de las intersecciones del Corredor Vial CUCAR supone un tema de gran importancia, porque tiene un impacto directo en los usuarios de las avenidas estudiadas, principalmente beneficiando al transporte público y también a la seguridad y comodidad de los peatones de la ciudad del Cusco, también la calidad de aire percibida por la población al reducir la cantidad de contaminantes.

Se pueden diferenciar algunos aspectos que se mejorarán tales como:

- Las demoras en el tiempo de viaje son el aspecto más común que se aprecia en las congestiones vehiculares, esta demora genera estrés principalmente en los conductores y pasajeros, sin embargo, los peatones y los residentes que viven en las inmediaciones del corredor vial CUCAR también son afectados por ser susceptibles a accidentes, contaminación por emisión de gases nocivos por los vehículos, contaminación sonora, entre otras situaciones que pueden ser impredecibles.
- Las congestiones vehiculares se dan en su gran mayoría en intersecciones viales, las cuales usualmente cuentan con pases peatonales que se ven obstruidos cuando los vehículos ocupan la zona de paso peatonal al tratar de ganar espacio en la congestión, infringiendo así el reglamento nacional de tránsito.
- Las congestiones vehiculares se suscitan principalmente por el colapso de la oferta vial, debido a la llegada de una desmesurada demanda vehicular; mientras más largas son las colas, la capacidad vial es más susceptible de obturarse.

1.2.3. Justificación Por Relevancia

El tema de investigación es de gran importancia porque el corredor vial CUCAR, según el Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco 2018 – 2028, tiene diversos usos de suelo (los cuales son los generadores de viajes), en las avenidas que comprende:

- **Calle Retiro**



- ❖ Zonas comerciales. - Se han podido identificar hoteles, estudios, oficinas, grupos compartir Alcohólicos Anónimos, clínicas.
- ❖ Zona Industrial. - Salida de almacén de la Compañía Cervecera del Sur del Perú S.A. (Cervesur).
- ❖ Zona residencial. - Unidad Vecinal Zarumilla.

- **Av. de La Cultura**

De alta demanda vehicular, por la existencia de muchos polos de atracción de viajes (negocios, empleos, etc.) y por su extensión integral por los distritos de Cusco, Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo, abarcando casi 13 kilómetros de longitud, siendo de alta transitabilidad, importancia y la avenida más larga de la ciudad del Cusco.

- ❖ Zonas comerciales. - Se ha podido identificar Grifo Repsol, Negocios de Informática, restaurantes, tiendas de abarrotes, pastelerías, galería Pacifico del Sur, Centro comercial Altiplano, compañía de marketing Omnilife, Centro Comercial Real Altiplano Copacabana, grifo Pecsá, Feria del Altiplano, Asociación de comerciantes “Las Poderosas del Altiplano”, Cooperativa de ahorro y crédito Santo Domingo de Guzmán, perfumerías, librerías, negocios diversos.
- ❖ Zona residencial. - Unidad Vecinal Zarumilla, Urbanización Mariscal Gamarra
- ❖ Zona educativa. - Colegio Garcilaso, Universidad Andina del Cusco, Academia Trener, Alianza Francesa.
- ❖ Zona salud. - Clínica dental Tovar, Peruvian Dental Centers, Veterinarias, Clínica Pardo, Clínica odontológica de la Universidad Andina del Cusco, Boticas, Centro Dental Alessa.
- ❖ Zona recreacional. - Parque Mariscal Gamarra.

- **Av. Argentina**

Se intersecta con la Calle Puputi, que es frecuentemente transitada por vehículos de transporte provincial cuyos destinos más comunes son Pisac, Calca y Urubamba, el servicio se presta continuamente por lo cual el Nivel de Servicio de la Av. Argentina (PE-28G) se ve afectado en horas punta.

- ❖ Zona comercial. - servicios de alojamiento, negocios de informática, restaurantes, puntos de venta minoristas, multiservicios, librerías, lavanderías, peluquerías, el mercado de Rosaspata, oficinas de empresa como: Oficina de Cooperación Técnica Internacional, proveedores de Estructuras Metálicas.



- ❖ Zona residencial. - Urbanización Rosaspata, Urbanización Cruzpata, Urb. Mariscal Gamarra, Urbanización Tahuantinsuyo.
 - ❖ Zona educativa. - Centro de Educación Superior como Colegio de Enfermos de Cusco, Institución Educativa Inicial Privada Los Pimpollitos, Institución Educativa Inicial Privada El Gran Saber, Institución Educativa Pública República de México.
 - ❖ Zona recreativa. - Parque Infantil Cruzpata
 - ❖ Zona salud. - Farmacias, Centros Odontológicos
- **Avenida Universitaria**
 - ❖ Zonas comerciales. - Restaurantes, Servicio Técnico de computadoras, negocios diversos.
 - ❖ Zona residencial. - Urbanización Mariscal Gamarra.
 - ❖ Zona educativa. - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cuna Jardín Santa Mónica.
 - ❖ Zona recreacional. - Parque Mariscal Gamarra.
 - **Avenida Collasuyo**
 - ❖ Zonas comerciales. - Restaurantes, hospedajes, negocios diversos, salud
 - ❖ Zona residencial. - Urbanización Mariscal Gamarra, Urbanización Tahuantinsuyo.
 - ❖ Zona educativa. - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cuna Jardín Santa Mónica.

Esta investigación considerará como aporte la utilización de conceptos y teorías que no se utilizan con frecuencia en nuestro medio, aplicadas con el objetivo de optimizar el tránsito vehicular en las intersecciones del Corredor Vial CUCAR, la restricción vehicular es una medida de atenuación de la congestión vehicular y la contaminación ambiental. Dicha investigación estará disponible en la biblioteca de la Universidad Andina del Cusco y podrá ser utilizada por los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil como modelo para futuras investigaciones en el ámbito de Ingeniería de Transportes.

1.2.4. Justificación Por Viabilidad

La tesis plantea la recolección de datos mediante aforos vehiculares, para lo cual se cuentan con los recursos económicos para las fichas de recolección de datos, cámaras digitales, equipos



topográficos, útiles de escritorio y el pago para el personal de asistencia los cuales serán importantes para el estudio del corredor vial CUCAR para ser posteriormente modelados y simulados mediante el uso del software PTV Vissim 2021.

Es conveniente para las demás regiones de nuestro país, pues este tipo de prácticas utilizadas en la investigación, son sencillas de realizar, siempre en cuando se tenga la capacitación adecuada del personal encargado de la recolección de datos, procesamiento de datos, especialización en el manejo de software de simulación (PTV Vissim 2021) a través de los Manuales de Uso, y la tecnología adecuada para facilitar y solucionar de manera más eficaz el problema, que en general es incidente en casi todas las ciudades grandes de nuestro país debido al crecimiento poblacional acelerado y por ende el crecimiento del parque automotor.

1.3. Limitaciones De La Investigación

1.3.1. Limitación Del Ámbito De Estudio

La investigación se desarrollará en la carrera profesional de ingeniería civil, en la rama de ingeniería de transportes.

La investigación se enfoca también en componentes ambientales, calculando los indicadores de contaminación en el aire, sólo en las emisiones vehiculares por tubo de escape para ser precisos.

1.3.1.1. *Ámbito De Influencia Teórica*

La presente investigación corresponderá al área de Transportes, desarrollándose específicamente en el Tránsito Vehicular, ya que se presenta la simulación microscópica del tránsito de las intersecciones del Corredor Vial CUCAR, bajo condiciones de restricción, para la atenuación de la congestión vehicular y contaminación ambiental por emisiones por tubo de escape, durante la hora pico del día pico; disminuyendo la congestión se optimizan también los Niveles de Servicio, minimizando también el impacto de las emisiones vehiculares al medio ambiente. Se obtendrán niveles de servicio para 3 escenarios simulados del corredor: el actual, uno con reducción vehicular del 50% y otro con reducción vehicular del 20%, es en estos dos últimos donde funciona la restricción por último número de placa.

La investigación se enfoca también en componentes ambientales, calculando los indicadores de contaminación en el aire, solo en las emisiones vehiculares por tubo de escape para ser precisos, adoptando el método de Alexander P. Economopoulos, utilizándose las fórmulas y los factores de emisión de su libro “Evaluación de Fuentes Contaminación del Aire”, para cuantificar en toneladas métricas por año (TM/año) la presencia de Partículas Totales en Suspensión (PTS),



Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Plomo (Pb), en el aire. Cabe destacar que se limita el cálculo de esta polución, al óvalo Garcilaso, por lo tanto, se hallarán con respecto a la población de vehículos aforados durante la hora y día pico, como se explicará más adelante.

1.3.2. Limitación De Tiempo, Normativas, Instrumentos Y Equipos

1.3.2.1. *Limitaciones De Tiempo*

Se realizó la recolección de datos en los meses de enero y febrero del año 2021, fechas en la que se consignó la información del sistema de movilidad e infraestructura vial, de los usuarios peatonales y vehiculares, al igual que las encuestas para la determinación de los contaminantes cuantificados de las emisiones por el tubo de escape de los vehículos. Así que bajo estas limitantes estaría considerado el primer escenario de simulación, el Estado Actual de las intersecciones del Corredor Vial CUCAR, sin restricción.

Los registros de datos recopilados de la presente investigación, corresponden a escenarios fuertemente afectados debido al impacto de la pandemia por Covid-19, generando coyuntura nacional y una reducción significativa en los flujos vehiculares a comparación de anteriores consignaciones. Con estos datos de entrada, se han obtenido resultados que también corresponden a esta limitación de tiempo.

1.3.2.2. *Limitaciones De Normativas*

En el Perú no se cuenta con normativas que presenten metodologías que permitan realizar mejores diseños viales o interpretar los parámetros del tránsito como la norma de análisis de tráfico y tránsito del HCM 2010, ni existen preceptos para la elaboración de modelos de simulación de tránsito.

Es por ello, que se empleó un software para elaborar un modelo de microsimulación, ya que se han usado con mayor frecuencia en los últimos años. La microsimulación de tráfico permite analizar a cada vehículo como un objeto independiente que forma parte del flujo de tráfico (sistema) y, por lo tanto, puede interactuar con los demás componentes del sistema (Salvador & Robusté, 2000)

El programa PTV Vissim 2021 es uno de los programas aptos para desarrollar un modelo de microsimulación de tráfico, por lo tanto, su análisis permite hacer una evaluación más precisa y detallada, con el cual es posible identificar los potenciales problemas que se presentan en un estudio.



Según el Manual de Uso de Vissim, se utiliza el programa cuando hay congestión, bloqueos y conductas agresivas. El modelo estocástico-microscópico puede replicar la situación del tráfico en Cusco, debido a que presenta un conjunto de número semillas que generan patrones de comportamiento de los conductores de vehículos (simulando estilos de manejo muy variados). Así se toma en cuenta la interacción vehicular mediante asignaciones de comportamiento individual a cada vehículo dentro del tráfico, y los comportamientos pueden ser limitados configurando acciones colectivas, por ejemplo, la educación vial a nivel regional, o maniobras comunes dependientes de la idiosincrasia de diferentes poblaciones.

Con esta herramienta se pueden obtener los parámetros necesarios para medir las variables en las intersecciones, como, por ejemplo: los niveles de servicio, según la categorización del HCM2010:

Tabla 1: Detalle de Niveles de Servicio

NIVEL DE SERVICIO (NDS)	DEMORA (seg)
A	10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	>80

Fuente: Elaboración Propia

1.1.1.1. Limitaciones De Instrumentos Y Equipos

El modelamiento de los escenarios se llevó a cabo con el software PTV Vissim 2021, se consignaron también las características geométricas, después de efectuar su medición con instrumentación topográfica básica, para ingresarlas como datos, ya que son requeridas por el programa. No se requieren levantamientos de alta precisión.

Con respecto a la dirección ambiental que toma la investigación, las cuantificaciones de contaminantes por tubo de escape se realizan adoptando el método de Alexander P. Economopoulos, para 6 tipos de gases, que se desarrollaran en el capítulo 3.6. Procesamiento de datos. El cual es netamente matemático y mucho más accesible que la adquisición o alquiler de instrumentación y/o equipos costosos.



1.4. Objetivo De La Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la restricción de la demanda vehicular en el congestionamiento vehicular y la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Callejón Retiro (CUCAR).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en los tiempos de viaje en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).
- Evaluar la influencia de la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en la capacidad vial en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).
- Evaluar la influencia de la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en los niveles de servicio en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).
- Evaluar la influencia de la restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% en la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).

Capítulo II: Marco Teórico De La Tesis

2.1. Antecedentes De La Tesis

2.1.1. Antecedentes A Nivel Local

GENERALIDADES

- **TITULO:** “Evaluación y optimización de los flujos vehiculares y fases de semáforos para mejorar la capacidad vial y los niveles de servicio en las intersecciones con niveles de servicio inadecuados dentro del Centro Histórico de la Ciudad del Cusco”
- **AUTOR:** González Mamani, Nico Yheison
- **ASESOR:** Ing. Merino Yépez, Robert Milton
- **UNIVERSIDAD:** Universidad Andina del Cusco
- **AÑO DE PUBLICACION:** 2018

RESUMEN



A lo largo de la historia del Centro Histórico del Cusco-CHC, siempre se habló del conflicto del tránsito vehicular, pero casi poco se mencionó de estudios de control o mitigación, de proyectos de investigación o análisis para mejorar nuestro sistema de transporte, principalmente en nuestro centro histórico, que es el problema principal debido a que una zona netamente turística y uno de los principales polos de atracción de viajes, debido a la existencia de centros comerciales, mercados, entidades financieras, centros de educación superior, poder judicial, instituciones público privadas que generan un polo de atracción importante de viajes a esta zona en conflicto, además de su limitada infraestructura vial, por esa razón que se realizó esta investigación, para poder contribuir con la sociedad.

Este proyecto, de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y de método tecnológico descriptivo se dirigió principalmente a la evaluación y optimización de los flujos vehiculares y tiempos de fases de los semáforos de 21 intersecciones, 11 semaforizadas y 10 no semaforizadas, ubicadas en el CHC; donde se realizó la recolección de los volúmenes vehiculares y tiempos de fases de los semáforos, como fuente de información para la modelación, mediante el uso de un software de modelación macroscópica (SYNCHRO 9), así se pudo determinar la capacidad vial y niveles de servicio de la situación actual y posteriormente la optimización, esto con el fin de proponer mejoras en las intersecciones de la muestra investigada del CHC.

Se planteó un nuevo sistema con nuevas alternativas de solución, como la creación de 02 pasos a desnivel en las intersecciones críticas, acompañado de la optimización de las fases de los semáforos, y así se creó un nuevo sistema optimizado.

Como resultado de la evaluación y optimización de las 21 intersecciones se consiguió mejorar 6 intersecciones para los niveles de servicio y 03 intersecciones para las capacidades viales.

Como aporte de esta investigación se recomienda realizar estudios de simulación a nivel microscópicos y también la sincronización y automatización de las intersecciones semaforizadas, además de mejorar la infraestructura vial, proponiendo 02 pasos a desnivel en las intersecciones planteadas en esta investigación.

2.1.2. Antecedentes A Nivel Nacional

GENERALIDADES

- **TITULO:** “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICACIA ENTRE LA MEDIDA DE RESTRICCIÓN VEHICULAR POR NÚMERO DE PLACA Y EL RETIRO DE TAXIS MEDIANTE MODELOS SIMULADOS”
- **AUTOR:** Marcatoma Palomino, Elías



- **ASESOR:** Dr. Sc. Matías León, José C.
- **UNIVERSIDAD:** Universidad Nacional de Ingeniería
- **AÑO DE PUBLICACIÓN:** 2016

RESUMEN

Entre todos los problemas que padece la ciudad de Lima, la congestión vehicular es uno de los más percibidos y rechazados por la población. Este malestar se debe a que la congestión vehicular suma una considerable cantidad de tiempo de viaje a la rutina normal de la gente, a lo cual se suma un mayor uso de combustible en conjunto a la contaminación a causa de este y las cuantiosas pérdidas económicas que genera.

Ante esto el número de vehículos que circulan en una ciudad ha sido causa de medidas anti – congestión en países de América, tales como Colombia (Pico y Placa) y México (Hoy no circula). Por otro lado, en la ciudad de Lima se distingue una peculiar característica en los embotellamientos: la abundante cantidad de taxis. Tomando en cuenta estas hipotéticas causas surge el problema: ¿Cómo disminuir la congestión vehicular y las cuantiosas pérdidas económicas que genera?, en este caso, tomando en cuenta los factores anteriormente mencionados. Es así que la presente investigación toma como zona de estudio un área urbana aproximada de 3km², en la cual es común encontrar problemas de congestión debido a las avenidas que forman su perímetro las cuales son: Av. Javier Prado, Av. Salaverry, Av. Arequipa y Av. César Canevaro. De esta manera luego de una recolección de datos reales, procesamiento y posterior calibración se logró construir un modelo de simulación de la zona de estudio, la cual permite la proyección de escenarios en los cuales se aplique las medidas anteriormente mencionadas.

Los escenarios simulados fueron cuatro: restricción vehicular por placa de dos números por día, restricción vehicular por placa de cinco números por día, retiro de taxis informales, retiro de taxis informales y colectivos. De estos escenarios se obtiene resultados que permiten el cálculo de nivel de servicio y tiempos de viaje, los cuales son parámetros que reflejan de manera óptima la congestión vehicular en la zona de estudio.

Al tratarse de una medida sobre los usuarios de las vías urbanas, no se puede dejar de lado el impacto sobre estos, es así que un parámetro analizado también fue la reacción de los usuarios, siendo así tres parámetros de comparación entre los escenarios simulados, determinando así la eficacia de las medidas en cada uno de los tres aspectos mencionados.



2.1.3. Antecedentes A Nivel Internacional

GENERALIDADES

- **TÍTULO:** “EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA MEDIDA DEL PICO Y PLACA EN BOGOTÁ D.C.”
- **AUTORES:** Martha Lucia Cabrera Parrado & Johanna Marcela Guerrero Maldonado
- **DIRECTOR:** Ing. Jaramillo. Luis Alberto
- **UNIVERSIDAD:** Pontificia Universidad Javeriana
- **AÑO DE PUBLICACIÓN:** 2005

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio radica en evaluar la medida del Pico y Placa, con el fin de determinar si ha cumplido con el propósito de disminuir el flujo vehicular dentro de las horas pico en la ciudad de Bogotá. Para lograr este propósito se llevó a cabo un proceso de recopilación, selección y análisis de información suministrada por las entidades gubernamentales y especializadas en cada campo, tanto para el caso de Bogotá como para otras ciudades en Latinoamérica. Por otro lado, se realizaron encuestas para conocer la percepción de los usuarios buscando confrontar estos resultados con los datos obtenidos anteriormente. En cuanto a la variación del volumen vehicular a lo largo del periodo de estudio, inicialmente se presentan dos picos muy marcados durante el día, los cuales disminuyen a causa de las variaciones implementadas a la medida del Pico y Placa. De la misma manera, se registra una mayor ocurrencia de horarios pico a lo largo del día. Por otra parte, después de aproximadamente tres años de implantada la medida, se observa un traslado en el horario de mayor congestión vehicular, surgiendo así la necesidad de ampliar el horario de restricción, con esta nueva medida se logra un volumen vehicular más homogéneo, en general, la medida ha arrojado resultados favorables en cuanto al número de vehículos en circulación durante las horas pico, lo que se traduce en menos congestión para la ciudad.

2.2. Bases Teórico-Científicas

2.2.1. Modelo, Simulación Y Sistema

El modelo es un sistema desarrollado para entender la realidad y en consecuencia para modificarla; no es posible modificar la realidad, en cierta dirección, si no se dispone de un modelo que la interprete (Vargas, 2018). En caso del presente proyecto, el modelo de microsimulación busca replicar el comportamiento del tráfico en las intersecciones



seleccionadas para el posterior análisis. Por otro lado, un sistema es un conjunto de cosas que se relacionan entre sí, de manera ordenada contribuyen a un determinado objeto (RAE, 2018).

La simulación es una técnica para analizar y estudiar sistemas complejos. Nos permite reunir información pertinente sobre el comportamiento del sistema porque ejecuta un modelo computarizado. (Zapata, 2014)

Según (Winston, 1994) se puede definir la Simulación como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo. La simulación no es una técnica de optimización. Más bien es una técnica para estimar las medidas de desempeño del sistema modelado.

La investigación plantea un corredor que estaría formado por sistemas semejantes, está conformado por los siguientes elementos:

- Intersección semaforizada Calle Retiro – Av. Argentina (Calle Recoleta)
- Intersección semaforizada Av. Argentina (Calle Recoleta) – Calle Puputi
- Intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria
- Intersección semaforizada Av. Universitaria – Av. de la Cultura
- Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Av. Mariscal Gamarra
- Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Calle Retiro
- Óvalo Garcilaso

Los cuales, a su vez están constituido por vehículos, peatones, etc. Las intersecciones representan a la geometría de la zona de estudio, y los demás elementos representan los elementos dinámicos del modelo (vehículos, peatones, entre otros).

2.2.1.1. Modelamiento De Tráfico

El tráfico, también llamado tránsito vehicular, es aquel que se produce a partir de la existencia de flujo vehicular en la infraestructura vial. El flujo puede ocasionar potencialmente la congestión vehicular. Por ello, corresponde a la ingeniería de tránsito, abordar los problemas generados por el tráfico mediante buen diseño que mejoren el desplazamiento de las personas por el espacio público, tratando en lo posible de reducir la congestión vehicular (Sánchez, 2019).

Según (Díaz, 2020); específicamente para la gestión del tráfico y desde un enfoque especial en intersecciones, el modelamiento de tráfico es la aplicación de técnicas y métodos de representación operativa que va permitir el análisis de indicadores de desempeño.

La modelación nos permite conocer la condición actual de circulación y comparar los niveles de servicio, demoras y como se satura la capacidad vial por las colas, también existen software con un cálculo más riguroso de las emisiones vehiculares (contaminación ambiental del aire).

2.2.1.1.1. *Tipos de modelación de tráfico*

Se clasifican dependiendo de algunos criterios como el nivel de análisis, según su naturaleza, según el nivel de detalle y también según el nivel de aleatoriedad (dependencia al tiempo y probabilidad).

TIPOS DE MODELOS	
Según su naturaleza	Modelos continuos
	Modelos discretos
Según su nivel de detalle	Modelos macroscópicos
	Modelos mesoscópicos
	Modelos microscópicos
Según su nivel de aleatoriedad	Modelos determinísticos
	Modelos estocásticos

Figura 5: Tipos de Modelos según naturaleza, nivel de detalle y nivel de aleatoriedad

Fuente: Propuesta de mejora del diseño vial del óvalo La Curva de Chorrillos validado con el software Vissim 9.0., 2019

La imagen presenta resaltados los modelos que más se ajustan a la investigación. A continuación, se presentan las definiciones de cada uno de los métodos:

2.2.1.1.2. *Modelos continuos*

Las variables que se emplean cambian de forma continua con respecto al paso del tiempo, no es un cambio drástico de un estado a otro periódicamente. (Sánchez, 2019)

Un modelo continuo describe estados continuos del sistema de tráfico en respuesta a un estímulo continuo (Gómez, 2009).

Por ejemplo, los vehículos dentro del flujo de tráfico cambian de posición, de velocidad, etc. (Alcalá, 2016).

2.2.1.1.3. *Modelos discretos*

Un modelo discreto considera una variación instantánea de los indicadores de la simulación, en instantes separados de tiempo, o sea, que las variables que se emplean cambian instantáneamente para cada intervalo de tiempo (Sánchez, 2019).



Los modelos discretos consideran que los cambios de estado se producen en instantes discretos de tiempo (Gómez, 2009).

Por ejemplo, el número de vehículos en una determinada hora del día. Asimismo, este modelo toma en cuenta el comportamiento de los conductores que sufren cambios en intervalos de tiempo. Ellos deciden qué acción tomar frente a cada situación en que se encuentren (Sánchez, 2019).

2.2.1.1.4. *Modelos macroscópicos*

Describe las actividades del tráfico con un nivel promedio de detalle y relaciona las variables o parámetros del tráfico, representando el flujo vehicular en forma genérica (Silvera, 2013).

Entre los indicadores a operar están la velocidad espacial al flujo y la densidad del tráfico.

Es preciso reconocer que el tipo de modelo cuenta con un nivel de detalle no muy riguroso.

Pero los resultados obtenidos podrían ser beneficiosos cuando se trata de proyectos de suma importancia en cuanto a eficiencia, ya que implica un menor tiempo de análisis (Alcalá, 2016).

Usan como restricciones la capacidad de las vías basadas en velocidades de diseño y relaciones analíticas entre la velocidad y el flujo alcanzado. Son adecuados para representar lo que ocurre en grandes ciudades, regiones o aún naciones y pueden trabajar en conjunto con modelos más detallados para intersecciones (Silvera, 2013).

2.2.1.1.5. *Modelos mesoscópicos*

Este modelo abarca algunas características de los modelos macroscópicos y microscópicos. No simulan el comportamiento individual de cada vehículo, pero trata a los vehículos como pelotones, como si fueran uno solo, mientras que los giros, tiempos de entrada, tiempos de salida son determinados por el mecanismo de manera singular (Alcalá, 2016).

Requieren información de las intersecciones como ciclos del semáforo, fases, flujos de saturación, giros, etc. Pueden determinar velocidad promedio en las vías, número de paradas y demoras. Entre estos modelos se tienen: TRANSYT, SCOOT y SATURN, (Silvera, 2013).

Sin embargo, el comportamiento del conductor ni los vehículos son distinguidos ni descritos de manera individual, si no, en términos con funciones de distribución de probabilidad. Estas distribuciones dependen de la aceleración, interacción entre vehículos, cambio de carril, etc. que describirán el comportamiento del conductor (Sánchez, 2019).



2.2.1.1.6. *Modelos microscópicos*

Los modelos microscópicos intentan describir el movimiento y comportamiento de cada vehículo y conductor de manera individual (Silvera, 2013).

El modelo microscópico opera con una metodología basada en la teoría de seguimiento vehicular bajo una distancia segura deseada y cambio de carril que describe el comportamiento del vehículo con respecto a la conducta del tránsito lateral. Por lo tanto, permiten simular operaciones de tránsito con gran exactitud pero que requieren entradas y tiempos de ejecución extensos para su aplicación (Sánchez, 2019).

Por tal motivo, se pueden obtener resultados con mayor exactitud mediante un correcto estudio de los datos de campo y una adecuada estimación del tiempo invertido. Por lo general se requiere de un mayor tiempo que el empleado en un modelo macroscópico (Alcalá, 2016).

Los resultados de este modelo de simulación son más precisos: la posición, velocidad y aceleración de cada vehículo pueden ser conocidos en cada intervalo de tiempo definido, usualmente cada segundo (Silvera, 2013).

A continuación, se organizan los niveles de modelamiento microscópico, mesoscópico y macroscópico en la siguiente figura para un mejor entendimiento del alcance de detalles de cada uno.



Figura 5: Niveles microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos

Fuente: M. Silvera, 2013



Figura 6: Tipos de Modelos según su nivel de detalle

Fuente: Sánchez, 2019

2.2.1.1.7. Modelos determinísticos

Están basados en un estudio analítico, el cual se rige bajo ecuaciones matemáticas que no varían en relación al tiempo; es decir, no dependen de la incertidumbre. Por ello, se obtienen los mismos resultados para los mismos datos de entrada dentro del análisis del proyecto (Sánchez, 2019). Los datos son conocidos con certeza, ósea, cuando el modelo sea analizado, se tiene toda la información necesaria para la toma de decisiones (Deudes, Vivas, & Boneth, 2018).

El software más común que sigue el análisis de este tipo de modelo es el SYCNHRO (Alcalá, 2016).

El HCM 2010 posee la metodología para un modelo macro determinístico. (Silvera, 2013).

2.2.1.1.8. Modelos estocásticos

Llamado también modelo probabilístico, algunos elementos tienen cierto grado de incertidumbre, presenta variabilidad en las respuestas obtenidas de acuerdo a los datos de entrada y al tiempo de análisis del proyecto (Sánchez, 2019).

Por ello, este tipo de modelos, generalmente sirven para hacer grandes series de muestreo y son muy utilizados en investigaciones científicas. Las simulaciones desarrolladas por los softwares que se basan en configuraciones matemáticas, estos se asocian a los modelos estocásticos. El software Vissim es un programa que maneja este modelo (Álvarez, 2017).

Estos permiten obtener resultados más cercanos a la realidad con un cierto nivel de aleatoriedad según los datos de ingreso, mientras que los modelos determinísticos brindan resultados en base



a ecuaciones matemáticas que a veces no se asemejan a la realidad pues desarrollan una única respuesta (Alcalá, 2016).

Se basan en los números semilla, lo cual opera bajo parámetros como:

- El nivel de agresividad. - Referido a los atributos de los conductores, simulando sus temperamentos: gentil – muy agresivo
- Parámetro de eficiencia. – Valores altos o bajos
- Tipo de vehículo. - Liviano - Pesado
- Tiempo de arribo. - Pocos segundos – muchos segundos

(Silvera, 2013)

En resumen, existen diversas formas de clasificar los modelos dinámicos de flujo vehicular. Cuando se los clasifica según el grado de detalle, de mayor a menor, se tienen los modelos submicroscópicos, microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos (Gómez, 2009).

CLASE	CARACTERÍSTICAS
Microscópicos	Ideales para simulación fuera de línea (<i>off-line</i>), por ejemplo, para probar la geometría de las vías No tienen una solución analítica cerrada
Mesoscópicos	Permiten describir comportamientos de vehículos en forma individual sin describir su comportamiento espacio-tiempo Calibración y aplicación en tiempo real difíciles Base ideal para obtener modelos macroscópicos Pueden ser microscópicamente discretizados
Macroscópicos	Ideales para representar comportamientos globales Comparativamente calibración más sencilla No describe correctamente detalles e impacto microscópicos Soluciones analíticas cerradas, ideales para estimación, predicción y control de flujo vehicular basados en modelos

Figura 7: Características de los modelos analíticos

Fuente: Gómez, 2009

De las características presentadas para los diferentes modelos, se puede concluir que los modelos microscópicos son utilizados en simulación fuera de línea (*off-line*), como una desventaja la no obtención de una solución analítica cerrada (Gómez, 2009).

2.2.1.2. Microsimulación Del Tráfico

La microsimulación de tráfico permite analizar a cada vehículo como un objeto independiente que forma parte del flujo de tráfico (sistema) y, por lo tanto, puede interactuar con los demás componentes del sistema, por ejemplo, los demás vehículos (Salvador & Robusté, 2000).



En estos últimos años, se han utilizado comúnmente los modelos microscópicos de microsimulación en el área de ingeniería de tránsito, para el estudio y análisis operativo del tráfico vehicular (Alcalá, 2016). Esto se debe a la seguridad, bajo costo y menor tiempo de análisis en comparación a las pruebas in situ. (Byungkyu & Schneeberger, 2007)

El programa Vissim es uno de los programas que está basado en un modelo de microsimulación de tráfico, por lo tanto, su análisis permite hacer una evaluación más precisa y detallada, con el cual es posible identificar los potenciales problemas que se presentan en un estudio (Sánchez, 2019).

Finalmente, se puede concluir que el modelo microscópico no garantiza un alcance geográfico del área de estudio, pero si un profundo análisis del funcionamiento del tráfico (Alcalá, 2016).

2.2.2. Highway Capacity Manual (Hcm 2010)

El HCM 2010 presenta los métodos de análisis de capacidad vial, demoras y niveles de servicio bajo la operación de diversos elementos del sistema de transporte terrestre.

Según el Manual, la calidad de servicio se define a partir de la perspectiva de un viajero (1, capítulo 5). Además, el HCM define los niveles de servicio NDS (Huanca & Rojas, 2019). Para evaluarlos en la aproximación y en la intersección, se deben tomar en cuenta factores como la libertad de maniobra del conductor y la proximidad de otros vehículos, estas características se relacionan con la densidad de tráfico, por ello se utiliza la demora para determinar los niveles de servicio. (Sánchez, 2019).

2.2.2.1. Nivel De Servicio

Según el Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (HCM 2010):

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Dicho manual, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. El HCM 2010 ha creado una medida cualitativa para definir los diferentes tipos o capacidades de servicio que tiene una vía a los cuales se denomina niveles de servicio (LOS).



NIVEL A

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

NIVEL B

Corresponde a una circulación estable, es decir, que no se producen cambios bruscos en la velocidad, aunque ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos, pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables, y en general eligen el carril por donde circulan. Los límites inferiores de velocidad e intensidad que define a este nivel son análogos a los normalmente utilizados para el dimensionamiento de carreteras rurales.

NIVEL C

Corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía muy tolerables. El límite inferior de velocidad, que define este nivel coincide en general con el que se recomienda para el dimensionamiento de arterias urbanas.

NIVEL D

Corresponde a situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores, está ya muy restringida por el resto del tráfico. En esta situación unos aumentos pequeños de la intensidad obligan a cambios importantes en la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, esta situación puede ser tolerable durante períodos no muy largos y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

NIVEL E

Supone que la intensidad de tráfico es ya próxima a la capacidad de la vía. Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su Capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo,



bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

NIVEL F

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

2.2.3. Tránsito Vehicular

Es el fenómeno ocasionado por la presencia de flujos vehiculares en una avenida, calle o autopista, la presencia de estas hace que se generen situaciones como las denominadas congestiones por el exceso de su capacidad, en nuestra ciudad es común ver este tipo de fenómenos, es así que para poder obtener datos de campo es necesario mencionar algunos conceptos como:

2.2.3.1. Volúmenes De Tránsito Promedio Diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

- i. Tránsito promedio diario anual (TPDA). Este parámetro es también conocido como:

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

- ii. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$



iii. 3|. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

2.2.3.2. *Volumen De Tránsito Horarios Y Volumen Horario Equivalente*

Tanto el volumen como el volumen horario equivalente constituyen dos unidades de medición que cuantifican la cantidad de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante un dado período de tiempo y son definidas de la siguiente forma:

A. Volumen

Es el número total de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o calzada durante un determinado período de tiempo y puede ser expresado en vehículos anuales, diarios, horarios o en períodos menores a una hora.

B. Volumen horario equivalente

Es la relación horaria equivalente a la cual los vehículos pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante un determinado período de tiempo, inferior a la hora, generalmente de 15 minutos.

Tanto el volumen, como el volumen horario equivalente constituyen las variables empleadas a los efectos de cuantificar la demanda, o sea el número de conductores u ocupantes de los vehículos (comúnmente expresados como el número de vehículos) que desean utilizar un camino durante un dado período de tiempo. La congestión puede influenciar la demanda y los volúmenes registrados reflejan las restricciones.

La diferencia entre lo que se entiende por volumen y por volumen horario equivalente es de suma importancia, fundamentalmente por la utilización que de ambos parámetros para el cálculo de la capacidad y de los niveles de servicio que efectúa el HCM 2010.

El volumen es el número real de vehículos, observados o pronosticados, que pasan o van a pasar por un punto o sección uniforme de un carril o de una calzada durante un lapso especificado, mientras que el volumen horario equivalente representa el número de vehículos que pasan por un punto o sección uniforme de un carril o de una calzada, durante un intervalo de tiempo menor que una (1) hora, pero expresado como una relación horaria equivalente.



El volumen horario equivalente es determinado tomando el número de vehículos observados durante un período de tiempo menor que la hora y dividiéndolo por ese lapso expresado en horas.

Esta situación puede resultar muy seria debido a que el dinamismo con que se disipe ese quiebre de la corriente de tránsito, puede hacer extender, o no, los efectos de la congestión varias horas después de que ocurra el colapso.

El volumen horario equivalente está vinculado con los volúmenes horarios reales mediante el factor de la hora pico, el cual es definido como el cociente entre el volumen horario total y el máximo volumen horario equivalente dentro de la hora.

C. Volumen horario máximo anual (VHMA)

Máximo volumen horario que pasan por un punto o sección de un carril, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año. Los volúmenes de tránsito son ampliamente utilizados para la planeación, proyecto, usos comerciales, seguridad e investigación por tanto los tránsitos promedios son los necesarios para determinar la cantidad de vehículos dentro de un periodo de tiempo ya sean por día, semanales, mensuales, anuales.

D. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o secciones del carril durante 60 minutos consecutivos...” Las variaciones de volúmenes en ciertos horarios en algunas intersecciones, avenidas y calles, son diferentes, esto por el incremento o disminución de volumen existente por el cambio de horario, para determinar planeaciones, operaciones en necesario mencionar que el VHMD en los diversos puntos es muy necesaria.

E. Volumen horario de proyecto. (VHP)

Para la AASHTO (2001) Como los volúmenes de demanda en el año de diseño van a variar de hora en hora, es preciso escoger uno de esos volúmenes como volumen horario de diseño (VHD). Para vías urbanas sugiere que para cada semana del año de diseño se estime el valor del máximo volumen en las horas picos (diarias) y se designe el VHD como el promedio de esos valores...”

El volumen horario de proyecto de manera general son las determinadas en periodos elevados que encuentra el ingeniero para estimar valores de demanda que varía constantemente y que va cambiando por lo general aumentando a lo largo del tiempo.



F. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.

Para (Cal y Mayor, 2007) La determinación de la hora de máxima demanda se llama factor horario de máxima demanda FHMD y se da como:

Dónde:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Qmax)}$$

N= número de periodos durante la hora de máxima demanda

VHMD= volumen horario de máxima demanda

Qmax= volumen máximo, puede ser 5,10 o 15 minutos...

El Manual de Diseño Geométrico Urbano nos indica que se pueden tomar valores como:

Qmax = 15 min, N es dividido entre la cantidad de minutos (5,10 o 15) en una hora a utilizar.

2.2.3.3. Características Del Tránsito

• Variables Básicas del Flujo Vehicular

Sólo se tratará de la descripción de las características básicas del flujo del tránsito para las condiciones de operación.

Existen dos variables del flujo vehicular que son consideradas básicas: el volumen y el volumen horario equivalente, las cuales pueden ser empleadas para describir las condiciones de operación de cualquier tipo de vía urbana.

Los procedimientos de cálculo utilizados por el HCM 2010 emplean el volumen y el volumen horario equivalente como una variable común para las condiciones de operación interrumpida, mientras que la velocidad y la densidad se emplean, fundamentalmente, para el análisis del flujo ininterrumpido.

2.2.3.4. Oferta Y Demanda Vehicular

2.2.3.4.1. Oferta

La oferta vial o capacidad representa la cantidad máxima de vehículos que finalmente pueden desplazarse o circular en dicho espacio físico (Ramón, 2012).

La oferta vial es caracterizada por su capacidad con base en el número de carriles y las velocidades de desplazamiento (Bayas ,2011).



2.2.3.4.2. *Demanda*

La demanda vehicular es la cantidad de vehículos que requieren desplazarse por un determinado sistema vial u oferta vial. Se tienen también a los vehículos en cola, esperando a circular (Ramón, 2012).

Un exceso de demanda vehicular obstruye el paso, la circulación o el movimiento de algunos vehículos, en razón que la demanda supera la oferta. Por ello se considera importante la aplicación de los modelos durante la ocurrencia de la congestión (Jiménez & Salas, 2017).

2.2.3.4.3. *Relación entre ambas*

Para observar si la operación vehicular se da en condiciones de flujo estable o saturado, es necesario comparar estos dos elementos. Para tal efecto, ellos se expresan en las mismas unidades, por lo que la oferta vial se puede indicar en términos de sección transversal o capacidad. De esta manera, la oferta vial o capacidad representa la cantidad máxima de vehículos que finalmente pueden desplazarse o circular en dicho espacio físico (Ramón, 2012). A continuación, se muestran las principales relaciones que podemos identificar dentro de un determinado sistema vial:

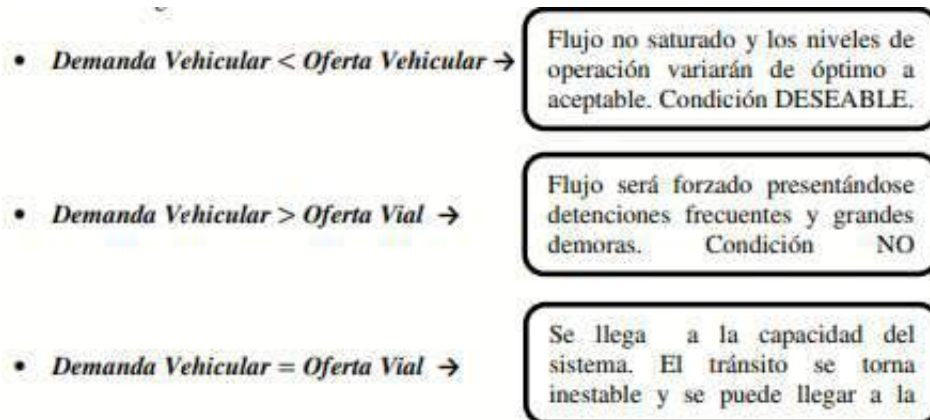


Figura 8: Comparación de las principales relaciones entre demanda vehicular y oferta vial

Fuente: (Ramón, 2012)

2.2.3.5. *Evaluación Del Flujo Vehicular*

Mediante los elementos del flujo vehicular podemos entender características y diversos comportamientos, estos son requisitos mínimos para la planeación, operación de un sistema de transporte. Mencionaremos algunos conceptos necesarios para determinar algunas características fundamentales del flujo vehicular.

Para el Board, Transportation Research (HCM 2010) existen 2 clases de flujos y son:



A. Flujo ininterrumpido: Autopistas, camino multicarril, camino de dos carriles.

B. Flujo interrumpido: Intersección semaforizada, intersección no semaforizada, arteria urbana, transporte público, peatones - Acera, bicicletas, etc.

En la Ciudad del Cusco, las avenidas y calles son en su mayoría las que mantienen un flujo interrumpidas con excepción de las calles de doble carril a las afueras de la ciudad, por la presencia de intersecciones semaforizadas, presencia de peatones esto por encontrarse en una arteria urbana.

Para (Cal y Mayor, 2007) existen variables relacionadas con el flujo e intervalos son:

$$q = \frac{N}{T}$$

Tasa de flujo (q) y volumen (Q).- Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección se calcula mediante la siguiente expresión:

N= número de vehículos

T= tiempo específico

Q= tasa de flujo

Los intervalos son:

A. Intervalo simple h_i : Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

B. Intervalo promedio (\bar{h}): Es el promedio de todos los intervalos simples h_i existente entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad (s/veh) y se calcula mediante:

$$h = \frac{\sum h_i}{(N - 1)}$$

Dónde:

N = número de vehículos (veh)

N - 1 = número de intervalos (veh)

Si observamos las unidades del intervalo promedio \bar{h} (s/veh) son unidades inversas a la de la tasa de flujo anteriormente mencionada, entonces podríamos plantear la siguiente expresión:

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



También podemos observar variables relacionadas con la densidad (k) y se definen como:

Densidad o concentración (k)

Es el número N de vehículos que ocupan una longitud específica (d) para el HCM 2010 la densidad se promedia en el tiempo y se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km) o en automóviles por kilómetro (aut/km)...”, ya sea referido a un carril o a todos los carriles por calzada.

$$k = \frac{N}{d}$$

Para (Cal y Mayor, 2007) los espaciamientos son denominados como:

A. Espaciamiento simple (s_i)

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

B. Espaciamiento promedio (\check{s})

Espaciamiento promedio de todos los espaciamientos simples dado por la fórmula:

$$\check{s} = \frac{\sum s_i}{N - 1}$$

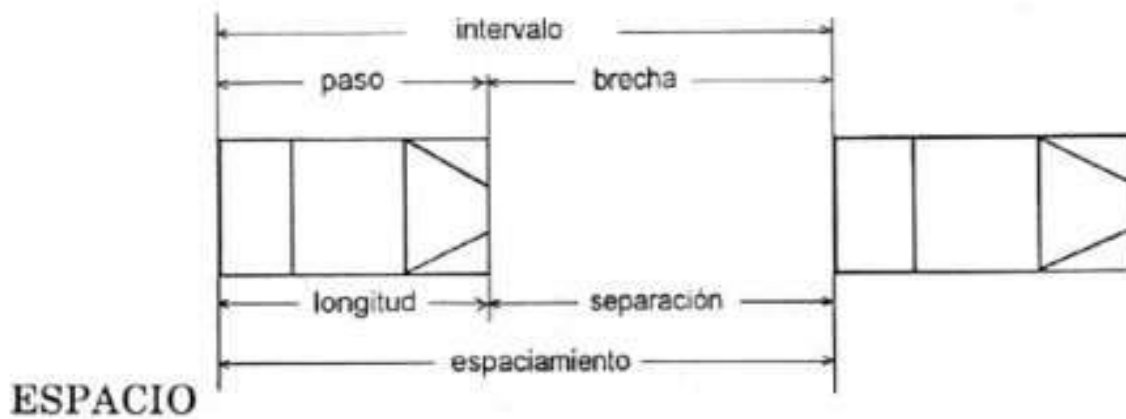
Si observamos las unidades del espaciamiento promedio \check{s} (m/veh) son unidades inversas a la densidad (veh/m) anteriormente mencionada, entonces podríamos plantear la sig. Expresión:

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

Figura 9: Relación tiempo - espacio



TIEMPO



ESPACIO

Fuente: Cal & Mayor, 2007

Los espaciamientos o intervalos y la separación se definen como conceptos distintos; los espaciamientos es la longitud o distancia existente entre las partes traseras de los vehículos, en cambio la separación es la longitud o distancia entre la parte trasera y delantera del vehículo que se encuentra en la parte de atrás.

2.2.3.6. Evaluación De La Congestión Vehicular

Significado analítico de la congestión. Para (Egües, 2018) la congestión de tránsito es la situación que se crea cuando el volumen de demanda de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos...”

Para (Cal y Mayor, 2007) puede decirse que cada entidad consume un tiempo promedio (t_p) en ser procesado (servido) de:

$$t_p = \frac{1}{u}$$

λ = tasa de llegada por unidad de tiempo

u = capacidad por unidad de tiempo

Si las entidades llegan a una tasa λ por unidad de tiempo entonces el tiempo total de procesamiento T_t (tiempo total) por entidad será:

T_p , para $\lambda < u$, para valores menos a u las colas se pueden formar.

α , para $\lambda > u$, significa que el sistema colapsa y existe una completa congestión.



A. Elementos de un Sistema de Filas de Espera

- **Las llegadas (demanda):** también llamado características de entrada: Las llegadas pueden ser expresadas en términos de tasas de flujos (veh/hora) o intervalos de tiempo (seg/vehículos).
- **Los servicios (capacidad):** también llamado características de salida expresada como tasas de flujos o intervalos de tiempo pueden ser de tipo determinístico o probabilístico.

En la mayoría de los sistemas viales el procedimiento de servicios consiste en que primero sale quien primero llega, así por ejemplo un fenómeno de régimen D/D/1, supone llegadas y salidas de tipo determinístico, por otra el régimen M/M/1 supone llegadas y salidas de tipo probabilístico, utilizando el método determinístico tenemos:

Tabla 2: de fórmulas para capacidad y demanda

<ul style="list-style-type: none"> ▪ tiempo para que se disipe a cola después de empezar el verde efectivo (t_0) 	$t_0 = \frac{\lambda r}{u - \lambda}$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Factor de utilización o intensidad de tránsito (p) ▪ Rojo efectivo (r, en seg) 	$p = \lambda / s t_0 = p r / (1 - p)$	$r = C - g$
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporción del ciclo con cola (P_q) 	$P_q = \frac{\text{tiempo en cola}(r + t_0)}{\text{longitud del ciclo}(C)}$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporción de vehículos detenidos (P_s) 	$P_s = \frac{t_0}{pC}$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud máxima de la cola (Q_m, en veh): (demanda menos el servicio) 	$Q_m = \lambda \cdot r$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud promedio de la cola mientras exista (Q_q, en veh) 	$Q_q = \frac{Q_m}{2}$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud promedio de la cola por ciclo (Q, en veh) 	$Q = \frac{r + t_0}{C} \cdot \left(\frac{\lambda r}{2}\right)$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demora máxima que experimenta un vehículo (d_m, en seg) 	$d_m = r$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demora total para todo el tránsito por ciclo (D, en s-veh) 	$D = \frac{\lambda r^2}{2(1 - p)}$	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demora promedio del tránsito por ciclo (d, en s-veh) 	$d = \frac{r^2}{2C(1 - p)}$	

Fuente: Cal & Mayor, 2007



En situaciones de congestión en donde los parámetros de llegada y de servicios son elevados, de manera general si tenemos varias intersecciones, cuellos de botella en incremento de congestión se verá reflejado en lo mencionado, la que posteriormente las variables de flujos serán tomadas como promedios de estos.

A. Flujo Ininterrumpido

Los caminos que poseen las características de flujo ininterrumpido no tienen elementos externos a la corriente del tránsito, tales como semáforos, que puedan interrumpir el mismo. Cuando se tiene un camino que opera en estas condiciones, las características de operación de los vehículos que por él circulan son el resultado de la interacción entre los vehículos existentes en la corriente de tránsito y entre los vehículos y las características geométricas y del medio ambiente en el cual se desarrolla el camino.

B. Flujo Interrumpido

Los caminos que poseen las características de flujo interrumpido poseen elementos fijos que pueden interrumpir la corriente vehicular. En esos elementos se incluyen los semáforos, las señales de pare y cualquier otro dispositivo de control del tránsito, cuya presencia origina la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de su velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes.

Los términos “flujo ininterrumpido” y “flujo interrumpido” sólo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado instante circula por el mismo.

En general cuando, en los dos tipos de caminos antes mencionados, existen semáforos que están espaciados a más de 3200 m, pueden darse, las condiciones de flujo ininterrumpido.

En aquellos casos en que la separación entre semáforos sea menor a esos 3.200 m el camino es clasificado como “arterial” y el flujo se considera entonces como interrumpido. En consecuencia, tanto en los caminos multicarril como en los de dos carriles, a menudo resulta necesario analizar los puntos en los que se producen interrupciones fijas.

En el análisis de los caminos con flujo interrumpido debe tomarse en cuenta el impacto de las interrupciones fijas. Así por ejemplo un semáforo limita el tiempo disponible para los distintos movimientos del tránsito de la intersección en la cual están emplazados. En consecuencia, la capacidad queda limitada no solo por el espacio físico proporcionado por la intersección, sino también por el tiempo disponible para los distintos movimientos de la corriente de tránsito.

Los procedimientos de cálculo indicados en el Manual de Capacidad no abordan explícitamente las condiciones de operación en aquellas secciones con intersecciones semaforizadas muy



cercanas. En estas condiciones, deben considerarse distintas características exclusivas, incluyendo la potencial colmatación de la intersección por parte de los vehículos que ya pasaron el semáforo, los efectos, de las colas que se forman corriente abajo, sobre la saturación del flujo existente corriente arriba y una inusual dispersión o concentración de los pelotones de vehículos entre intersecciones.

El análisis de capacidad constituye una serie de procedimientos para la determinación de la aptitud que tienen los distintos tipos de caminos para permitir la circulación del flujo vehicular dentro de un cierto número de distintas condiciones de operación, perfectamente definidas y como consecuencia de ello, ese análisis proporciona una serie de procedimientos para el estudio de los caminos existentes, como así también para la planificación y diseño, tanto de las mejoras a introducirles, como para la concreción de nuevas rutas.

Uno de los principales objetivos del análisis de la capacidad lo constituye la determinación del máximo número de vehículos que puede circular por un determinado camino, con una razonable seguridad, dentro de un determinado período de tiempo.

2.2.3.7. Estudio De Volúmenes

Los estudios de volúmenes de tránsito se realizan para determinar el número de vehículos que pasan por un conjunto de puntos específicos pertenecientes a un mismo sistema vial. Estos estudios varían desde los muy amplios en un sistema de caminos hasta recuentos en lugares específicos tales como túneles, puentes o intersecciones con semáforos.

Los volúmenes de tránsito se caracterizan por ser dinámicos, ya que las distribuciones temporales de los volúmenes son producto de las costumbres y estilos de vida de la población, los cuales hacen que las personas sigan patrones de viaje durante un tiempo, ya sea en horarios, días, o temporadas específicas.

Para la determinación del volumen de tránsito se realizan aforos vehiculares, los cuales son registros del número de vehículos que pasan por un punto o intersección, la cual se efectúa en períodos elegidos a discreción de acuerdo a las características del estudio que se desee obtener.

2.2.3.7.1. Método de aforo

- **Aforos manuales**

Este método de aforo fue el utilizado en el presente trabajo, debido a que se emplea personal cualificado para su realización, cuya metodología es sencilla: el personal cumple la función de



observador, el cual se coloca en una sección de la vía y realiza un conteo visual y registrado de todos los vehículos que circulan a través de ella.

Este método de aforo permite distinguir distintas características de los vehículos que circulan, tales como: tipo de vehículo, tipo de placa, modelo de vehículo, entre otros, además de poder registrarse todos los movimientos que hacen los vehículos, lo cual es imprescindible al momento de efectuar la labor en alguna intersección, pero su principal inconveniente es el periodo de duración de la toma de datos, ya que su alto costo hace que generalmente estos no pasen de 24 horas.

2.2.3.8. Capacidad Y Niveles De Servicio

2.2.3.8.1. Capacidad

La capacidad de una sección de una carretera, o también llamada oferta vial, es el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo, para unas condiciones particulares de la vía y del tráfico sin que se dé el colapso de dicha vía.

La capacidad depende de las propias características de la vía (geometría y estado de pavimento), y del tráfico, teniendo en cuenta la regulación de circulación existente, como limitaciones ambientales y meteorológicas.

2.2.3.8.2. Nivel de servicio

Este término fue introducido por el Manual de Capacidad del Transportation Research Board, el cual sirve para la cualificación de la calidad que la vía ofrece a los usuarios.

Ante esto el Manual de Capacidad propone una clasificación de nivel de servicio para vías urbanas, las cuales tienen como característica central sus flujos regulados por semáforos u otros dispositivos de control, es por tal motivo que la determinación de nivel de servicio se hace sobre las intersecciones presentes en la vía. Este parámetro depende de factores tales como: anchura de la sección, pendiente, número de carriles, estacionamientos, trazado, tipos de vehículos y ciclos semafóricos.



2.2.3.8.3. *Determinación del nivel de servicio*

Se basa en el cálculo de la demora generada por la intersección en base a la intensidad y capacidad que presenta.

- **Capacidad real**

Se denomina así a la capacidad ideal de la intersección ajustada por todos los factores que modifican su comportamiento.

La fórmula está definida por la siguiente expresión

$$Cr = 1900 * N * fw * fhv * fg * fp * fbb * flu * flt * frt * flpb * frpb$$

Donde:

1900 = Capacidad ideal para un carril (veh/h)

N= Número de carriles

fw= Factor de ajuste por ancho de carril

fHV= Factor de ajuste por vehículos pesados

fg= Factor de ajuste por inclinación de rasante

fp= Factor de ajuste por presencia de estacionamientos

fbb= Factor de ajuste por presencia de paradero de buses

fa= Factor de ajuste por tipo de área

flu= Factor de ajuste por utilización de carril

flt= Factor de ajuste por giro a la izquierda

frt= Factor de ajuste por giro a la derecha

flpb= Factor de ajuste de peatones por giros a la izquierda

frpb= Factor de ajuste de peatones por giros a la derecha



Tabla 3: Clasificación y Descripción de los Niveles de Servicio según el HCM

Variable	Fórmula
f_w	$1 + \frac{W - 3.6}{9}$
f_{kv}	$\frac{100}{100 + 9k_v(Et - 1)}$
f_{θ}	$1 - \frac{9k_G}{200}$
f_p	$\frac{(N - 0.1 - \frac{18 + Nm}{3600})}{N}$
f_{bb}	$\frac{(N - \frac{14.4 + Nb}{3600})}{N}$
f_o	0.9 , En zonas comerciales 1 , En todas las zonas restantes
f_{lu}	$\frac{V_{\beta}}{V_{\beta 1} + N}$
f_{tt}	0.95 , Con carril exclusivo de giro $\frac{1}{1.0 + 0.05P_{lr}}$, Con carril compartido de giro
f_{rt}	0.85 , Con carril exclusivo de giro $1.0 - (0.15) + P_{rt}$, Con carril compartido de giro $1.0 - (0.135) + P_{rt}$, Con un solo carril
f_{tpb}	$1.0 - P_{tr}(1 - A_{pbtr}) + (1 - P_{tra})$
f_{rpb}	$1.0 - P_{rt}(1 - A_{pbtr}) + (1 - P_{rta})$

Fuente: Marcatoma, 2016

2.2.3.8.4. Determinación de tipo de llegada

El tipo de llegada es un factor muy importante en la determinación del nivel de servicio, pues refleja el comportamiento de los flujos vehiculares en el periodo de luz verde del semáforo que regula una vía. El HCM propone seis tipos de llegada:



Tabla 4 Clasificación y Descripción de tipos de llegada según el HCM.

Tipo de llegada	Descripción
1	Llegada densa de vehículos que representa alrededor del 80% de volumen de los carriles, la cual generalmente sigue hasta después de comienzo de la luz roja. Es el tipo de llegada más desfavorable.
2	Llegada moderada de vehículos, presenta llegadas de entre el 40% y 80% del volumen de los carriles, además de presentar llegadas en la mitad del tiempo de rojo.
3	Llegadas aleatorias de menos del 40% de volumen en los carriles, presente generalmente en intersecciones reguladas no interconectadas.
4	Llegadas moderadas en medio de la luz verde, con volúmenes entre el 40% y 80% en los carriles de la vía, esta situación resulta favorable para la circulación en la intersección.
5	Llegadas moderadas con más del 80% del volumen de los carriles, las cuales suceden al comienzo de la luz verde, esto genera una buena calidad de avance. Ocurren en rutas con tráfico bajo a moderado con prioridad de avance.
6	Representa una calidad excepcional de avance, presente en intersecciones con tráfico denso en un sentido y cruces con vías cuyo tráfico es prácticamente despreciable.

Fuente: Marcatoma, 2016

Esta clasificación sirve para determinar un factor aplicable a los tiempos de demora que se calcularán posteriormente, el cual está definido por la siguiente ecuación:

Donde:

$$PF = \frac{1 - p}{1 - \frac{G}{C}}$$

PF = Factor de ajuste de demora para calidad de avance

P = Proporción de vehículos que llegan en verde

g/C = Proporción de tiempo de verde respecto al ciclo

2.2.3.8.5. Determinación de demoras

Con los datos anteriormente obtenidos, se podrá determinar la demora en el acceso de trabajo en la intersección, la cual según el HCM está definida por la siguiente ecuación:



$$d = d_1 * PF + d_2 + d_3$$

d = Demora por vehículo en el grupo de carriles

d1= Demora asumiendo llegadas uniformes

PF = Factor de ajuste de demora para calidad de avance

d2= Demora adicional por efecto de llegadas aleatorias y colas de sobresaturación, ajustadas por periodos de análisis y tipo de control semafórico.

d3= Demora debida a la presencia de colas en el inicio del periodo de análisis.

- **Demora asumiendo llegadas uniformes**

Esta demora asume una llegada uniforme de vehículos hacia la intersección en análisis, es por tal motivo que su valor se ve ajustado por el factor de ajuste de demora para calidad de avance, la cual refleja la configuración de llegadas hacia la intersección, la ecuación para la demora de llegadas uniformes está dada por el HCM como:

Donde:

$$d_1 = \frac{0.5 * C * (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \min(1, x) * g/C}$$

$$x = \frac{1}{C}$$

d1= Demora asumiendo llegadas uniformes (s/veh)

C = Duración de ciclo (s)

g/C = Relación de tiempo de verde y duración total del ciclo.

x = Índice de relación intensidad – capacidad.

I/C = Relación entre la intensidad vehicular de la vía y la capacidad real.



- **Demora adicional por efecto de llegadas aleatorias y colas de sobresaturación**

Es usada para estimar el incremento de demoras a causa de llegadas no uniformes, fallas temporales en el ciclo y periodos de sobresaturación. Esta demora es sensible al grado de saturación de la vía, el periodo de análisis, la capacidad de la vía y el tipo de control semafórico, la cual está reflejada en el factor de demora por tipo de control (k). La siguiente ecuación asume que hay o no hay demanda insatisfecha que cause un estado inicial de colas en el inicio del periodo de análisis (T), la ecuación propuesta por el HCM es:

$$d_2 = 900 * T * [(x - 1) +] \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8 * k * l * x}{c + T}}$$

Donde:

d_2 = Demora adicional por efecto de llegadas aleatorias y colas de sobresaturación.

T = Periodo de análisis (s)

k = Factor de demora por tipo de control semafórico.

x = Índice de relación intensidad – capacidad, o grado de saturación.

c = Capacidad real de la vía

l = Factor de ajuste por permeabilidad

2.2.3.8.6. Longitud de cola

En cada acceso cercano a una intersección semaforizada se formará una cola, la cual dependerá del patrón de llegada de cada uno de los vehículos que la conforman y del número de vehículos que no consiguieron salir del acceso durante el tiempo de verde efectivo.

Es posible determinar la eficiencia de una intersección semaforizada mediante la cuantificación de las colas que se generan.

Existen tres magnitudes de cola que son relevantes y a continuación se procederá a explicarlas en la figura que a continuación las engloba:

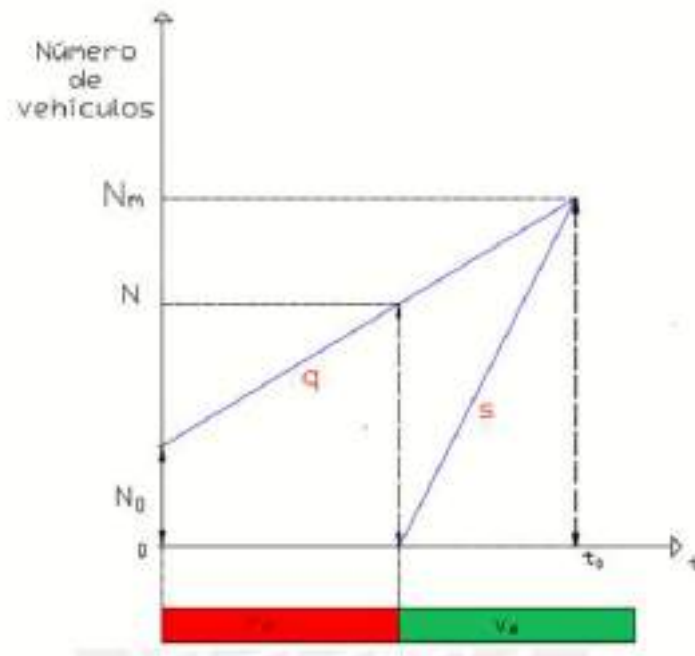


Figura 10: Magnitudes existentes de colas en los semáforos

Fuente: Ramírez A., 2019

En la figura anterior se pueden identificar los distintos tipos de colas que podrían formarse en una intersección semaforizada.

La cola excedente representada por el parámetro (N_0); la longitud máxima de la cola (N), que representa la longitud de la cola cuando se inicia el tiempo de verde efectivo; y la extensión máxima de la cola (N_m) que representa la longitud máxima de vehículos generada por la llegada de estos durante el transcurso del tiempo de verde efectivo uniéndose a la cola aun existente.

2.2.4. Herramientas De Simulación De Tráfico

2.2.4.1. Modelo Ptv Vissim

Vissim es un software de simulación, diseñada para simular a nivel microscópico el tránsito de manera multimodal, es decir que se puede simular la interacción de los distintos modos de transporte que intervienen.

En el presente caso se utiliza el modelo de simulación a nivel microscópico, es decir que podemos ver en detalle cada vehículo, observando que ruta elige cada uno, si realizan cambios de carril, la separación entre ellos, etc.

El software permite representar los detalles de la infraestructura de la red analizada, es decir número de carriles, ancho, pendiente, curvaturas, etc. Otra de las virtudes de este software es



que nos permite trabajar sobre una imagen de fondo que puede ser importada de algún sistema de información geográfica como Google Maps o Google Earth o bien trabajar sobre el mapa que trae incorporado el programa.

Respecto a la variable tráfico, el modelo nos permite ingresar el volumen horario, la composición (por defecto el software tiene una composición, que es modificable, pre-establecida que contempla un cierto porcentaje de vehículos pesados y livianos) y la velocidad promedio. Una vez definida la infraestructura y la variable de tráfico, podemos asignar el porcentaje que corresponde a cada ruta, las prioridades, el rango de aceleración y desaceleración. El simulador permite recrear medidas de control de tránsito como son las señales de Stop o los semáforos; respecto a los semáforos el programa permite recrear el grupo de semáforos aplicado en la realidad, con su respectivo ciclo y reparto de verde.

Por último, podemos mencionar que las herramientas de evaluación del simulador permiten ver una amplia variedad de resultados, por lo que el usuario debe configurar para obtener los resultados que le sean útiles, durante la configuración podemos pedir que nos devuelva algunas variables puntuales o pedir una evaluación integral con la función nodo. Luego de configurar la evaluación le damos iniciar a la simulación y obtendremos los datos de la corrida que luego deben ser procesados para hacer un análisis final. (Belloti, 2019).



2.2.4.1.1. Datos para simulación

Los datos necesarios para poder realizar la simulación de manera adecuada son los siguientes:

- Características geométricas de cada vía.
- Volúmenes vehiculares de cada vía.
- Volúmenes peatonales de cada vía.
- Rutas vehiculares de cada vía.
- Velocidades vehiculares.
- Características Semafóricas de las vías.

2.2.4.1.2. Numero de semilla

Los análisis dentro del modelo PTV Vissim se valen de números aleatorios generados a partir de un valor inicial o semilla, esto genera que cada simulación tenga su escenario particular según sea el número de semilla asignado. Esto en el modelo PTV Vissim se observa como el cambio de comportamiento de los conductores y los tipos de vehículos participantes. Cada vez que se cambien los números denominados semillas, los parámetros variaran generando diferentes patrones de conducta y flujo vehicular (Medina & López, 2018).

Cada semilla generada provocara que la interacción entre vehículos sea diferente, y esto debido a que cada conductor analiza la aceleración, desaceleración, análisis de velocidad, distancia segura, necesidad de cambio de carril debido al estilo de manejo o por el adelanto de un vehículo más rápido que otro (PTV GROUP, 2015).

2.2.4.1.3. Numero de corridas

La Federal Highway Administration (FHWA) recomienda el siguiente proceso de análisis para determinar el número mínimo de corridas, se debe evaluar el modelo desarrollado con un mínimo de 15 corridas (Alcalá, 2016).

2.2.5. Restricciones Vehiculares

Como consecuencia de los altos índices de contaminación y tráfico, varios países alrededor del mundo han implantado medidas de restricción vehicular con el fin de mantener la calidad de vida de sus ciudades.

En Latinoamérica, algunas urbes como Río de Janeiro, São Paulo, Ciudad de México, Santiago de Chile y Buenos Aires están entre las 21 ciudades más contaminadas del mundo. Por esta



razón varias de ellas han buscado formas de detener o al menos mitigar el efecto de la fuente de mayor contaminación atmosférica en las grandes urbes, el uso de vehículos motorizados. (Cabrera & Guerrero, 2005).

2.2.5.1. Definición De Restricción Vehicular

La restricción vehicular consiste en prohibir la circulación de una parte de los vehículos en determinadas zonas y lapsos de tiempo, los días lunes a viernes. Esta medida se ha aplicado para reducir la congestión o la contaminación ambiental; por consiguiente, según sea lo que se persigue, deberían ser diferentes sus modalidades de aplicación. El enfoque aquí es el de enfrentar la congestión por la vía de evitar la circulación de cierto número de vehículos en la zona restringida, aunque por contraste hay referencias al control de la polución (Bull, 2003).

La restricción vehicular es una medida de gestión de la demanda de transporte usada para establecer prohibiciones a la circulación de diversas clases de vehículos, con horarios y zonas (corredores, avenidas, etc.) definidas. Estas restricciones son usualmente creadas por los gobiernos y autoridades nacionales públicas, con el fin de regular el uso de la red vial, principalmente durante las horas pico para reducir la congestión vehicular y disminuir los niveles de contaminación atmosférica producidas por los vehículos. Es una estrategia que permite un uso más eficiente y equitativo del sistema de transporte urbano, evitando así grandes inversiones en infraestructura vial o la asignación de más espacio urbano para los autos. Este tipo de restricción artificial de la demanda ante la escasez de capacidad vial se denomina en economía como racionamiento del espacio vial (Wikipedia, 2021).

2.2.5.2. Casos De Restricción Vehicular En América Latina

2.2.5.2.1. Bogotá

La necesidad de una medida de control vehicular se hacía necesaria desde 1995, pues estudios reflejaban que el total de viajes personales era equivalente a 11 millones y se pronosticó que para el año 2020 llegaría a los 17 millones. (Cabrera & Guerrero, 2005).

Ante esto se planteó una medida de restricción, con el único motivo de emplearse directamente en las horas punta de Bogotá, es así, que en 2001 se tuvo una restricción vehicular en base al último número de placa que sacó de circulación al 40% del total de vehículos en dos horarios de alta densidad vehicular. Posteriormente se redujo la restricción a 20% debido a la gran inconformidad por parte de los trabajadores, es de esta manera que los horarios de restricción también sufrieron una serie de cambios, hasta el horario que se maneja en la actualidad. (Marcatoma, 2016).



SE #	FE #	FE Día	Pico y placa Transporte Pública Colectiva Ambiental: Ruta Superada temporalmente	Pico y placa Transporte Público Colectivo: Ruta Superada temporalmente	Pico y placa Transporte Público Individual - Taxi	Pico y Placa servicio de transporte Especial (autobús, camioneta o camión de 4 pasajeros - se incluir conductor)	Pico y Placa vehículo particular	Restricción Comercio Vehículo Transporte - Carga
		1	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		2	8	1-2	5-6	9-0	NO APLICA	NO APLICA
		3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		4	0	9-0	3-2	1-2	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		5	1	3-2	3-6	3-6	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		6	2	5-4	5-6	5-6	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		7	3	5-6	7-8	7-8	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		8	4	7-8	9-0	9-0	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		9	5	9-0	1-2	1-2	NO APLICA	NO APLICA
		10	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		11	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		12	6	3-4	3-4	5-6	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		13	7	5-6	7-8	7-8	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		14	8	7-8	9-0	9-0	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		15	9	9-0	1-2	1-2	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		16	1	3-2	3-4	3-4	NO APLICA	NO APLICA
		17	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		18	2	3-4	5-6	5-6	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		19	3	5-6	7-8	7-8	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		20	4	7-8	9-0	9-0	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		21	5	9-0	1-2	1-2	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		22	6	3-2	3-4	3-4	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		23	7	5-6	7-8	7-8	NO APLICA	NO APLICA
		24	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
		25	8	3-4	5-6	7-8	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		26	9	5-6	7-8	9-0	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		27	0	9-0	3-2	3-2	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		28	1	3-2	3-4	3-4	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		29	2	5-6	7-8	5-6	1,2,4,6 y 8	NO APLICA
		30	3	3-4	5-6	7-8	NO APLICA	NO APLICA
		31	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

Figura 11: Calendario Pico y Placa 2021 en Bogotá

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Secretaria de Movilidad, 2021

2.2.5.2.2. México d.f.

La ciudad de México D.F ha sufrido grandes crecimientos demográficos a lo largo de su historia, lo cual la ha hecho convertirse en una de las ciudades más importantes en el mundo. Sin embargo, este crecimiento en la densidad poblacional, sumado a algunas circunstancias tales como: la migración del campo a la ciudad, el proceso de industrialización, las condiciones geográficas del Valle de México, la desorganizada red de transporte público y la demanda en el uso de automóviles; han causado insuficiencia en la oferta de la red vial, también un alto deterioro en las condiciones y calidad de aire. (Cabrera & Guerrero, 2005).

La calidad atmosférica para el año 1990 se consideraba gravemente precaria, por lo cual las autoridades recurrieron a medidas para la disminución de la contaminación en la ciudad, teniendo entre una de ellas a la restricción vehicular “Hoy no Circula”, cuyo objetivo fue el de reducir las emisiones contaminantes provenientes del parque automotor en un 20%, bajo un horario de circulación estricto de 5:00 am a 10:00 p.m. restringiendo así, la circulación de los vehículos mediante la terminación de su placa en 1 día por semana laborable.

Posteriormente se efectuaron medidas más agresivas como el “Doble Hoy no Circula”, la cual tendría la duración de un día y se ponía en marcha cuando los niveles de ozono y partículas suspendidas respirables (PM10) superaban los límites permitidos, restringiendo de esta manera el 50% de vehículos en circulación (Marcatoma, 2016).



De esta manera se atenuaron tanto congestión vehicular como contaminación ambiental en Ciudad de México, el programa Hoy No Circula sigue vigente en 2021.

DÍA	LIMITACIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE LUNES A SÁBADO
HORARIO	De 5:00 a 22:00 horas
Lunes	Amarillo (5 y 6)
Martes	Rosa (7 y 8)
Miércoles	Rojo (3 y 4)
Jueves	Verde (1 y 2)
Viernes	Azul (9 y 0), permisos y matrículas sin número
Sábado	El primer y tercer sábado del mes los vehículos con holograma 1, placa terminación en impar. El segundo y cuarto sábado del mes los vehículos con holograma 1, placa terminación en par. Todos los sábados vehículos con holograma 2.

Figura 12: Medidas Para Limitar La Circulación De Los Vehículos Automotores (Hoy No Circula) en Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Fuente: Gobierno del Estado de México – Secretaria de Medio Ambiente, 2014

2.2.5.2.3. Santiago de Chile

Santiago de Chile es una de las ciudades con mayor cantidad de vehículos en circulación, los 5 millones de personas que realizan 11.1 millones de viajes diarios, los cuales 66% se realizan en vehículos particulares y públicos. Estas cifras traen consigo problemas inevitables como las congestiones vehiculares y contaminación, siendo esta última una de las más graves en América Latina (Marcatoma, 2016).

Las emisiones atmosféricas más significativas son las correspondientes al sector transporte que generan un total de 48% de todos los contaminantes. (Cabrera & Guerrero, 2005).

Por tales motivos se promovieron medidas como la restricción del 40% de vehículos en circulación desde las 6:00 a.m. hasta las 10:00 p.m., de manera conjunta a un sistema de control de contaminantes en suspensión que monitoreaba la contaminación las 24 horas del día, la cual fue posteriormente intensificada a una restricción de 50% de vehículos de transporte público y 20% de vehículos particulares, acompañado de una restricción de ingreso de los taxis al centro de la ciudad de 50% en 1989 (Marcatoma, 2016).



Tabla 5: Placas designadas para la restricción vehicular en el 2005 en Santiago de Chile.

ULTIMOS DIGITOS DE PLACA		
Periodo 2005	Sábado	Domingo
28/02 - 27/03	Impares	Pares
28/03 - 01/05	Pares	Impares
02/05 - 29/05	Impares	Pares
30/05 - 26/06	Pares	Impares
27/06 - 31/07	Impares	Pares
01/08 - 28/08	Pares	Impares
29/08 - 02/10	Impares	Pares
03/10 - 30/10	Pares	Impares
31/10 - 27/11	Impares	Pares
28/11 - 30/12	Pares	Impares

Fuente: Marcatoma, 2016

Estas medidas han ido modificándose hasta tener la restricción vehicular por rotación de placas del 2004, planteando horarios de restricción distintos para automóviles particulares, taxis, vehículos de carga y buses, esto de mano de un programa de emergencia que se activa cuando las emisiones nocivas exceden los límites establecidos, agudizando la restricción a 60% hasta que los niveles de contaminación disminuyan a un valor prudente (Marcatoma, 2016).

Por otro lado, en cuanto al desarrollo del sector transporte, es natural que las ciudades grandes sufran una creciente congestión de tráfico, la cual se refleja en aumento en tiempos de viaje, costos operacionales de los vehículos y contaminación ambiental, y Santiago de Chile no es la excepción a esta situación (Cabrera & Guerrero, 2005).

RESTRICCIÓN VEHICULAR
2020
AGOSTO

AUTOMÓVILES, STATION WAGONS Y SIMILARES, CATALÍTICOS INSCRITOS ANTES DE SEPTIEMBRE 2011

Restricción de 2 dígitos dentro del anillo de A.Vespucio.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
3 6-7	4 8-9	5 0-1	6 2-3	7 4-5
10 6-7	11 8-9	12 0-1	13 2-3	14 4-5
17 6-7	18 8-9	19 0-1	20 2-3	21 4-5
24 6-7	25 8-9	26 0-1	27 2-3	28 4-5
31 6-7				

Restricción aplicable desde el 01 de agosto al 31 de agosto de 2020. LUNES A VIERNES, EXCEPTO FESTIVOS DE 7:30 A 21:00 HRS.

Figura 13: Restricción de dos dígitos diarios en el perímetro interior del Anillo Américo Vespucio en la Región Metropolitana de Santiago

Fuente: Gobierno del Chile – Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020

2.2.5.2.4. São paulo

La ciudad de São Paulo en Brasil introdujo una restricción a la circulación de vehículos automotores en 1997 (conocido en portugués como rodízio veicular) también llamado Operação Horário de Pico por la Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), siendo esta una de las experiencias pioneras en el mundo, y funciona desde entonces con el propósito de reducir el congestionamiento en las principales arterias viales de la ciudad durante los horarios de mayor movimiento. El rodízio es regulado por la ley municipal 12.490 del 3 de octubre de 1997. (Prefeitura do Sao Paulo, 1997).

Actualmente el control de acceso y las multas es realizado mediante un sistema automático de detección de infracciones de tránsito, que funciona en conjunto con control manual de inspectores de tránsito destacados a esa labor (Wikipedia, 2021).



En mayo de 2014 la Municipalidad de São Paulo aprobó la Ley 15.997/14 que prevé que los vehículos eléctricos, híbridos eléctricos y los movidos a pila de hidrógeno que sean registrados en la ciudad estarán libres de la restricción vehicular de São Paulo. (Félix, 2014)

La alcaldía emitió el decreto que puso los beneficios en vigencia en setiembre de 2015. Inicialmente, la medida beneficia solamente 387 carros de pasajeros, entre híbridos y eléctricos, registrados en el municipio. (Universo Online (UOL), 2015)

La eficacia del rodízio es muy discutida y sus beneficios reales son cuestionados. Los defensores alegan que es un estímulo para compartir el automóvil, lo que llevaría a una mejor ocupación de los vehículos, además de estimular el uso del transporte público. Los críticos afirman que el problema del tránsito sólo sería solucionado si la restricción estuviera acompañada con una mejora sustancial del transporte público y el estímulo al uso de medios de transporte no contaminantes como fue realizado en otras grandes ciudades del mundo (Wikipedia, 2021).



Figura 14: Señales informando el inicio de la Zona de Restricción Vehicular en la Región metropolitana de São Paulo

Fuente: Wikipedia, 2021

2.2.5.3. Demanda Con La Aplicación De Restricción Vehicular

Se refiere a la demanda vehicular reducida, mediante una aplicación de restricciones, ésta demanda supone un nuevo volumen vehicular, el cual tiene como base la demanda actual, para la presente investigación se decidió tomar como referencia las restricciones vehiculares de las ciudades anteriormente investigadas, 50% y 20% son los porcentajes de reducción correspondientes a las medidas: Restricción vehicular por placas finalizadas en dos números y Restricción vehicular por placas finalizadas en cinco números, respectivamente.



2.2.5.3.1. Restricción vehicular por placas finalizadas en cinco números

Esta restricción se basa en la prohibición de la circulación de vehículos en un día y/u hora cuyas placas terminen en cualquiera de los cinco números correspondientes al día y/u hora de circulación o dividido en placas pares o impares, como se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 6: Patentes prohibidas de circular por modalidad de restricción vehicular al 50%

	Primera Semana					Segunda Semana				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Matrículas/Placas/Patentes	Impares	Pares	Impares	Pares	Impares	Pares	Impares	Pares	Impares	Pares

Fuente: Elaboración propia

Una restricción por números pares e impares representa una privación de la libre circulación en una zona determinada del 50% de vehículos.

2.2.5.3.2. Restricción vehicular por placas finalizadas en dos números

Esta restricción se basa en la prohibición de la circulación de vehículos en un día y/u hora cuyas placas terminen en cualquiera de los dos números correspondientes al día y/u hora de circulación, para ello se consideró la siguiente distribución de placas por día:

Tabla 7: Patentes prohibidas de circular por modalidad de restricción vehicular al 20%

	Primera Semana					Segunda Semana				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Matrículas/Placas/Patentes	1Y2	3Y4	5Y6	7Y8	9Y0	1Y2	3Y4	5Y6	7Y8	9Y0

Fuente: Elaboración propia

Una restricción por números pares e impares representa una privación de la libre circulación en una zona determinada del 20% de vehículos particulares.

La simulación se llevará a cabo con los nuevos volúmenes vehiculares, o sea la demanda reducida bajo restricciones, tomadas en base al último número de placa de los vehículos.

Se tuvo en cuenta que la patente de los vehículos en el Perú está compuesta por seis caracteres, siendo los primeros tres compuestas por letras, y las últimas tres, de carácter numérico, según el número de registro del vehículo, por lo cual se garantiza la homogeneidad de proporciones entre las cantidades de vehículos con último número de placa distinta. (Marcatoma, 2016)



2.2.5.4. Riesgo De Escenario De Tránsito Con Restricción Por Placa

La restricción vehicular actúa directamente sobre los vehículos particulares, esta medida prohíbe a un grupo de vehículos a circular libremente por un periodo de tiempo determinado, convirtiéndose así en un serio golpe a la rutina y movilidad de los usuarios, quienes por imposición se ven forzados a cumplir esta medida. Es por tal motivo que es muy probable que esta acción genere un gran rechazo en la población, la cual posiblemente se refleje en manifestaciones o contramedidas perjudiciales para el mejoramiento de la calidad del servicio de transporte que se pretende realizar. De manera similar a los países donde ya se dio esta situación, se puede tener en consideración contramedidas como: resistencia de la informalidad, aumento de la compra de vehículos con terminación de placa distinta (generalmente usado) – el cual significaría aumento de emisiones nocivas-, y congestiones marcadas en rutas alternas a la zona restringida. Es así, que se tendría el riesgo de presentar un corto periodo de mejora, seguido por un escenario con mayor cantidad y desorden vehicular; un escenario contrario al objetivo de la medida.

También puede manifestarse un número excesivo de vehículos de transporte público, suplantando a los particulares, y ésta contribuye a agravar la congestión, como se observa en algunas ciudades. Una de las características de los modelos económicos en vigor es la desregulación. En el área del transporte urbano de pasajeros, una desregulación amplia normalmente se traduce en una acentuada expansión de las flotas de buses y taxis y un deterioro del orden y la disciplina asociadas con su operación (Bull, 2003).

A pesar de estos eventos contraproducentes, existen investigaciones que evalúan la eficacia de la aplicación de estas medidas de restricción del tránsito, modificaciones en el horario de aplicación bastan para comprobar la efectividad del método, los viajes particulares serían absorbidos sin ningún inconveniente por el sistema de transporte público colectivo existente, es básicamente la proporción que desea establecer la investigación.

2.2.5.5. Atenuación De La Congestión Vehicular Por Reducción De Vehículos Particulares

Desde el punto de vista de la movilidad, en efecto, se comprueba que la posesión de un vehículo cambia notablemente las formas de comportamiento de las familias en relación a sus desplazamientos. En concreto, las familias que disponen de un vehículo realizan un mayor número total de viajes diarios, que las que no lo poseen, reduciéndose al mismo tiempo el número de viajes para los que usan el transporte público. Es decir, cuando una familia adquiere



su primer vehículo, reduce el número de sus viajes en transporte público, en una proporción en torno al 50 %, mientras aumenta el total de sus viajes en torno al 70%, para cuya gran mayor parte utilizará el vehículo privado (WOOTTON, 1993).

Unos cambios, sin duda, muy negativos para la movilidad urbana y la lucha contra la congestión, la contaminación, etc (Pozueta, 2000).

Algunos vehículos generan más congestión que otros. En la ingeniería de tránsito cada tipo de vehículo tiene asignada una equivalencia en una unidad de vehículos de pasajeros denominada pcu (passenger car unit). Un automóvil tiene una equivalencia de 1 pcu, y los demás vehículos, una equivalencia que corresponde a su influencia perturbadora sobre el flujo de tránsito, o el espacio vial que efectivamente ocupan, en comparación con la de un automóvil. Normalmente, se considera que un bus tiene una equivalencia aproximada de 3 pcu, y un camión, una de 2 pcu. Estrictamente, el factor pcu varía según se trate de una aproximación a una intersección o de un tramo vial entre intersecciones. Aunque el bus ocasiona más congestión que el automóvil, generalmente transporta más personas. Si un bus lleva 50 pasajeros, y un automóvil transporta, en promedio, 1.5 personas, entonces cada ocupante del automóvil produce 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero del bus. Por lo tanto, a igualdad de otras condiciones, la congestión se reduce si aumenta la participación de los buses en la partición modal de los viajes (Bull, 2003).

La obtención de resultados apreciables en cuanto a reducción de la congestión implica aplicar la prohibición a una fracción importante del parque vehicular, la que debe ser rotativa a lo largo de la semana. Habitualmente se ha optado por imponerla de lunes a viernes al 20% de los vehículos restringibles, aunque en condiciones de alta contaminación ambiental se puede superar esta proporción. La prohibición puede abarcar todo tipo de vehículos en forma pareja o bien exceptuar a algunos. Primordialmente sufren la restricción los vehículos de transporte particular: automóviles, incluyendo todo tipo de taxis, y camionetas (Bull, 2003).

No tiene sentido prohibir la circulación de buses, a menos que se trate también de combatir la contaminación, pues son precisamente ellos los que menos congestionan por pasajero transportado y constituyen una importante opción en el caso de tener que dejar guardado el auto propio (Bull, 2003).

2.2.6. Contaminación Del Aire

La contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura. Muchos de estos materiales nocivos entran en la atmósfera proveniente de



fuentes que, en la actualidad, se encuentran más allá del control humano. Sin embargo, en las partes más densamente pobladas del globo, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas (Miranda, 1996).

De manera genérica se puede definir como contaminante, toda materia o sustancia, sus combinaciones o sus derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualesquiera otros agentes que al incorporarse o adicionarse al ambiente, puedan alterar o modificar sus características naturales; también se considera como un contaminante a toda forma de energía, como calor, radiactividad y ruido, que alteren el estado natural del ambiente. (Bravo & Sosa, 2010).

2.2.6.1.Efectos De La Contaminación Del Aire

Se controla la contaminación del aire porque causa efectos nocivos sobre la salud humana, los bienes, la estética y el clima global. A continuación, se hará un resumen acerca de estos efectos sobre la salud humana y los bienes, así como sobre la visibilidad. (Gerard, 1999).

Sobre la salud humana el interés actual en la contaminación del aire y la salud está dirigido en su mayor parte a exposiciones a bajas concentraciones y de larga duración, las cuales conducen a efectos crónicos. Las exposiciones a altas concentraciones y de corta duración, las cuales conducen a efectos agudos, sólo ocurren en los accidentes industriales. Del gran número de sustancias en las emisiones vehiculares las que provocan efectos son las siguientes:

2.2.6.1.1. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es absorbido rápidamente por los pulmones y transportado en la sangre en donde se une con la hemoglobina (HB) formando carboxihemoglobina (COHB), alterando de esta forma la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, la disociación de la oxihemoglobina también se altera por la presencia de COHB en la sangre, dificultando de esa manera la oxigenación a los tejidos. Los principales factores que condicionan el ingreso del CO es su concentración en el aire inhalado, la generación endógena de CO, la intensidad del esfuerzo físico, la talla corporal, la condición de los pulmones y la presión barométrica. En la siguiente tabla se presentan los niveles esperados de COHB después de la exposición a concentraciones desde 11.5 hasta 115 mg/m³ durante diferentes tipos de actividad física. (Gerard, 1999). A continuación, se presenta una tabla de los niveles esperados de carboxihemoglobina proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).



Tabla 8: Niveles esperados de carboxihemoglobina

Concentración de monóxido de carbono		Tiempo de exposición	Nivel esperado de COHB para los individuos ocupados en:		
Ppm	mg/m ³		Trabajo sedentario	Trabajo ligero	Trabajo pesado
100	115	15 min	1.2	2.0	2.8
50	57	30 min	1.1	1.9	2.6
25	29	1 hora	1.1	1.7	2.2
10	11.5	8 horas	1.5	1.7	1.7

Fuente: OMS, 2006

El principal efecto del CO es la disminución del transporte de oxígeno a los tejidos. Los órganos que dependen de un aporte considerable de oxígeno son los que se encuentran en mayor riesgo, en particular el corazón y el sistema nervioso central. (Gerard, 1999). Los síntomas clásicos de la intoxicación por monóxido de carbono son mareo y dolor de cabeza a niveles de 10 a 30 por ciento de COHB; y serio dolor de cabeza, síntomas cardiovasculares y mal estado general a niveles superiores a 30 por ciento. Por arriba del 40 por ciento existe un riesgo considerable de coma y muerte. La exposición al CO también puede afectar directamente al feto a causa del déficit de oxígeno.

2.2.6.1.2. Óxidos de nitrógeno

El bióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas irritante que se absorbe a través de la mucosa de las vías respiratorias. En la inhalación se puede absorber entre 80 – 90 por ciento, aunque esta proporción difiere según sea respiración oral o nasal. La dosis máxima para el tejido pulmonar es la unión entre las vías aéreas y la región del intercambio pulmonar. Como el NO₂ no es muy soluble en las superficies húmedas las vías aéreas superiores retienen solamente una pequeña fracción de los óxidos de nitrógeno inhalado (OMS, 2006). Los niveles de bióxido de nitrógeno que no deben ser excedidos son respectivamente 400 µg/m³ (0.21 ppm) durante una hora y 150 µg/m³ (0.08ppm) durante 24 horas (OMS, 2006).



Tabla 9. Efectos para la salud humana por los NOx

Efecto para la salud	Mecanismo
Aumento de la incidencia de infecciones respiratorias.	Disminución de la eficacia de las defensas pulmonares.
Aumento de la gravedad de las infecciones respiratorias.	Disminución de la eficacia de las defensas pulmonares.
Síntomas respiratorios.	Lesión de las vías aéreas.
Reducción de la función pulmonar.	Lesión alveolar y de las vías respiratorias.
Empeoramiento del estado clínico de las personas con asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica o de alguna otra alteración respiratoria.	Lesión de las vías aéreas.

Fuente: OMS, 2006

En algunas ocupaciones los trabajadores están expuestos de manera intermitente a altas concentraciones de óxidos de nitrógeno, particularmente NO y NO₂. El espectro de los efectos patológicos en el pulmón que resultan de la exposición ocupacional a los óxidos de nitrógeno oscilan desde una respuesta inflamatoria leve en la mucosa del árbol traqueo bronquial por bajas concentraciones hasta bronquitis bronconeumonía y edema pulmonar agudo por altas concentraciones (OMS, 2006).

2.2.6.1.3. Contaminante dióxido de azufre.

El dióxido de azufre puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, y causa irritación ocular. La inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa y agravamiento del asma y la bronquitis crónica; asimismo, aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio. Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles del dióxido de azufre son más elevados. En combinación con el agua, el SO₂ se convierte en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación.

Al penetrar en las vías respiratorias, los óxidos de azufre destruyen los cilios del epitelio del sistema pulmonar, que tienen la función de evacuar partículas de polvo y aerosol de los



bronquios. Este efecto se ve principalmente en los niños y se manifiesta por una tos seca y fiebre, y en casos extremos, puede producir la muerte por asfixia (Organización Panamericana de la Salud, 2005). El dióxido de azufre afecta los ojos y la piel, las personas afectadas con mayor frecuencia son los trabajadores de las plantas en donde el dióxido de azufre se produce como derivado. Este contaminante se biotransforma en el cuerpo en un producto de descomposición que se mide en sangre y orina. Cuando alcanza las 20 ppm produce una fuerte irritación en ojos, nariz y garganta, incrementa la crisis asmática y empeora las alergias respiratorias (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

2.2.6.2. Concentración De Contaminantes

Es la cantidad de contaminante por unidades de volumen. Las concentraciones de los diversos agentes contaminantes en la atmósfera se expresan diferentes tipos de unidades, por ejemplo:

Unidades volumen/volumen: cm^3/m^3 o mm^3/m^3 .

Unidades de masa/volumen: mg/m^3 o $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Unidades de volumen/tiempo: $\text{tn}/\text{año}$.

Es preciso tener siempre presente que para convertir unas unidades en otras es necesario recurrir a la ecuación de estado de los gases ideales por lo que habrá que tener en cuenta además del peso molecular del contaminante considerado, la presión y la temperatura a las que se han efectuado las medidas. (Orozco, Pérez, Gonzales, & Rodríguez, 2003)

2.2.7. Emisiones Vehiculares

Según la Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares (2007), los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes:

- Emisiones evaporativas,
- Emisiones por el tubo de escape,
- Emisiones de frenos y neumáticos.



2.2.7.1. Tipos De Emisiones Vehiculares

2.2.7.1.1. Emisiones evaporativas

Según la Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares (2007), las emisiones causadas por la evaporación de combustible pueden ocurrir cuando el vehículo está estacionado o cuando está en circulación. Su magnitud depende de las características del vehículo, de factores geográficos y meteorológicos como la altura y la temperatura ambiental y, principalmente, de la presión de vapor del combustible. La variedad de procesos por los que se presentan emisiones evaporativas en los vehículos incluyen:

- **Emisiones diurnas:** Son generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
- **Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente:** Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por su calor residual.
- **Emisiones evaporativas en circulación:** Se presentan cuando el motor está en operación normal.
- **Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío:** Ocurren principalmente debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.
- **Emisiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible:** Consisten en fugas de vapores del tanque de combustible durante el proceso de recarga, se presentan mientras el vehículo está en las estaciones de servicio.

2.2.7.1.2. Emisiones por el tubo de escape

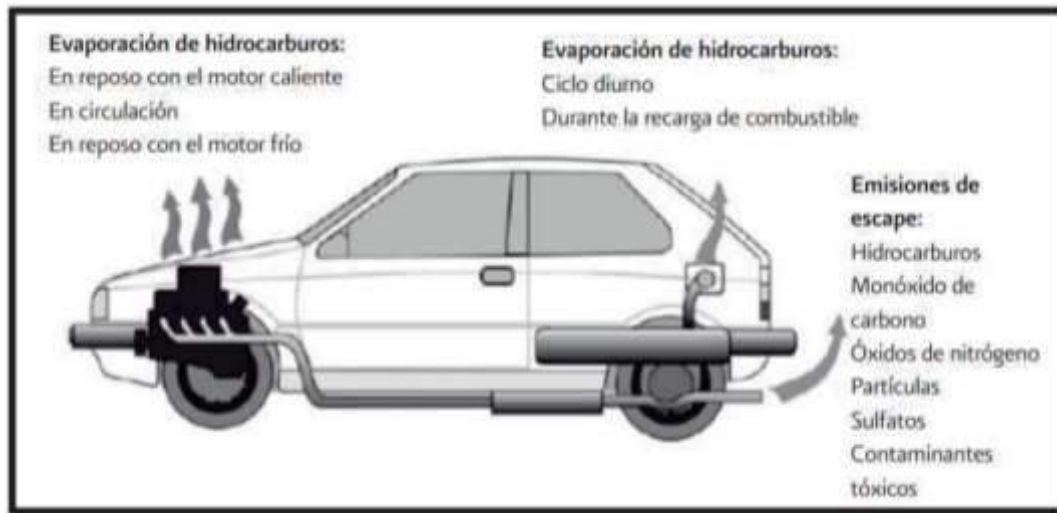
Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema del combustible y comprenden a una serie de contaminantes tales como; monóxido y dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y material particulado, además de ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo (Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares, 2007).

Estas emisiones se dividen en emisiones en caliente y emisiones en frío (ECE, 1999):

- **Emisiones en caliente:** ocurre cuando hay estabilidad térmica en la operación del motor (motor caliente).

- **Emisiones de partida en frío:** ocurre cuando el motor está en proceso de calentamiento, fase durante la cual el motor está alcanzando la temperatura para su funcionamiento óptimo.

Figura 15: Emisiones Vehiculares (tubo de escape y evaporativas)



Fuente: Guía Metodológica para la estimación de Emisiones Vehiculares, 2007

2.2.7.1.3. Emisiones de frenos y neumáticos

Según la metodología norteamericana MOBILE (2010), estas emisiones se asocian al desgaste debido al tiempo de uso de los frenos y los neumáticos. Los contaminantes que se generan son material particulado y están en función de la categoría vehicular y del nivel de actividad que estos tengan. Para el caso específico de las emisiones de los neumáticos, estas están en función del número de llantas que posee el vehículo.

2.2.7.2. Modelos De Emisión De Contaminantes Atmosféricos

Un modelo de emisión de contaminantes atmosférico se define como el modelo matemático o el conjunto integrado de modelos matemáticos de diferentes grados de complejidad que sirve para estimar las emisiones hacia la atmósfera de diferentes fuentes ubicadas en una zona geográfica determinada y en un periodo de tiempo establecido (Racero, Canca, Galán y Villa, 2006).

Desde los años setenta diversos modelos matemáticos con distintos tipos de complejidad han sido usados para estimar niveles de contaminación en el aire procedente de fuentes móviles, así como variaciones temporales y espaciales tanto de escenarios reales como de escenarios



propuestos. Estos métodos realizan cálculos hipotéticos de emisiones generadas por fuentes móviles considerando un conjunto de vehículos transitando en una zona determinada, a una velocidad promedio. Dichos cálculos podrían ser afinados si se tuviera más información sobre las velocidades y las categorías vehiculares, ya que muchos de ellos producen distintas emisiones bajo diferentes rangos de velocidades y, puesto que eso es posible de hacer, se podría entonces deducir de manera igualmente hipotética las emisiones producidas por cada fuente móvil en un área y un periodo determinado (Lozano, Torres y Antún, 2003).

2.2.7.3. Factores De Emisión

Según la U.S EPA (1995), un factor de emisión es un valor representativo de la cantidad de sustancia contaminante que se libera hacia la atmósfera con relación a la actividad asociada que la produce.

En muchos países se han realizado múltiples estudios para determinar las tasas de emisión promedio de diferentes fuentes de emisiones móviles y, puesto que el grado de dificultad es muy alto y no es económicamente factible, existen técnicas indirectas de estimación, como lo es el uso de factores de emisión, los cuales no involucran mediciones en cada una de las fuentes, sino que utilizan los resultados de miles de mediciones directas realizadas en otras áreas de estudio y las correlacionan con la flota deseada obteniendo así resultados que se ajustan a la realidad. Dichos factores, orientados a estimar la cantidad de contaminación generada por el parque automotor, pueden ser calculados para cada tipo o categoría vehicular de manera general y poseen variables que se ajustan a las características de la localidad en donde se desea llevar a cabo el estudio (Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Vehiculares, 2007).

2.2.7.4. El Parque Automotor Como Fuente Más Contaminante Del Aire

Es la fuente más frecuente de contaminación del aire en el Perú. El uso de combustibles fósiles en los carros produce la combustión y la emisión de diversos gases contaminantes (CO, NO₂, SO₂), pero también de plomo (dependiendo de la gasolina que use) y material particulado a la atmósfera. Este fenómeno es mucho más acentuado en vehículos antiguos, en aquellos que no reciben el suficiente mantenimiento, usan combustibles de mala calidad, no se conducen adecuadamente; también en las ciudades con inadecuadas vías o con tránsito congestionado. El material particulado se genera no solo por las emisiones del tubo de escape, sino igualmente por el uso excesivo de los frenos de los carros, desgaste de las llantas y motores, etc.



2.2.7.4.1. *Fuentes móviles*

Las fuentes móviles son las que más contaminan en las zonas urbanas, éstas incluyen los vehículos, los aviones, los barcos y los trenes, es decir los medios de transporte motorizados. (Bravo & Sosa, 2010).

2.2.7.4.2. *Emisión de gases*

La emisión de gases es el resultado de una combustión de unas sustancias denominadas de forma genérica combustibles. (Miranda, 1996).

2.2.7.4.3. *Combustión*

La combustión es una reacción química que consiste en la combinación de la sustancia combustible con el oxígeno que puede ser puro o bien formando parte del aire, con generación de calor y formación de una masa de gases incandescentes que recibe el nombre de llama. (Miranda, 1996).

2.2.7.4.4. *Emisión*

La emisión es la concentración de contaminantes que vierte un foco determinado, se mide a la salida del foco emisor. (Orozco, Pérez, Gonzales, & Rodríguez, 2003).

2.2.7.4.5. *Inmisión*

La inmisión es la concentración de contaminantes presente en el seno de una atmósfera determinada, y por tanto, es a estos valores a los que están expuestos los seres vivos y los materiales cuya actividad se desarrolla en esta atmósfera concreta. (Orozco, Pérez, Gonzales, & Rodríguez, 2003).

2.2.7.5. *Tipos De Motor*

2.2.7.5.1. *Motor a gasolina*

Es un motor que utiliza como combustible la gasolina. Este motor, también llamado motor Otto, es junto al motor diésel, el más utilizado hoy en día para mover vehículos autónomos de transporte de mercancías y personas. El combustible se inyecta pulverizado y mezclado con el gas (habitualmente aire u oxígeno) dentro de un cilindro. Una vez dentro del cilindro la mezcla es comprimida. Al llegar al punto de máxima compresión (punto muerto superior o PMS) se hace saltar una chispa, producida por una bujía, que genera la explosión del combustible. Los gases encerrados en el cilindro se expanden empujando un pistón que se desliza dentro del



cilindro (expansión teóricamente adiabática de los gases). La energía liberada en esta explosión es transformada en movimiento lineal del pistón, el cual, a través de una biela y el cigüeñal, es convertido en movimiento giratorio. La inercia de este movimiento giratorio hace que el motor no se detenga y que el pistón vuelva a empujar el gas, expulsándolo por la válvula correspondiente, ahora abierta. Por último, el pistón retrocede de nuevo permitiendo la entrada de una nueva mezcla de combustible. (Arias Paz, 2005).

Es un combustible el cual se obtiene mediante la destilación fraccionada del petróleo, fue descubierta en 1857. Más adelante, en 1860, Jean Joseph Etienne Lenoir creó el primer motor de combustión interna quemando gas dentro de un cilindro. Pero habría que esperar hasta 1876 para que Nikolaus August Otto construyera el primer motor de gasolina de la historia, de cuatro tiempos, que fue la base para todos los motores posteriores de combustión interna. En 1886 Karl Benz comienza a utilizar motores de gasolina en sus primeros prototipos de automóviles. (Arias Paz, 2005).

2.2.7.5.2. *Motor diésel*

Es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido del combustible (llamado gasoil o gasóleo, diésel o simplemente petróleo) se logra como consecuencia de la alta temperatura del aire en el interior del cilindro al ser comprimido por el pistón. Su inventor fue Rudolph Diésel en 1882, por lo que este motor recibió su nombre. El motor diésel usó originalmente un combustible biológico (biocombustible) como el aceite de palma de coco, curiosamente el propio inventor aseguró en su patente que su motor también funcionaba con polvo de carbón, el cual casi nunca se utilizó como combustible por ser muy abrasivo. Un motor diésel funciona mediante el encendido de la mezcla aire combustible sin la necesidad de una chispa; esto es posible gracias a la alta temperatura del aire en el cilindro la cual alcanza ese nivel solo por el aumento de la presión durante el tiempo de la compresión, es decir, en el segundo tiempo motor. (Gutiérrez M., 2007).

El diésel o gasóleo, también denominado gasoil, es un hidrocarburo líquido de densidad sobre 832 kg/m^3 ($0,832 \text{ g/cm}^3$), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico inferior es de $35,86 \text{ MJ/l}$ ($43,1 \text{ MJ/kg}$) que depende de su composición comercial. La palabra “diésel”, se deriva del nombre del inventor alemán Rudolph Christian Diésel que en 1892 inventó el motor diésel. (Gutiérrez M., 2007).



2.2.7.5.3. *Motor a gas*

Es un motor térmico de combustión interna que utiliza como combustible el gas licuado de petróleo. El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano. El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural, aunque una parte se obtiene durante el refinado de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación fraccionada catalítica (FCC, por sus siglas en inglés Fluid Catalytic Cracking). (Enrique, 2005).

2.2.7.6. *Partes Del Motor*

2.2.7.6.1. *Cilindro*

El cilindro es parte muy importante del motor de un vehículo, en su interior se generan los cuatro tiempos del ciclo y dentro de él se desliza el pistón con un movimiento alternativo entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior, por lo que las paredes del cilindro tienen un acabado de cuidado pero sin llegar a tener un pulimento de espejo, en la actualidad los cilindros se dejan con un “rayado” final en el pulimento, para que las paredes retengan las partículas de aceite, necesarias para una buena lubricación. (Arias Paz, 2005).

2.2.7.6.2. *Pistón*

El pistón es un elemento que está dentro del cilindro, tiene forma de vaso invertido; la parte superior, que recibe la presión originada por la explosión, se llama fondo o cabeza del pistón, cuya forma depende de la cámara de combustión, de la relación volumétrica y del recorrido de las válvulas. En la falda (pared delgada que sirve para guiar al pistón en el cilindro), hay un orificio que lo atraviesa y sirve para alojar el pasador o eje de pistón, llamado bulón, al que se sujeta el pie de biela. (Gutiérrez M., 2007).

2.2.7.6.3. *Cilindrada*

La cilindrada de un motor de un cilindro es el volumen o espacio que queda comprendido entre el punto muerto superior e inferior de recorrido del pistón; o sea, que es lo que “respira el motor”. En los motores de varios cilindros, por ser todos iguales, se obtiene multiplicando la de uno por el número de ellos. Se expresa en litros o en centímetros cúbicos (cc). La carrera del



pistón (recorrido desde el punto muerto superior al punto muerto inferior) y el calibre (diámetro del cilindro) se mide en milímetros. (Arias Paz, 2005).

2.2.7.7. Modelo De Monitoreo De Emisiones Liberadas Por El Tubo De Escape

El cálculo de emisiones por tubo de escape es difícil, ya que la tasa depende de parámetros como la velocidad del vehículo, la carga del motor y el estado de pre- calentamiento, que hacen que la tasa de contaminación sea variable. Por lo tanto, se desarrollará por la metodología de evaluación rápida que permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio (De la Cruz, 2015).

Los vehículos ligeros con motor de gasolina son la fuente principal del smog fotoquímico (ozono, dióxido de nitrógeno, peroxiacetilnitrato y muchas otras sustancias en cantidades pequeñas) se forman a partir de los contaminantes principales NO_x, CO y COV mediante reacciones atmosféricas por influencia de la luz solar y el calor. La velocidad de las reacciones que conducen a la formación del smog se incrementa significativamente en el verano, cuando la intensidad de la luz solar y las temperaturas se elevan. (Economopoulos, 2010).

El modelo es capaz de predecir emisiones para todo tipo de vehículos LMG (vehículos ligeros con motor de gasolina), se usa en el análisis de la dependencia funcional de las emisiones de tubos de escape sobre los parámetros conocidos por ejercer un efecto importante (temperatura media diaria o estacional, velocidad promedio del vehículo, la fracción de arranques del motor en frío y la longitud media de cada viaje, la edad de un vehículo convencional o el tipo de sistema catalítico y el desplazamiento del cilindro respecto al motor). El producto final de este análisis se plasma en las tablas donde se indican los factores de emisión por cada tipo de contaminante (De la Cruz, 2015).

2.2.7.7.1. Procedimiento de evaluación rápida.

La metodología de evaluación rápida permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio. Este método se basa en experiencias previas documentadas sobre la naturaleza y la cantidad de contaminantes generados por cada tipo de fuente, ya sea con y sin sistemas de control, se hace uso constante de esta información para predecir las cargas de una determinada fuente. (Economopoulos, 2010).

Entre las ventajas que ofrece el enfoque de evaluación rápida se incluye la conveniencia del uso, que permite realizar inventarios integrales de las fuentes que contaminan el aire en situaciones altamente complejas, en un lapso de solo algunas semanas y con pocos recursos.



Además, a pesar de la simplicidad del método, el resultado final muchas veces es más confiable que el de los programas de monitoreo directo de las fuentes para los casos que demandan una acción rápida (De la Cruz, 2015).

El cálculo se realiza en toneladas métricas por año (TM/año). Para el cálculo de la emisión de los contaminantes por los tubos de escape se utilizan las fórmulas y los factores de emisión del libro “Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire” (Alexander P. Economopoulos 2010), que se describen en el Ítem 3.6.3 Cálculo de Emisiones Vehiculares por Tipos de Vehículo, del

Los factores de emisión para cada uno de los contaminantes por tubos de escape, dependen de la categoría vehicular, período de producción del vehículo, cilindradas del motor y tipo de combustible. Los contaminantes cuantificados son: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Plomo (Pb).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

La restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% disminuye el congestionamiento vehicular y la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).

2.3.2. Sub Hipótesis

- La restricción de demanda vehicular al 20% y 50% disminuye los tiempos de viaje en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).
- La restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% mejora la capacidad vial en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).
- La restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% mejora los niveles de servicio en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).



- La restricción de la demanda vehicular al 20% y 50% disminuye los niveles de la contaminación ambiental en el corredor Av. Collasuyo – Av. Universitaria - Av. Argentina - Av. la Cultura - Calle Retiro (CUCAR).

2.4. Definición De Variables E Indicadores

2.4.1. Variables Dependientes

- Tiempos de viaje.
- Capacidad vial.
- Nivel de servicio.
- Contaminación ambiental.

2.4.2. Indicadores De Variables Dependientes

- Duración de desplazamiento (segundos).
- Incidencia de la longitud de colas (metros).
- Demoras en el tránsito vehicular (segundos).
- Emisiones Vehiculares por Tubo de Escape (tn/año)

2.4.3. Variables Independientes

- Restricción de la demanda vehicular.

2.4.4. Indicadores De Variables Independientes

- Volumen de vehículos en circulación

2.5. Cuadro De Operacionalización De Variables

Tabla 10. Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	UNIDADES INDICADAS	INSTRUMENTOS
VARIABLES DEPENDIENTES					
Y1: Tiempos de viaje	Lapso que un vehículo necesita para transitar a lo largo de una intersección.	Tiempos de viaje en Intersección Calle Retiro - Calle Recoleta (Av. Argentina)	Duración de desplazamiento.	Segundos	Guías de observación, software de simulación Microscópica Vissim 2021, cronómetros
		Tiempos de viaje en Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi			
		Tiempos de viaje en Intersección Av. Collasuyo - Av. Universitaria			
		Tiempos de viaje en Intersección Av. Universitaria - Av. La Cultura			
		Tiempos de viaje en Intersección Av. La Cultura - Av. Mariscal Gamarra			
		Tiempos de viaje en Óvalo Garcilaso			
		Tiempos de viaje en Intersección Av. La Cultura - Calle Retiro			
Y2: Capacidad Vial	Máximo números de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado periodo de tiempo.	Capacidad Vial en Intersección Calle Retiro - Calle Recoleta (Av. Argentina)	Incidencia de la longitud de colas.	Metros	Guías de observación, software de simulación Microscópica Vissim 2021
		Capacidad Vial en Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi			
		Capacidad Vial en Intersección Av. Collasuyo - Av. Universitaria			
		Capacidad Vial en Intersección Av. Universitaria - Av. La Cultura			
		Capacidad Vial en Intersección Av. La Cultura - Av. Mariscal Gamarra			
		Capacidad Vial en Óvalo Garcilaso			
		Capacidad Vial en Intersección Av. La Cultura - Calle Retiro			
Y3: Nivel de Servicio	Calidad que la vía ofrece a los usuarios.	Nivel de Servicio en Intersección Calle Retiro - Calle Recoleta (Av. Argentina)	Demoras en el tránsito vehicular	Segundos	Guías de observación, software de simulación Microscópica Vissim 2021
		Nivel de Servicio en Intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi			
		Nivel de Servicio en Intersección Av. Collasuyo - Av. Universitaria			
		Nivel de Servicio en Intersección Av. Universitaria - Av. La Cultura			
		Nivel de Servicio en Intersección Av. La Cultura - Av. Mariscal Gamarra			
		Nivel de Servicio en Óvalo Garcilaso			
		Nivel de Servicio en Intersección Av. La Cultura - Calle Retiro			
Y4: Contaminación Ambiental	Presencia de partículas nocivas en el ambiente	Contaminación ambiental en Ovalo Garcilaso	Emisiones Vehiculares por Tubo de Escape	Toneladas Métricas	Guías de observación, Datos de Encuestas, Hojas de Cálculo Excel
VARIABLES INDEPENDIENTES					
X1: Restricción de la demanda Vehicular	Medidas de atenuación de tráfico en una o varias intersecciones.	Sin Restricción Vehicular	Volumen de vehículos en circulación.	%	Hojas de Cálculo Excel, software de simulación Microscópica Vissim 2021
		Restricción Vehicular al 20%			
		Restricción Vehicular al 50%			

Fuente: Elaboración Propia



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología De La Investigación

3.1.1. Enfoque De Investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo; Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). “Metodología de la investigación”, 6ta edición, McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

Se puede demostrar que la tesis seguirá este enfoque porque mediante los aforos vehiculares (recolección de datos), se determinará el nivel de servicio que es una variable medible (medición numérica).

3.1.2. Nivel De La Investigación

El alcance de investigación es descriptivo, debido a que no hubo manipulación de variables, pues se observaron y describieron tal cual se encuentran en su ambiente natural (Marcatoma, 2016).

Se describen características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. Las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática (Interiano, 2013).

Según su naturaleza, la investigación es predictiva, porque al elaborarse el modelo de simulación microscópica, se desarrollaron procedimientos para determinar resultados futuros en base a datos actuales, porque los escenarios con restricción de la demanda vehicular al 20% y 50%, son situaciones que aún no se dan en la actualidad.

3.1.3. Método De Investigación

El método de la investigación es hipotético deductivo Bunge, M. (2010). “Las Pseudociencias”.

El método hipotético deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias



o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

Este método obliga al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación). Los pasos 1 y 4 requieren de la experiencia, es decir, es un proceso empírico; mientras que los pasos 2 y 3 son racionales. Por esto se puede afirmar que el método sigue un proceso inductivo (en la observación), deductivo (en el planteamiento de hipótesis y en sus deducciones), y vuelve a la inducción para su verificación. En el caso de que todas las variables puedan ser objeto de estudio, el último paso sería una inducción completa que daría paso a una ley universal. En caso contrario, la inducción es incompleta, y por lo tanto, la ley obtenida sería una ley probabilística.

Es central en esta concepción del método científico, la falsabilidad de las teorías científicas, esto es, la posibilidad de ser refutadas por la experimentación. En el método hipotético deductivo, las teorías científicas no pueden nunca reputarse verdaderas, sino a lo sumo no refutadas.

3.2. Diseño De Investigación.

3.2.1. Diseño Metodológico.

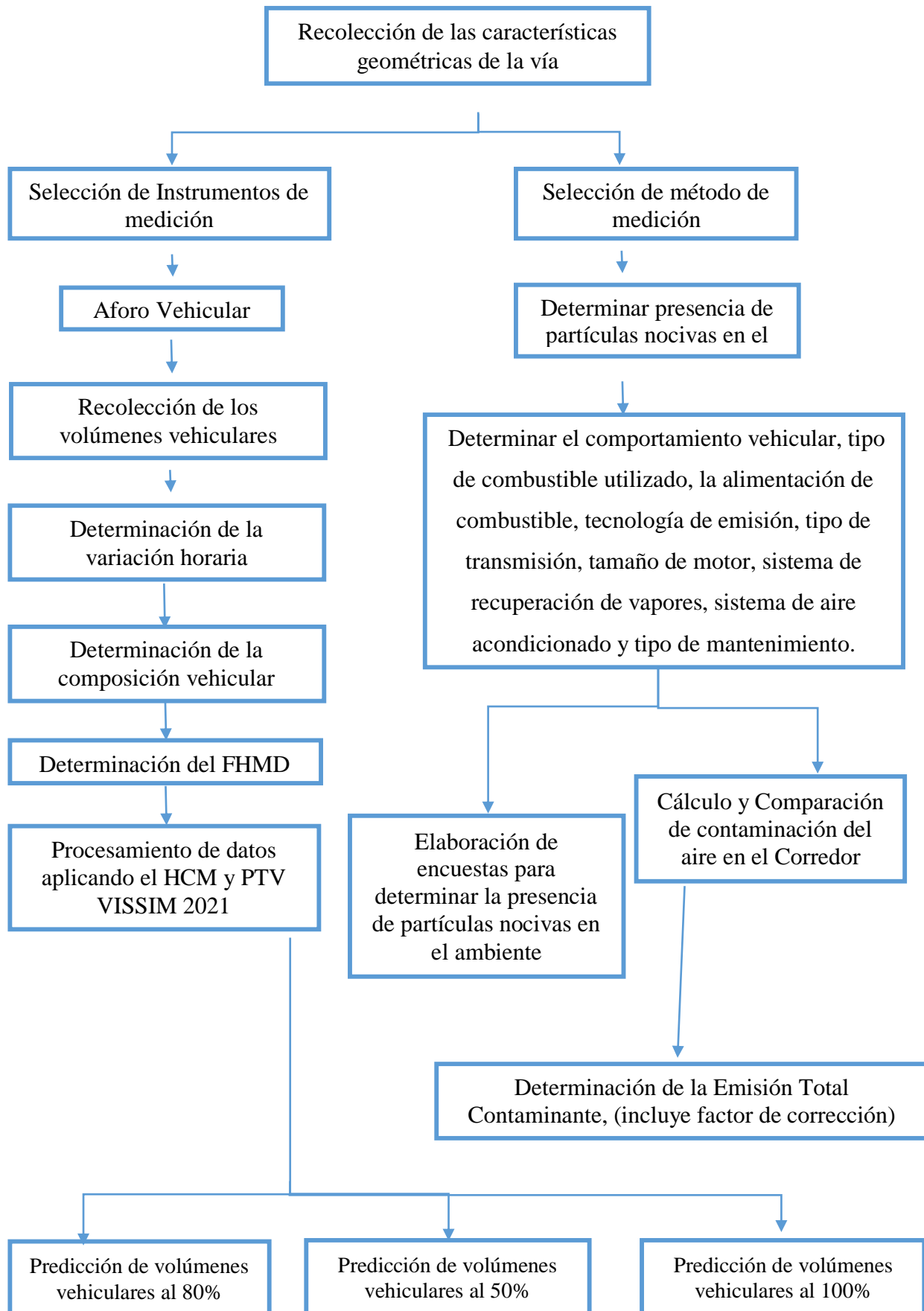
El diseño de la investigación es de tipo no experimental debido a que no incluye la manipulación de la variable y se observa el fenómeno bajo condiciones reales.

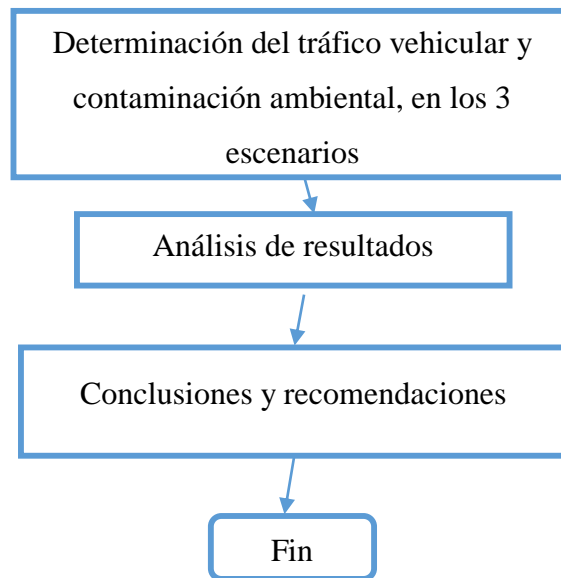
3.2.2. Diseño De Ingeniería.

“Análisis Operacional Del Corredor Vial Av. Argentina – Av. Collasuyo - Av. Universitaria - Av. De La Cultura – Calle Retiro Mediante El Uso Restrictivo Del Tránsito Por Plaqueo Para La Disminución Del Tráfico Vehicular Y La Contaminación Ambiental”

Identificar el Corredor Vial

Identificar las intersecciones y
semaforizaciones





3.3. Población Y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción De La Población.

La población de esta investigación fueron todas las intersecciones semaforizadas y el óvalo implícito del corredor vial denominado CUCAR del distrito de Cusco, con alto tránsito vehicular y peatonal. Las cuales por ser de gran importancia para el control de acceso de vehículos a la Ciudad del Cusco necesitan un constante estudio de operación.

3.3.1.2. Cuantificación De La Población.

El universo donde se aplicó la investigación fueron las intersecciones semaforizadas y el óvalo implícito del corredor vial denominado CUCAR del distrito de Cusco: Calle Retiro – Av. Argentina, Av. Argentina – Calle Puputi, Av. Universitaria – Av. Collasuyo, Av. Universitaria – Av. de la Cultura, Av. de la Cultura – Av. Mariscal Gamarra, Av. de la Cultura – Calle Retiro y el óvalo Garcilaso; los cuales presentan grandes demandas vehiculares y una ajustada oferta vial, por la enorme cantidad de polos de atracción que suponen los diferentes usos de suelo del área que atraviesa dicho corredor, en estas intersecciones se genera los conflictos y congestiónamiento vehicular los cuales afectan el tránsito vial.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción De La Muestra.

La muestra que ha sido seleccionada para esta investigación, fueron las intersecciones semaforizadas y el óvalo implícito del corredor CUCAR con alto tránsito vehicular y peatonal en la ciudad del Cusco. Se trata de un muestreo censal ya que la muestra coincide con la



población. En este sentido Ramírez (1997) afirma “La muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra”.



Figura 16: Intersección semaforizada Av. La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Google Earth Pro



Figura 17: Intersección semaforizada Av. Argentina – Calle Puputi

Fuente: Google Earth Pro



Figura 18: Intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria

Fuente: Google Earth Pro



Figura 19: Intersección semaforizada Av. Universitaria – Av. de la Cultura

Fuente: Google Earth Pro



*Figura 20: Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Av. Mariscal Gamarra,
Fuente: Google Earth Pro*



*Figura 21: Intersección semaforizada óvalo: Av. de la Cultura – Av. Ramón Zavaleta
Fuente: Google Earth Pro*



Figura 22: Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Calle Retiro

Fuente: Google Earth Pro

3.3.2.2. Cuantificación De La Muestra.

La muestra de la presente investigación fue similar con la población establecida anteriormente. Siete áreas o zonas de estudio, cada una de las intersecciones semaforizadas se detallan a continuación:

- Intersección semaforizada Calle Retiro – Av. Argentina
- Intersección semaforizada Av. Argentina – Calle Puputi
- Intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria
- Intersección semaforizada Av. Universitaria – Av. de la Cultura
- Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Av. Mariscal Gamarra
- Intersección semaforizada Av. de la Cultura – Calle Retiro
- Óvalo Garcilaso

3.3.2.3. Método De Muestreo.

El tipo de muestra en el estudio de la investigación fue no probabilístico, ya que según Hernández, Fernández y Baptista (2000) “Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal y poco arbitrario. Aun así, se utilizan en muchas investigaciones y a partir de ella se hacen las inferencias sobre la



población”. Esto nos indica que no utilizaremos formulas estadísticas para determinar la cantidad de nuestra muestra, realizándolo así mediante criterio propio.

3.3.2.4. *Criterios De Evaluación De Muestra.*

Se evaluaron las siete intersecciones semaforizadas según los criterios indicados por, Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010) y los datos de entrada relevantes para la simulación microscópica en PTV Vissim 2021:

- Determinación de características geométricas.
- Determinación de características del tránsito vehicular.
- Determinación de características semafóricas.
- Aforos vehiculares.
- Aforos peatonales
- Cronograma de los aforos.
- Especificación de estaciones de conteo.

3.3.3. Criterios De Inclusión.

Al ser la muestra de tipo censal, no se requieren criterios de inclusión, sin embargo, para efectos de respaldar la muestra en estudio, se considera que los criterios que determinamos para la inclusión son:

- Ser vías principales: de mayor tránsito peatonal y vehicular, las cuales, por ser de mayor importancia, necesitan mayor estudio.
- El tipo de superficie de rodadura: la investigación se limita a los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.
- Ser de doble sentido: Las Avenidas y Calles a estudiar serán de doble sentido ya que el tránsito es mayor y se puede obtener más datos.
- Se consideró un levantamiento de información adicional como datos pertinentes de ingreso para el software, como aforos peatonales, características geométricas y semafóricas de las intersecciones.
- No se ha considerado consignar aforos de bicicletas, ya que las ciclovías no cuentan con una infraestructura propia, y es un método de transporte que recién se está integrando a nivel regional, por eso es severamente informal.

Con respecto a las intersecciones se consideraron los siguientes criterios:

- Intersecciones semaforizadas que enlacen sistemas viales importantes de la ciudad del Cusco.
- Intersecciones viales con gran flujo vehicular (demanda).

Y finalmente, cabe resaltar que las intersecciones elegidas se encuentran dentro del corredor de interés, denominado CUCAR, son semaforizadas, de doble sentido y relevantes por su alto flujo vehicular en horas pico, variable que impacta proporcionalmente en el incremento de emisiones vehiculares al medio ambiente que, a su vez, influyen en la calidad del medio ambiente de nuestra ciudad.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos

3.4.1.1. Ficha De Aforo Vehicular

Para determinar la cantidad de vehículos que transitan por giro (dato necesario para la simulación microscópica por intersección), se desarrollaron formatos para organizar dicha información, las fichas de aforo vehicular fueron diseñadas para contar por giros en cada una de las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo definidos cada 15 minutos durante la hora pico (6:00 pm – 7:00 pm), y así se pueda clasificar por tipo de vehículo:

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL		FICHA DE AFORO VEHICULAR N°01																
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																						
<p>TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.</p>																						
<p>TESTISTAS: Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban</p>		<p>Soto Vivanco, Harry</p>																				
<p>UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO</p>		<p>INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA: CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CL. CALLE JON RETIRO</p>		<p>CÓDIGO DE GIRO: 1-4</p>		<p>FECHA: _____</p>																
<p>HORA INICIO: _____</p>		<p>HORA FIN: _____</p>																				
AFORO VEHICULAR																						
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS				CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3					
1	18:00 PM	18:15 PM																				
	18:15 PM	18:30 PM																				
	18:30 PM	18:45 PM																				
	18:45 PM	19:00 PM																				
SUBTOTAL																						
TOTAL																						

Figura 23: Ficha de aforo vehicular

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2. Formato De Aforo Peatonal

Estas fichas permiten consignar datos como la cantidad de peatones por sentido de circulación en intervalos de tiempo determinado.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°01												
FORMATO DE AFORO PEATONAL												
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL												
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban											
UBICACIÓN:	Soto Vivanco, Harry											
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	CUSCO-CUSCO-CUSCO											
FECHA:	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO											
HORA INICIO:	06:00 p.m.											
HORA FIN:	07:00 p.m.											
AFORO PEATONAL												
HORA	PERIODO	CODIGO										
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8		
1	18:00 PM	18:15 PM	12	13	4	4	19	8	13	7		
	18:15 PM	18:30 PM	3	23	9	24	11	13	14	5		
	18:30 PM	18:45 PM	5	9	2	29	18	16	17	11		
	18:45 PM	19:00 PM	8	14	8	25	5	5	8	7		
SUBTOTAL			28	59	23	82	53	42	52	30		
TOTAL			369									




Figura 24: Formato de aforo peatonal

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3. Ficha De Características Geométricas

El siguiente formato se desarrolló para recopilar datos de geometría vial, los cuales se obtuvieron de trabajos de campo utilizando instrumentos de ingeniería detallados más adelante (3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 04	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO
INTERSECCION	JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
FECHA:	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO
SENTIDO DE CIRCULACION	CÓDIGOC4
ANCHO DE CALZADA	
PENDIENTE (%)	
NUMERO DE CARRILES	
ANCHO DE CARRIL	




Figura 25: Ficha de características geométricas de la vía

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4. Ficha De Características Semafóricas De La Vía

El formato se desarrolló a modo que permita consignar datos del inventario vial semafórico para obtención de datos referentes a las fases del semáforo.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA N° 01					
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL				
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO				
	JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS				
INTERSECCION	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO				
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021				
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)				
	AMBAR (S)				
	VERDE(S)				

Figura 26: Ficha de características semafóricas de la vía

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.5. Ficha De Tiempos De Viaje

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL																								
FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°06																										
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																										
TESISTAS:		Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban																								
		Soto Vivanco, Harry																								
UBICACIÓN:		CUSCO-CUSCO-CUSCO																								
INTERSECCION SEMAFORIZADA:		ÓVALO GARCILASO																								
POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION	NIVEL DE CONFIANZA	MARGEN DE ERROR	TAMAÑO DE LA MUESTRA	RECIA																						
4228	95.00%	5.00%	353	HORA INICIO	HORA FIN																					
TIEMPOS VEHICULARES																										
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>																										
TIEMPO PROMEDIO (S)																										
VELOCIDAD MEDIA (Km/h)																										
DISTANCIA MEDIA (m)																										

Figura 27: Ficha de características semafóricas de la vía

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.6. Cuestionarios Para La Realización De Encuestas A Los Usuarios De Vehículos

Para la obtención de las contaminantes que generan las emisiones vehiculares, se precisaron datos de la siguiente índole:

- Categorías Vehiculares (por tipo)
- Tipos de Combustible
- Año de fabricación del vehículo
- Cantidad de kilómetros recorridos por año
- Cilindradas del motor
- Peso del vehículo

Con estas variables se puede realizar el cálculo de los siguientes contaminantes:



- Partículas Totales en Suspensión (PTS)
- Dióxido de Azufre
- (SO₂)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Plomo (Pb).

Siendo las unidades en toneladas métricas por año (TM/año). Para el cálculo de la emisión de los contaminantes por los tubos de escape se utilizan las fórmulas y los factores de emisión del libro “Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire” (Economopoulos, 2010).

Se elaboró el cuestionario a modo de encuesta, para obtener la información requerida, el cual se muestra en los anexos concernientes a ésta fase ambiental de la investigación.

3.4.2. Instrumentos De Ingeniería.

3.4.2.1. Cámara Filmadora

Dicho instrumento se utilizó para hacer el registro del flujo vehicular y peatonal, por lo que se instalaron cámaras filmadoras con sus respectivos trípodes, colocados estratégicamente con el fin de registrar los movimientos vehiculares y peatonales en la hora punta.



Figura 28: Cámara Filmadora Canon Vixia HF R800

Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Cámara Filmadora (pantalla)

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2. Wincha

Instrumentos para determinar las dimensiones de la infraestructura vial y la ubicación de las señales de tránsito.



Figura 30: Wincha

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.3. Gps

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un instrumento que nos sirve para posicionar la ubicación de la infraestructura vial.

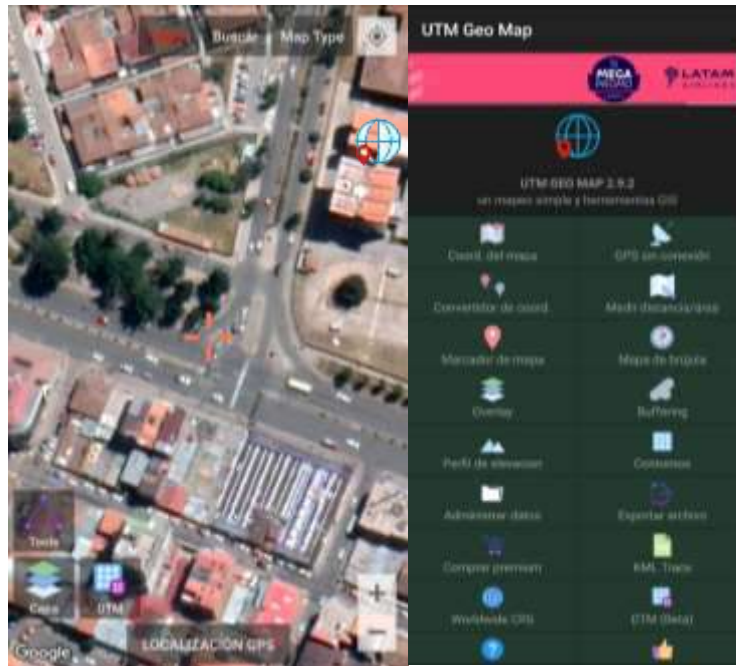


Figura 31: Aplicativo Versión Gratuita de Google: UTM Geo Map

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.4. Ptv Vissim 2021

Para realizar la simulación del movimiento vehicular y peatonal en las 07 intersecciones semaforizadas y 01 ovalo, se utilizó el PTV Vissim 2021.



Figura 32: PTV VISSIM 2021, Educacional

Fuente: Elaboración propia



3.5. Procedimiento De Recolección De Datos

3.5.1. Determinación De Hora Y Día Pico Para Recolección De Datos En Intersecciones

3.5.1.1. *Equipo Utilizado*

- Fichas/Formatos de Aforo
- Personal humano

3.5.1.2. *Procedimiento*

3.5.1.2.1. *Aforo bidireccional semanal en la av. De la cultura*

Se determinó el punto de aforo en la Av. de la Cultura, ya que destaca por encima de las demás Avenidas y Calles pertenecientes al Corredor del presente estudio, debido a su alta demanda vehicular, la existencia de muchos polos de atracción de viajes (negocios, empleos, etc.) y por su extensión integral por los distritos de Cusco, Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo, abarcando casi 13 kilómetros de longitud, siendo de alta transitabilidad, importancia y la avenida más larga de la ciudad del Cusco.

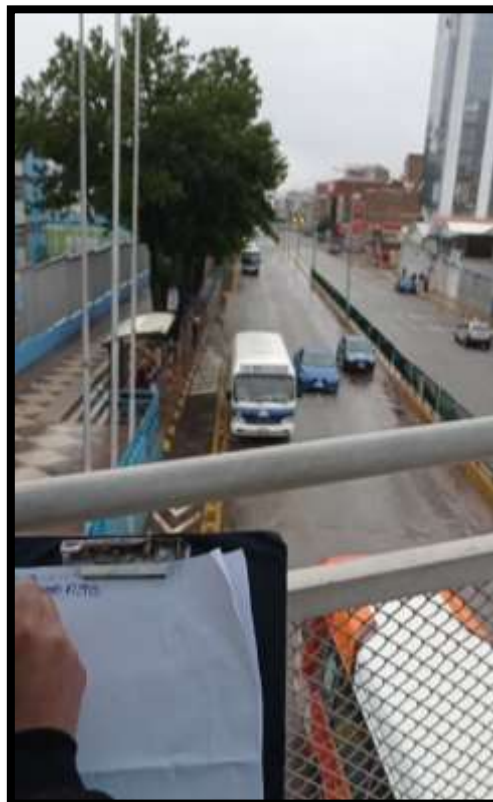


Figura 33: Aforo Bidireccional de la Av. La Cultura (desde el puente Garcilaso), 07:06 AM, sábado 16 de enero del 2021

Fuente: Elaboración propia

Las fechas y horarios para aforar bidireccionalmente en la Av. La Cultura se establecieron de 7am a 8pm, iniciando el día sábado 16 de enero hasta el día viernes 22 de enero, porque que la



metodología es aplicada semanalmente, y se decidió obviar el día domingo, ya que al ser una investigación desarrollada durante el apogeo de la pandemia por Covid-19, el gobierno dispuso estado de emergencia a nivel nacional y por lo tanto toque de queda en las noches (9pm-4am todos los días) y restricciones totales para el tránsito de vehículos particulares los días domingos (lo cual supone una reducción drástica del volumen vehicular estos días). Con estas condicionales se procedió a aforar en los horarios establecidos.

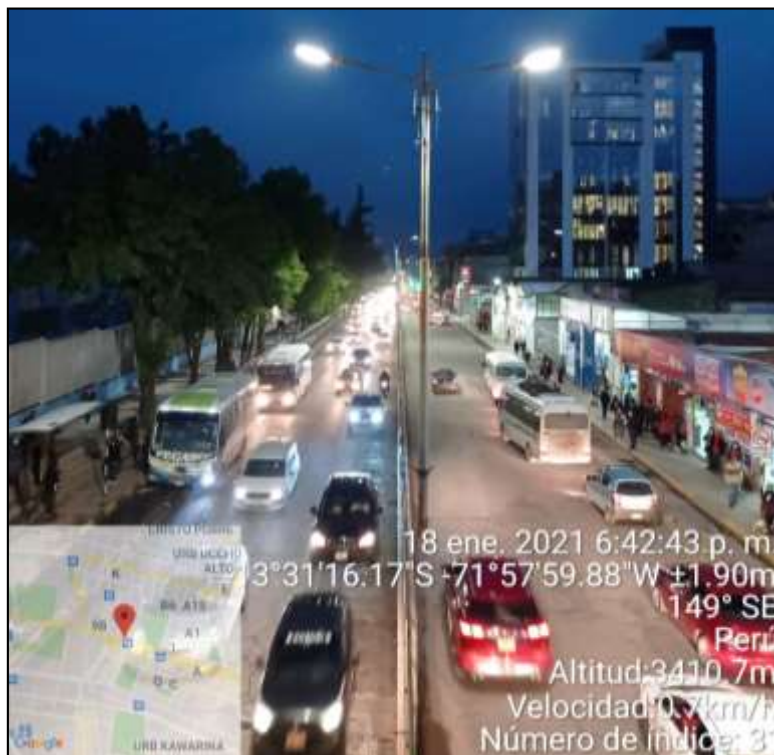


Figura 34: Aforo Bidireccional de la Av. La Cultura (desde el puente Garcilaso), 06:42 PM, lunes 18 de enero del 2021

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2.2. Aforo bidireccional semanal en la calle recoleta (av. Argentina)

Como el corredor vial de estudio, no es longitudinal sino un circuito cerrado, se consideró que las horas punta de las intersecciones fuera de la Av. La Cultura, podrían tener una variación horaria y diaria distinta, es decir que la hora y día pico de las 3 intersecciones ubicadas en la prolongación de la Av. Argentina hasta la Av. Collasuyo, podrían diferir de los resultados obtenidos a partir del aforo bidireccional en la Av. La Cultura.

Por esta razón se decidió aforar también en la Av. Argentina, se determinó el punto de aforo en la intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) con Calle Puputi, se optó por esta ubicación por la presencia de terminales de transporte interprovincial, los cuales generan una mayor cantidad de viajes atravesando la zona de estudio.



Figura 35: Aforo Bidireccional de la Calle Recoleta (Av. Argentina) con Calle Puputi, 06:55 PM, lunes 18 de enero del 2021

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3. Datos Obtenidos Para Hora Y Día Pico

3.5.1.3.1. Volúmenes vehiculares av. La cultura

A continuación, se presentan los datos obtenidos del Aforo Bidireccional en la Av. La Cultura, los cuales se realizaron cada 1 hora durante 6 días:



3.5.1.3.1.1. Día sábado 16 de enero del 2021

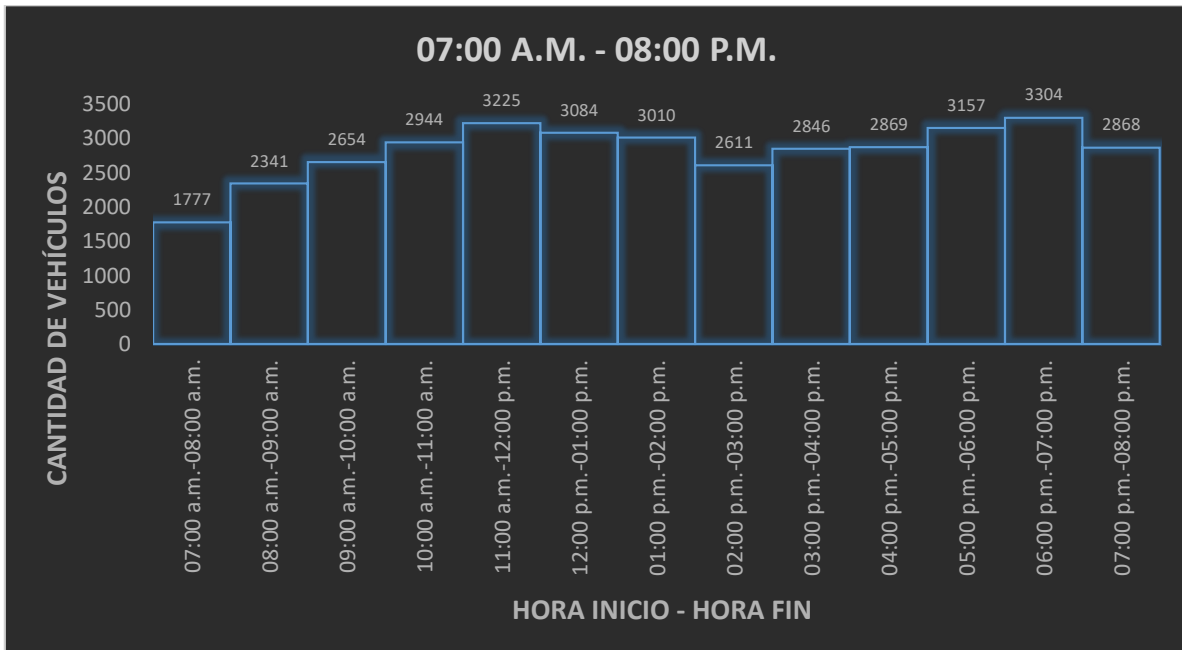


Figura 36: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am - 08:00 pm del 16/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.1.2. Día lunes 18 de enero del 2021

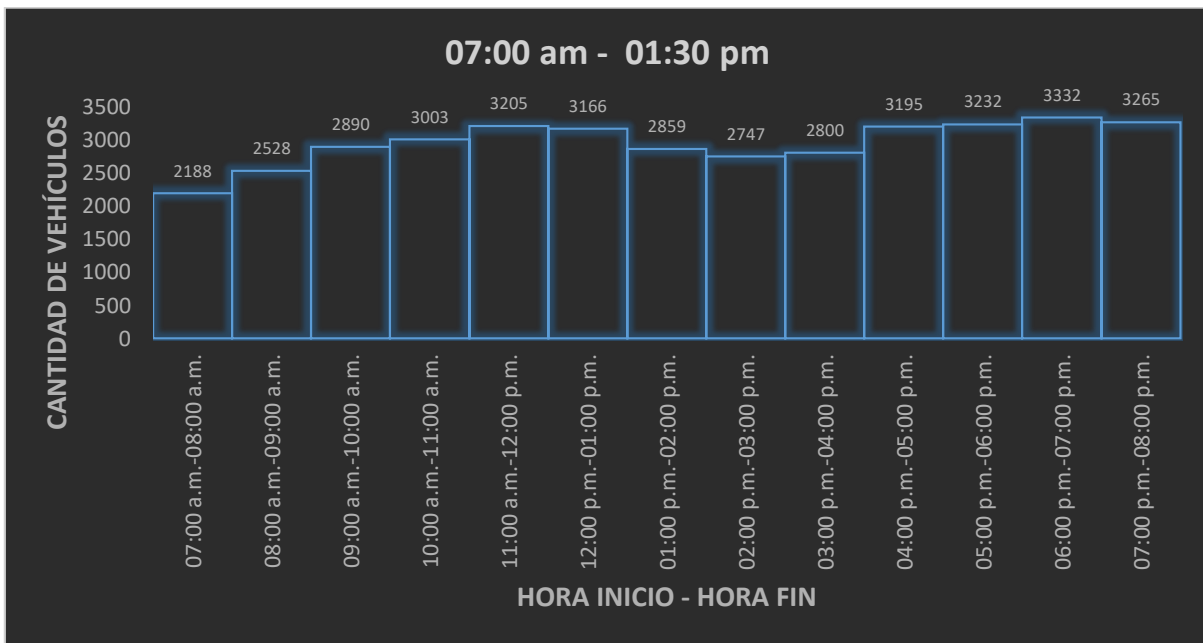


Figura 37: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am - 08:00 pm del 18/01/21

Fuente: Elaboración propia



3.5.1.3.1.3. Día martes 19 de enero del 2021



Figura 38: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am - 08:00 pm del 19/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.1.4. Día miércoles 20 de enero del 2021

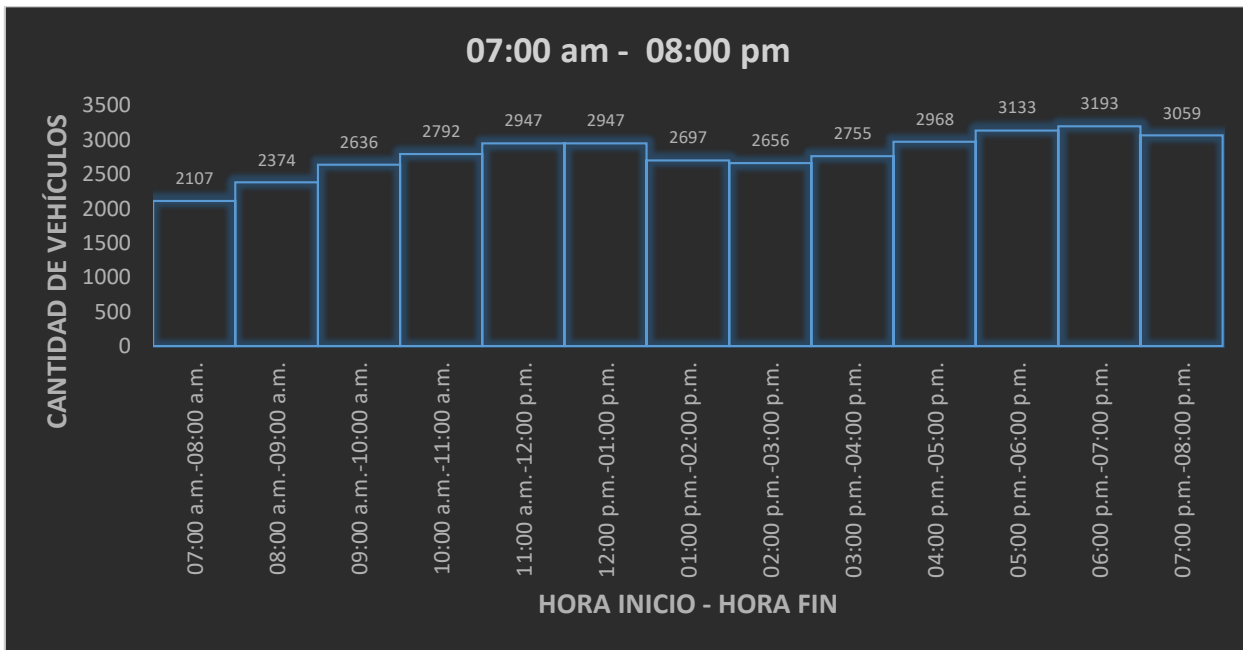


Figura 39: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am - 08:00 pm del 20/01/21

Fuente: Elaboración propia



3.5.1.3.1.5. Día jueves 21 de enero del 2021



Figura 40: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am – 08:00 pm del 21/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.1.6. Día viernes 22 de enero del 2021

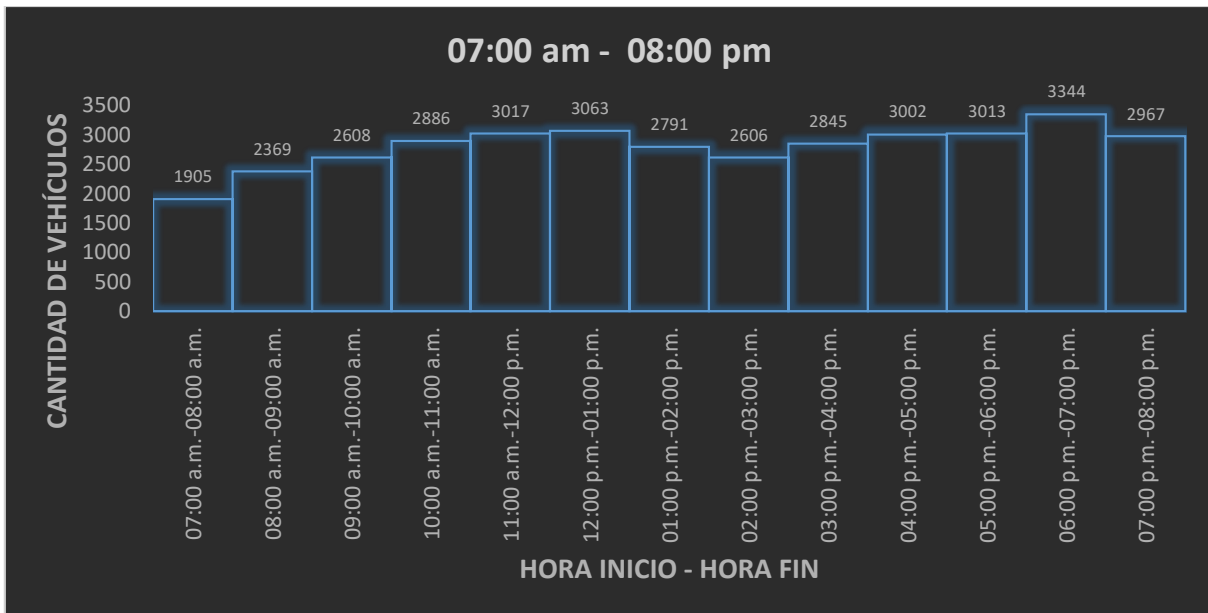


Figura 41: Cantidad de Vehículos en Av. La Cultura, 07:00 am – 08:00 pm del 22/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.2. Volúmenes vehiculares de la calle recoleta (av. Argentina)

A continuación, se presentan los datos obtenidos del Aforo Bidireccional en la Calle Recoleta (Av. Argentina), los cuales se realizaron cada 1 hora durante 6 días:

3.5.1.3.2.1. Día sábado 16 de enero del 2021

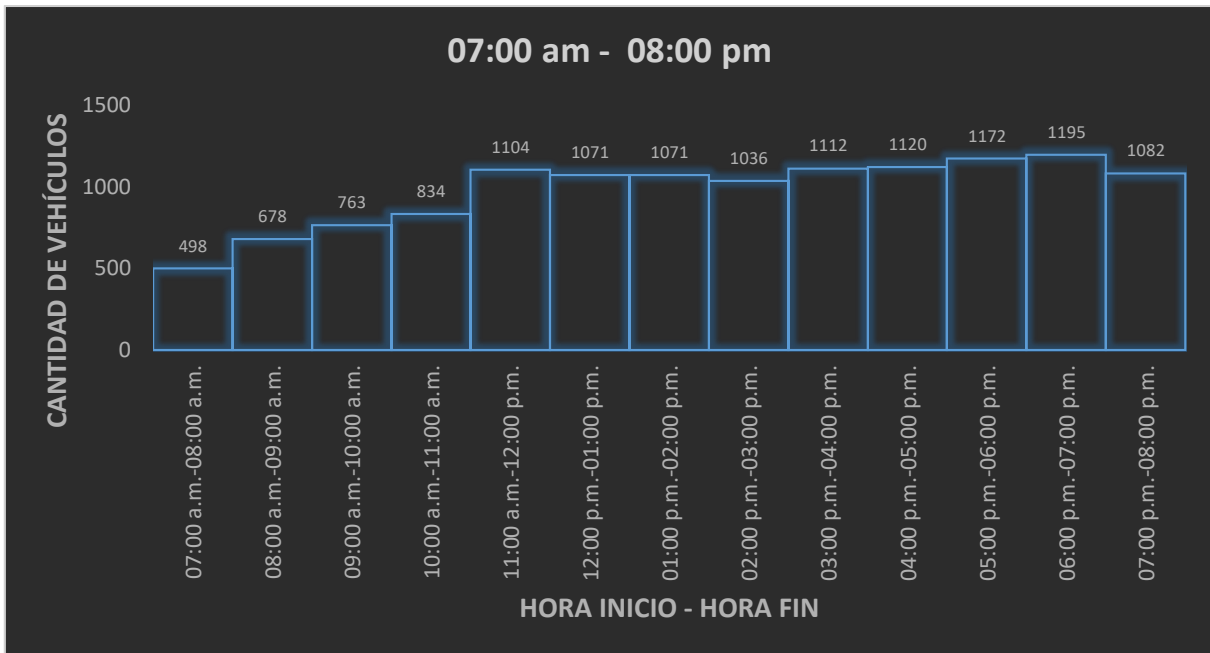


Figura 42: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am - 08:00 pm del 16/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.2.2. Día lunes 18 de enero del 2021

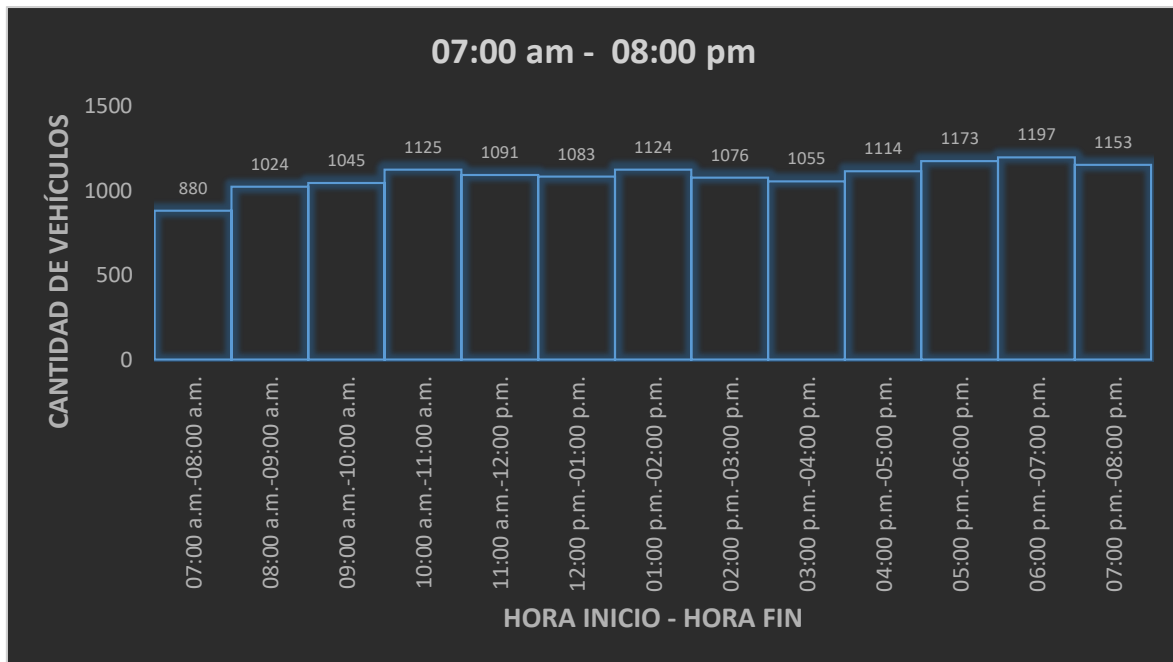


Figura 43: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am - 08:00 pm del 18/01/21

Fuente: Elaboración propia



3.5.1.3.2.3. *Día martes 19 de enero del 2021*

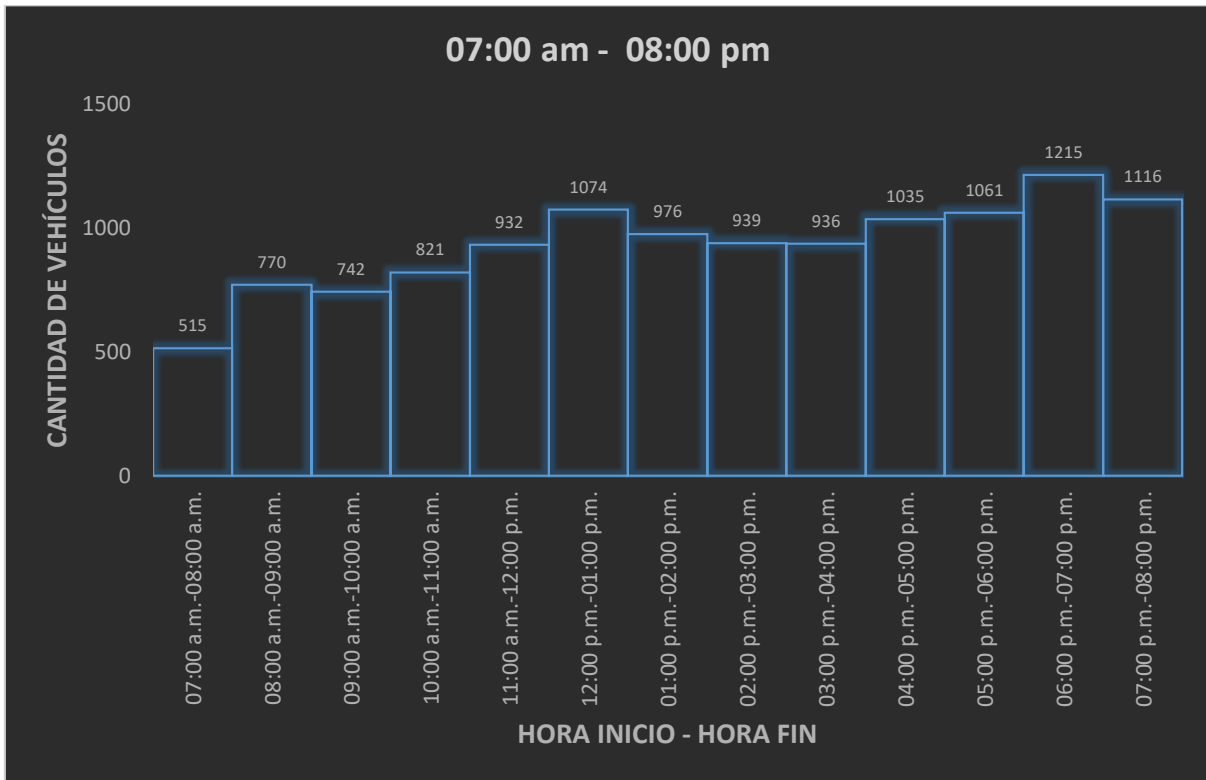


Figura 44: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am - 08:00 pm del 19/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.2.4. *Día miércoles 20 de enero del 2021*

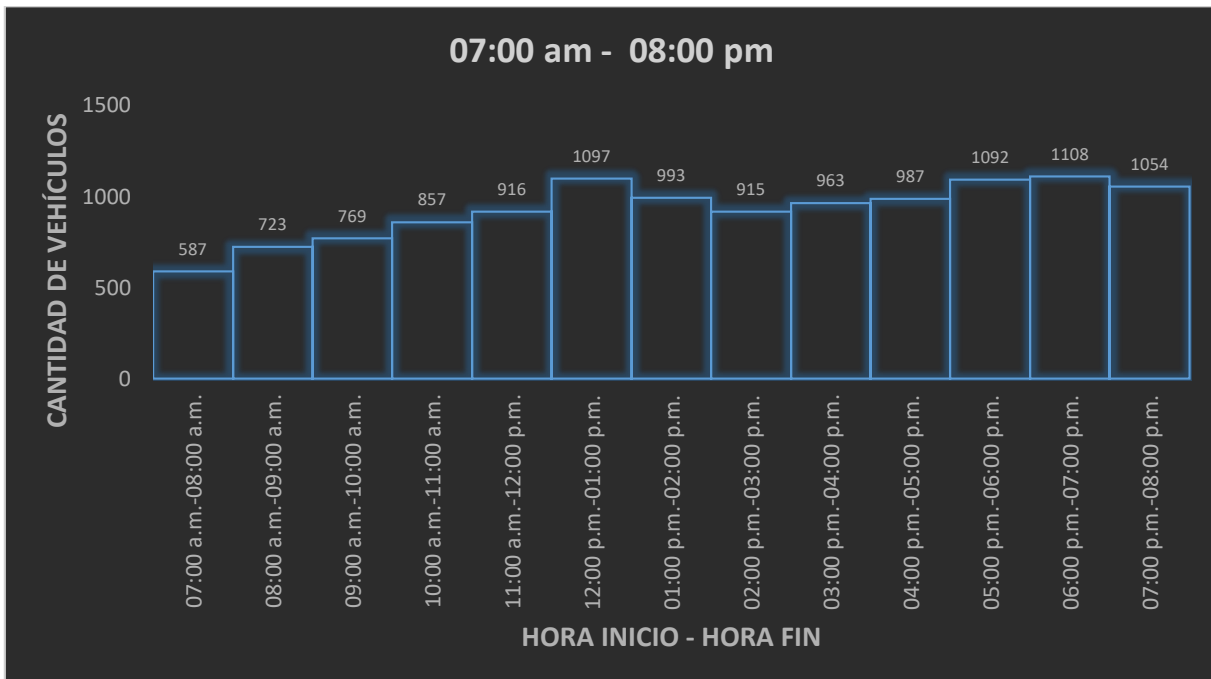


Figura 45: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am - 08:00 pm del 20/01/21

Fuente: Elaboración propia



3.5.1.3.2.5. Día jueves 21 de enero del 2021

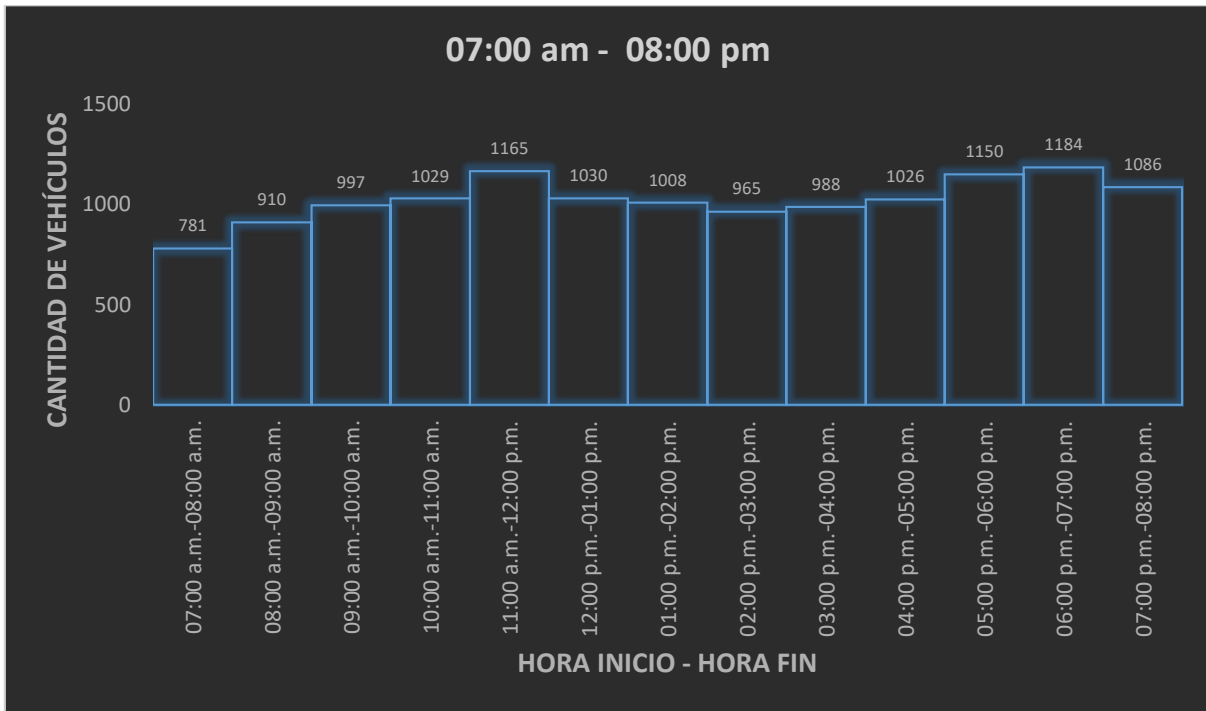


Figura 46: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am – 08:00 pm del 21/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.2.6. Día viernes 22 de enero del 2021

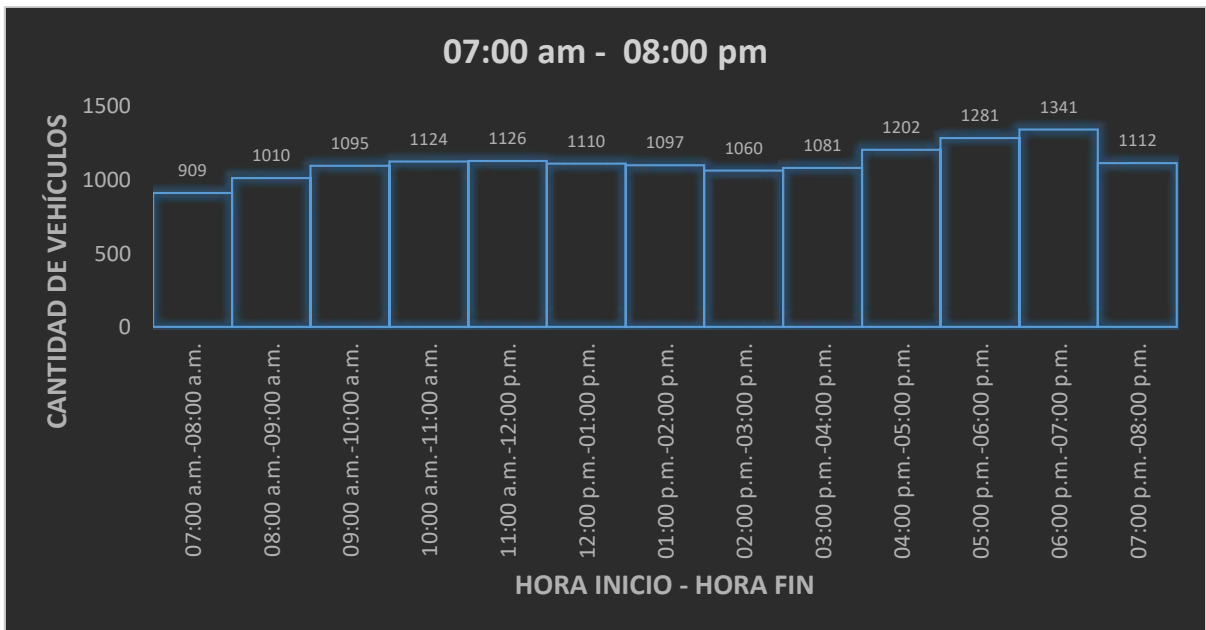


Figura 47: Cantidad de Vehículos en Calle Recoleta, 07:00 am – 08:00 pm del 22/01/21

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Recolección De Datos De La Intersección Semaforzada Calle Recoleta (Av. Argentina)

– Calle Retiro.

3.5.2.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.2.2. Procedimiento

3.5.2.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semaforizadas de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

CÓDIGO ORIGEN - DESTINO	DIRECCIÓN
1-2	W-E
1-3	W-N
1-4	W-S
2-1	E-W
2-4	E-N
2-3	E-S
3-1	N-W
3-2	N-E
3-4	N-S
4-1	S-W
4-2	S-E
4-3	S-N



Figura 48: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.

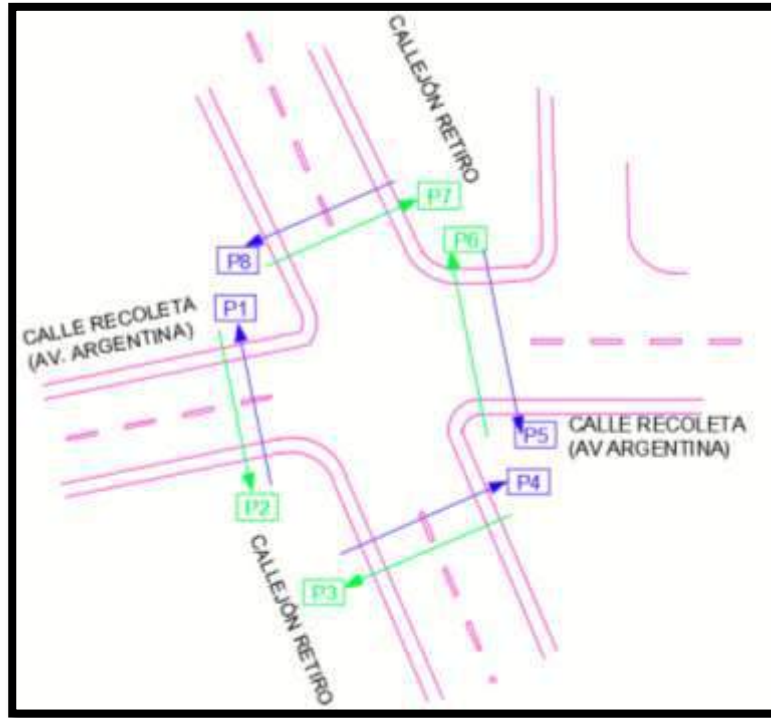


Figura 49: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro
 Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.3. Identificación de puntos de aforo.

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 50: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro
 Fuente: Elaboración propia



3.5.2.2.4. *Registro fílmico*

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. La Cultura y Calle Recoleta (Av. Argentina), se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 51: : Registro fílmico de la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales.*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 52: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro
Fuente: Elaboración propia



Figura 53: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Retiro
Fuente: Elaboración propia



3.5.2.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 54: Características geométricas de la vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 04 calzadas codificadas de C1 a C4.

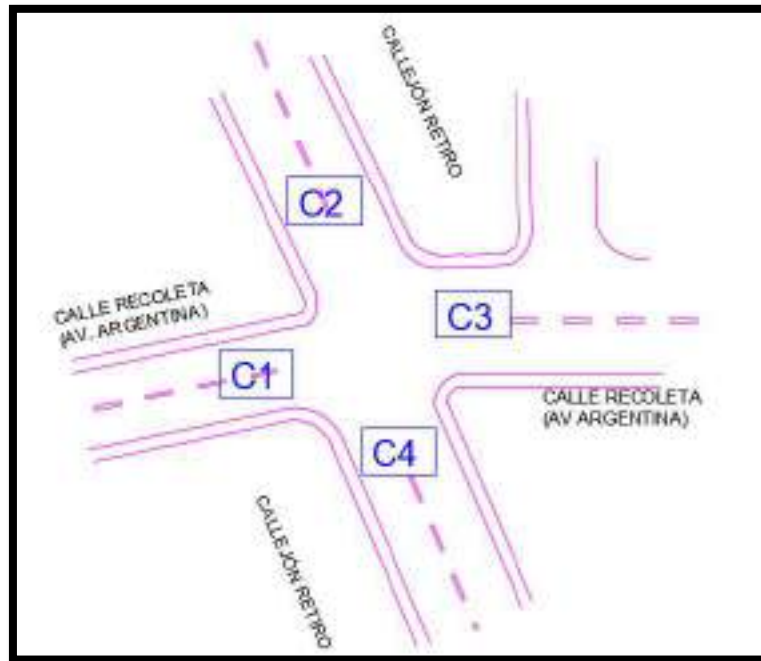


Figura 55: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.2.7. Recolección de características semafóricas

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.

Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 02 semáforos, que van de S1 a S2.

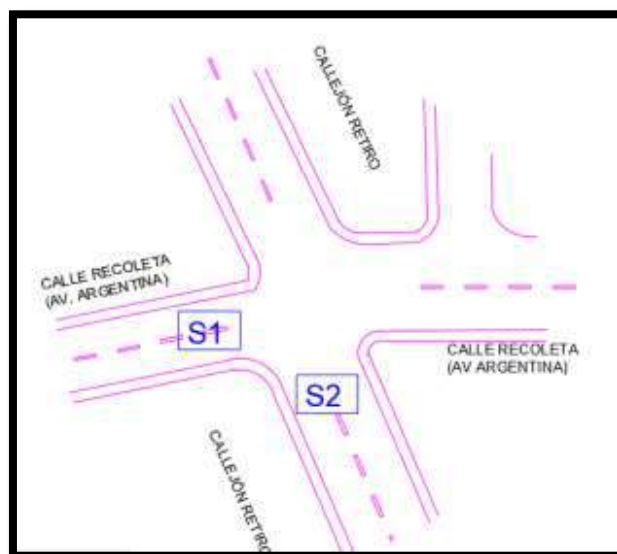


Figura 56: Codificación de las características semafóricas de la intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia


3.5.2.3. Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 11 : Ficha de características semafóricas de la vía N°02, S2


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA N° 02			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO	CÓDIGOS2	
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)	52.00	
	AMBAR (S)	3.00	
	VERDE(S)	25.00	



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 : Ficha de características geométricas de la vía N°01, C1

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 01			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO	CÓDIGOC1	
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
SENTIDO DE CIRCULACION	BIDIRECCIONAL		
ANCHO DE CALZADA (m)	7.20		
PENDIENTE (%)	1.74		
NUMERO DE CARRILES	02 CARRILES		
ANCHO DE CARRIL(m)	3.60		



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 13: Formato de aforo peatonal N°01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°01										
FORMATO DE AFORO PEATONAL										
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRINGIDO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.										
TESISTAS: Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry										
UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLEJON RETIRO										
FECHA:										
HORA INICIO: 06:00 p.m. HORA FIN: 07:00 p.m.										
AFORO PEATONAL										
HORA	PERIODO		CODIGO							
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	18:00 PM	18:15 PM	12	13	4	4	19	8	13	7
	18:15 PM	18:30 PM	3	23	9	24	11	13	14	5
	18:30 PM	18:45 PM	5	9	2	29	18	16	17	11
	18:45 PM	19:00 PM	8	14	8	25	5	5	8	7
SUBTOTAL			28	59	23	82	53	42	52	30
TOTAL			369							



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Ficha de aforo vehicular N°01, 1-4

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FICHA DE AFORO VEHICULAR N°01																			
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																			
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRINGIDO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.																			
TESISTAS: Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry																			
UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CL. CALLEJON RETIRO																			
FECHA:																			
HORA INICIO: 6:00 P.M. HORA FIN: 7:00 P.M.																			
AFORO VEHICULAR																			
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	25/35/52	253	35/35/52	>=353	2T2	2T3	3T2
1	18:00 PM	18:15 PM	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:15 PM	18:30 PM	23	9	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:30 PM	18:45 PM	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:45 PM	19:00 PM	13	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL			51	15	4	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			77																



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Ficha de tiempos de viaje N°01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL		FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°01													
<p>UBICACION: CUSCO-CUSCO-CUSCO CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CL. CALLEJON RETIRO</p>																			
<p>UBICACION SEMAFORIZADA: CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CL. CALLEJON RETIRO</p>																			
<p>FECHA: 11/05/2021</p>																			
<p>TIEMPOS VEHICULARES</p>																			
N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO		
1	60.00	34	65.00	67	11.00	190	62.00	133	9.00	166	63.00	199	10.00	232	11.00	265	12.00	298	331
2	61.00	35	66.00	68	10.00	191	62.00	134	11.00	167	62.00	200	12.00	233	7.00	266	11.00	299	332
3	62.00	36	67.00	69	12.00	192	61.00	135	12.00	168	60.00	201	11.00	234	11.00	267	9.00	300	333
4	63.00	37	61.00	70	10.00	193	61.00	136	14.00	169	62.00	202	13.00	235	7.00	268	12.00	301	334
5	59.00	38	66.00	71	12.00	194	64.00	137	11.00	170	61.00	203	13.00	236	11.00	269	12.00	302	335
6	62.00	39	62.00	72	11.00	195	62.00	138	12.00	171	63.00	204	12.00	237	8.00	270	12.00	303	336
7	61.00	40	61.00	73	9.00	196	60.00	139	9.00	172	61.00	205	12.00	238	63.00	271	10.00	304	337
8	62.00	41	61.00	74	11.00	197	62.00	140	12.00	173	60.00	206	10.00	239	61.00	272	13.00	305	338
9	60.00	42	9.00	75	10.00	198	61.00	141	9.00	174	62.00	207	13.00	240	62.00	273	9.00	306	339
10	64.00	43	10.00	76	12.00	199	62.00	142	12.00	175	63.00	208	11.00	241	60.00	274	10.00	307	340
11	62.00	44	10.00	77	12.00	200	61.00	143	12.00	176	60.00	209	9.00	242	61.00	275	10.00	308	341
12	64.00	45	11.00	78	13.00	201	14.00	144	12.00	177	8.00	210	10.00	243	65.00	276	13.00	309	342
13	61.00	46	12.00	79	13.00	202	10.00	145	11.00	178	11.00	211	9.00	244	64.00	277	10.00	310	343
14	11.00	47	11.00	80	12.00	203	10.00	146	10.00	179	10.00	212	10.00	245	63.00	278	9.00	311	344
15	11.00	48	12.00	81	10.00	204	12.00	147	14.00	180	9.00	213	63.00	246	62.00	279	14.00	312	345
16	12.00	49	13.00	82	11.00	205	11.00	148	9.00	181	8.00	214	61.00	247	61.00	280	9.00	313	346
17	13.00	50	12.00	83	11.00	206	11.00	149	10.00	182	8.00	215	62.00	248	61.00	281	13.00	314	347
18	9.00	51	11.00	84	9.00	207	11.00	150	9.00	183	8.00	216	60.00	249	63.00	282	9.00	315	348
19	12.00	52	9.00	85	11.00	208	12.00	151	10.00	184	8.00	217	63.00	250	11.00	283	9.00	316	349
20	12.00	53	11.00	86	13.00	209	10.00	152	14.00	185	8.00	218	61.00	251	10.00	284	12.00	317	350
21	10.00	54	11.00	87	12.00	210	12.00	153	11.00	186	10.00	219	61.00	252	10.00	285	62.00	318	351
22	12.00	55	10.00	88	10.00	211	14.00	154	12.00	187	9.00	220	63.00	253	12.00	286	61.00	319	352
23	10.00	56	9.00	89	12.00	212	11.00	155	14.00	188	8.00	221	62.00	254	9.00	287	61.00	320	353
24	9.00	57	10.00	90	11.00	213	11.00	156	9.00	189	8.00	222	61.00	255	12.00	288	61.00	321	354
25	10.00	58	11.00	91	9.00	214	10.00	157	13.00	190	9.00	223	12.00	256	10.00	289	62.00	322	355
26	10.00	59	10.00	92	10.00	215	11.00	158	9.00	191	10.00	224	10.00	257	8.00	290	62.00	323	356
27	11.00	60	12.00	93	11.00	216	9.00	159	14.00	192	8.00	225	13.00	258	8.00	291	62.00	324	357
28	9.00	61	11.00	94	9.00	217	12.00	160	12.00	193	8.00	226	9.00	259	9.00	292	61.00	325	358
29	11.00	62	11.00	95	11.00	218	9.00	161	14.00	194	8.00	227	11.00	260	11.00	293	63.00	326	359
30	10.00	63	10.00	96	12.00	219	12.00	162	10.00	195	8.00	228	12.00	261	9.00	294	62.00	327	360
31	61.00	64	9.00	97	10.00	220	10.00	163	62.00	196	8.00	229	10.00	262	9.00	295	63.00	328	361
32	62.00	65	11.00	98	10.00	221	13.00	164	63.00	197	10.00	230	9.00	263	10.00	296	62.00	329	362
33	62.00	66	11.00	99	9.00	222	11.00	165	61.00	198	9.00	231	11.00	264	7.00	297	63.00	330	363
<p>TIEMPO PROMEDIO (s) 24.43</p> <p>VELOCIDAD MEDIA (Km/h) 22.10</p> <p>DISTANCIA MEDIA (m) 150.00</p>																			

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta (Av. Argentina)

– Calle Puputi

3.5.3.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.3.2. Procedimiento

3.5.3.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semafORIZADAS de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

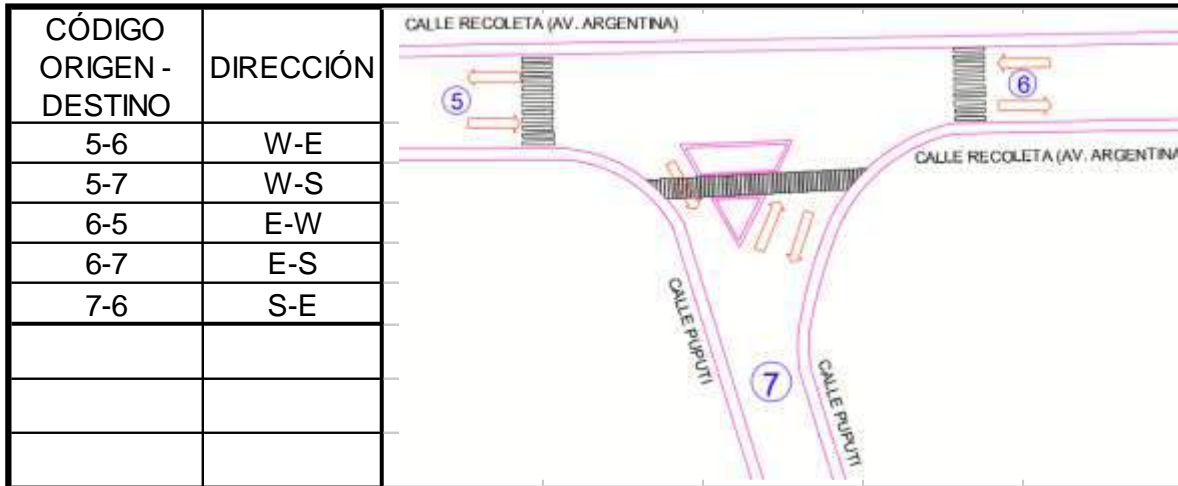


Figura 57: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) –
Calle Puputi

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.

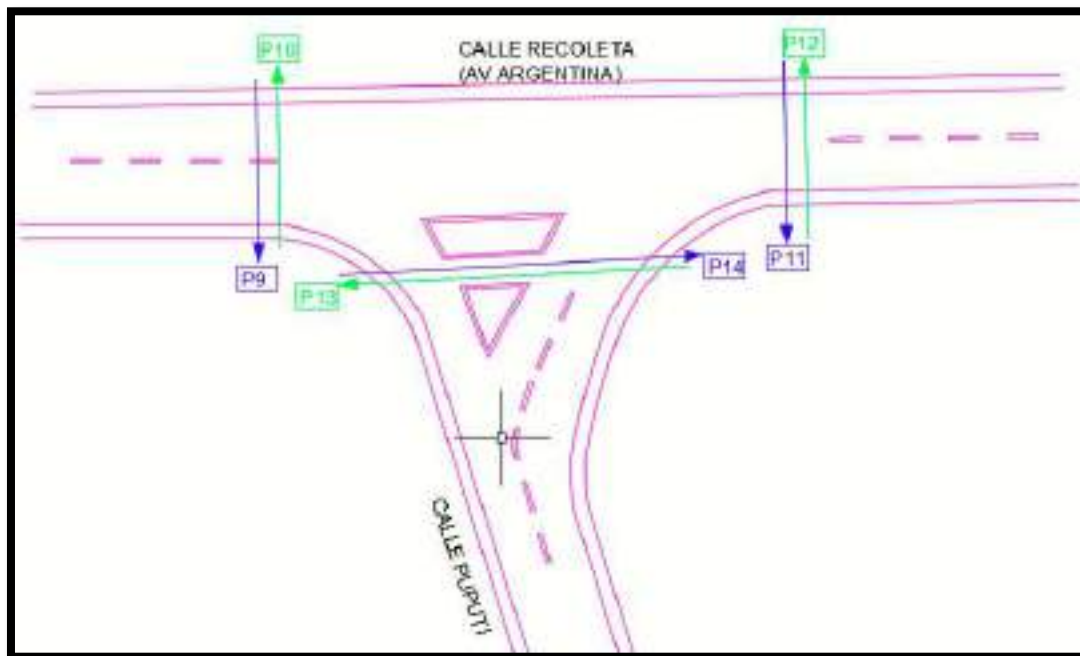


Figura 58: Codificación de movimientos peatonales en la Intersección Semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) –
Calle Puputi

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2.3. *Identificación de puntos de aforo.*

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 59: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforizada de Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi
Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2.4. *Registro fílmico*

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. La Cultura y Calle Recoleta (Av. Argentina), se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 60: Registro fílmico de la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi. Estación E-2B

Fuente: Elaboración propia



Figura 61: Registro fílmico de la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi. Estación E-2B

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales.*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.



El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 62: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi

Fuente: Elaboración propia



Figura 63: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Calle Recoleta (Av. Argentina) - Calle Puputi

Fuente: Elaboración propia



3.5.3.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 64: Características geométricas de la vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 05 calzadas codificadas de C5 a C9.

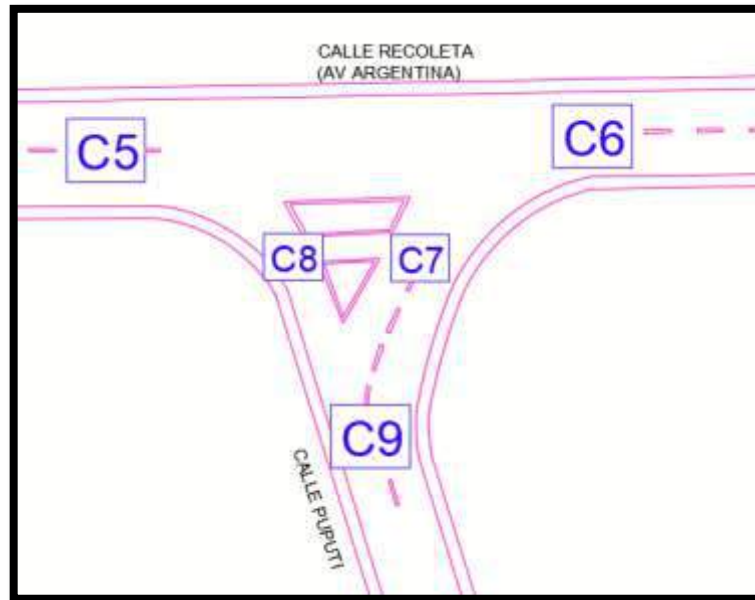


Figura 65: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3.2.7. Recolección de características semafóricas

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.

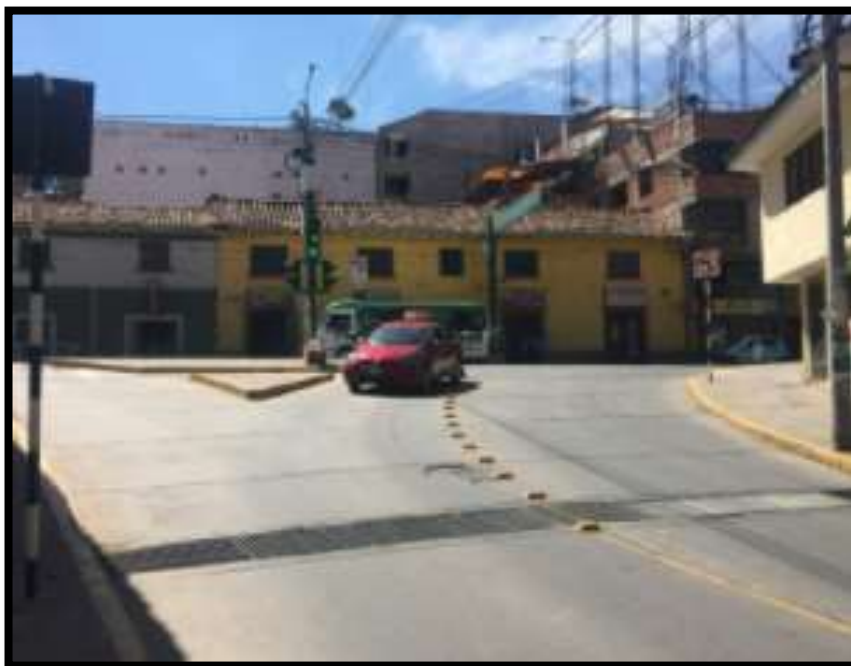


Figura 66: Codificación de las características semafóricas de la intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi

Fuente: Elaboración Propia



Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 02 semáforos, que van de S1 a S2.

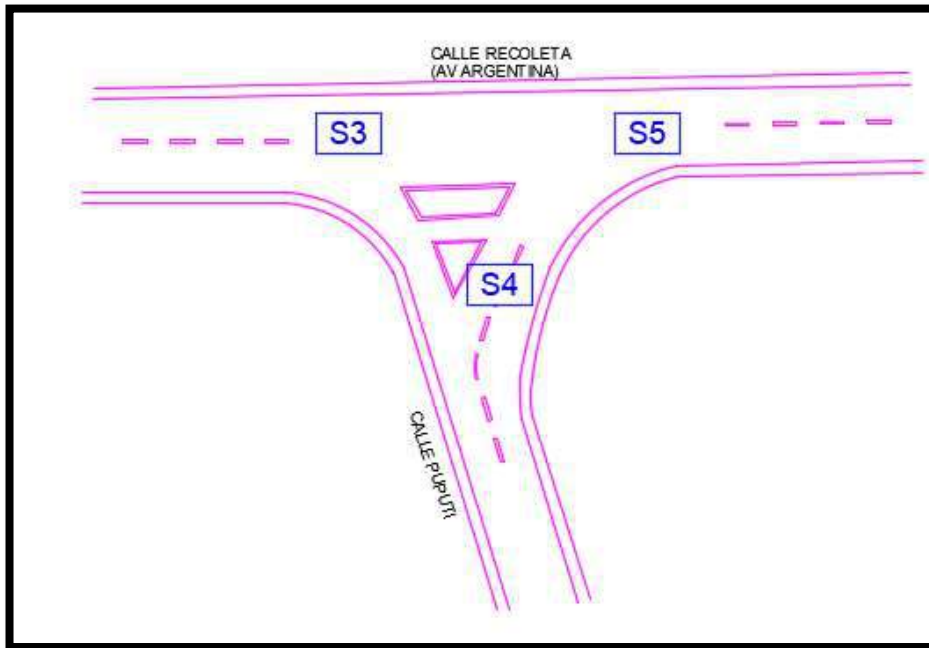


Figura 67: Codificación de las características semafóricas de la intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Puputi Fuente: Elaboración Propia

3.5.3.3.Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 16 : Ficha de características semafóricas de la vía N°03, S5


		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL				
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO		CÓDIGOS	S5	
	JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS				
INTERSECCION	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLE PUPUTI				
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021				
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)				54.00
	AMBAR (S)				3.00
	VERDE(S)				63.00

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 17 : Ficha de características geométricas de la vía N°06, C9


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 05	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLE PUPUTI	CÓDIGO	C9
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
SENTIDO DE CIRCULACION	BIDIRECCIONAL		
ANCHO DE CALZADA (m)	9.05		
PENDIENTE (%)	10.52		
NUMERO DE CARRILES	02 CARRILES		
ANCHO DE CARRIL (m)	4.53		



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Formato de aforo peatonal N°02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL		FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°02						
FORMATO DE AFORO PEATONAL								
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL								
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry							
UBICACION:	CUSCO-CUSCO-CUSCO							
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	CALLE RECOLETA (AV. ARGENTINA) - CALLE PUPUTI							
FECHA:	HORA INICIO:	6:00p.m	HORA FIN: 7:00p.m					
AFORO PEATONAL								
HORA	PERIODO	CODIGO						
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P9	P10	P11	P12	P13	P14
1	18:00 PM	18:15 PM	9	12	25	19	20	17
	18:15 PM	18:30 PM	10	7	10	20	23	26
	18:30 PM	18:45 PM	5	14	14	8	19	27
	18:45 PM	19:00 PM	14	5	25	22	9	15
SUBTOTAL			38	38	74	69	71	85
TOTAL			375					



Fuente: Elaboración Propia

3.5.4. Recolección De Datos De La Intersección Semaforzada Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrasta

3.5.4.1. *Equipo Utilizado*

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.4.2. *Procedimiento*

3.5.4.2.1. *Codificación del sentido vehicular*

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semaforizadas de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

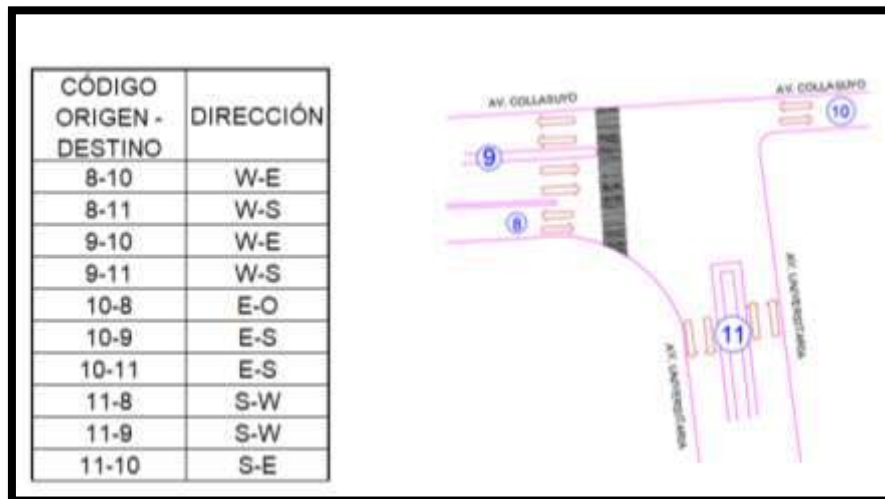


Figura 68: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrasta

Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2.2. *Codificación de los movimientos peatonales*

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.

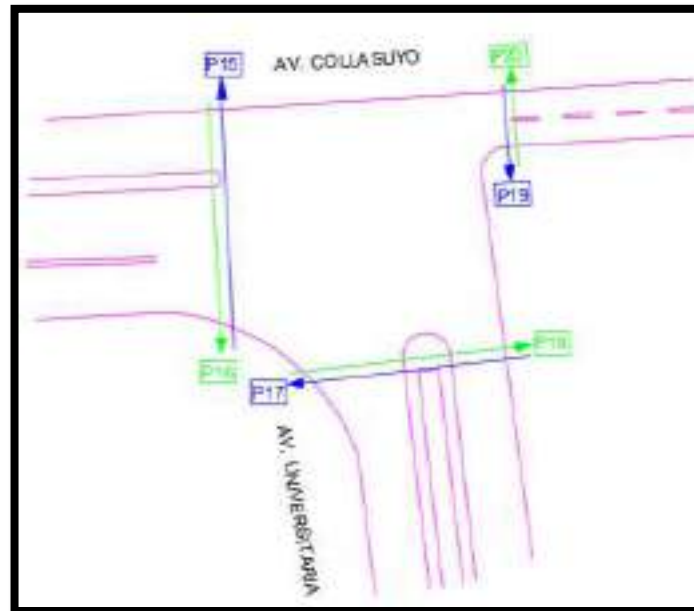


Figura 69: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza
Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2.3. Identificación de puntos de aforo

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:

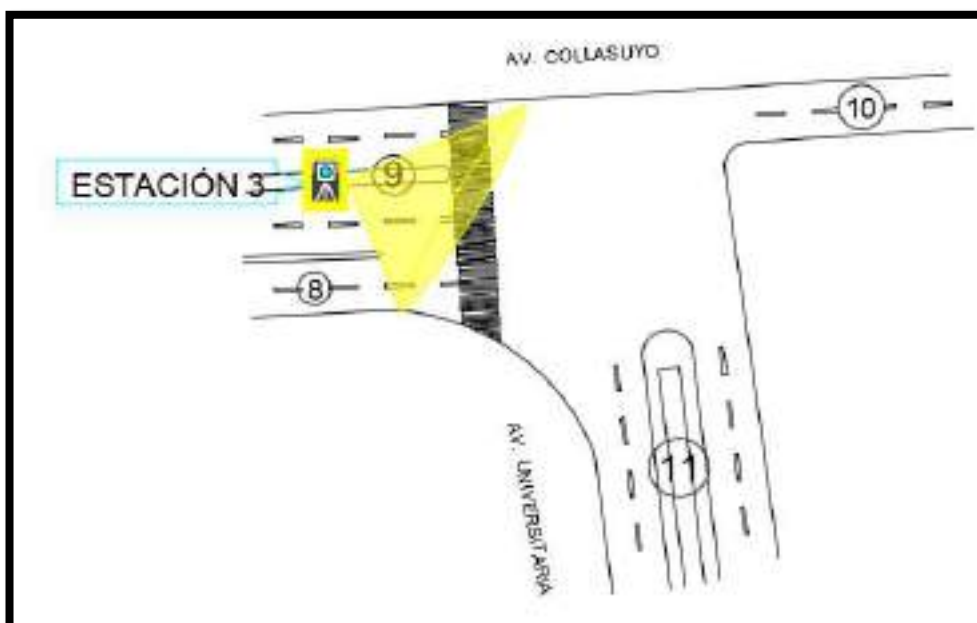


Figura 70: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforizada de Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza
Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2.4. *Registro fílmico*

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. La Cultura y Calle Recoleta (Av. Argentina), se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 71: : Registro fílmico de la intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza
Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 72: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística

Fuente: Elaboración propia



Figura 73: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrística

Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2.6. Recolección de características geométricas de la vía

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.

- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 74: Características geométricas de la vía Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrasta

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 04 calzadas codificadas de C8 a C11.

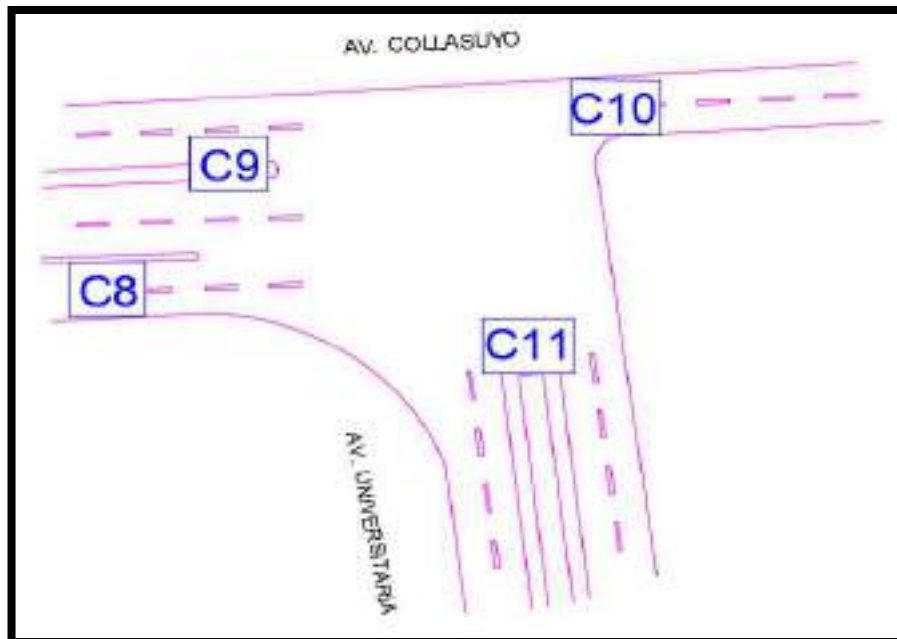


Figura 75: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatrasta

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4.2.7. *Recolección de características semafóricas*

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.



Figura 76: Recolección de características semafóricas de la vía Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 03 semáforos, que van de S6 a S8.

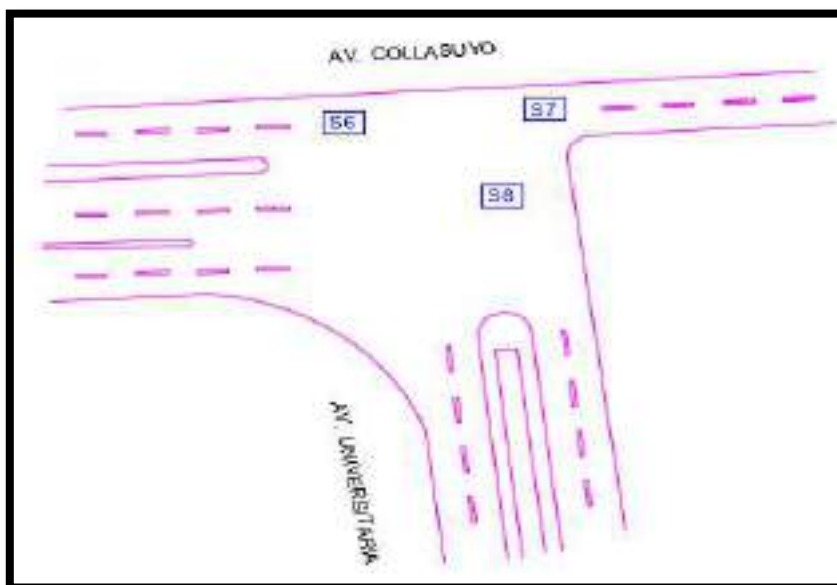


Figura 77: Codificación de las características semafóricas de la intersección Av. Collasuyo – Av. Universitaria – Calle German Alatriza

Fuente: Elaboración Propia


3.5.4.3. Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 21 : Ficha de características semafóricas de la vía N°01, S6


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS DE LA VIA N° 01			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - CL. GERMAN ALATRISTA	CÓDIGOC	S6
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)		58.00
	AMBAR (S)		3.00
	VERDE(S)		49.00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 : Ficha de características geométricas de la vía N°01, C10

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 01			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA	CÓDIGOC	C10
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
SENTIDO DE CIRCULACION	UNIDIRECCIONAL		
ANCHO DE CALZADA (m)	7.10		
PENDIENTE (%)	6.99		
NUMERO DE CARRILES	02 CARRILES		
ANCHO DE CARRIL (m)	3.55		

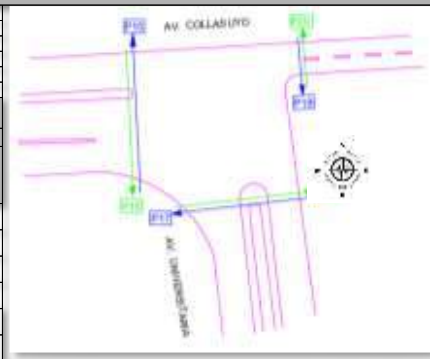


Fuente: Elaboración propia



Tabla 23: Formato de aforo peatonal N°03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL				
FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°03								
FORMATO DE AFORO PEATONAL								
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL								
TESISTAS:		Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban						
UBICACIÓN:		CUSCO-CUSCO-CUSCO						
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA		AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA						
FECHA:		HORA INICIO:		HORA FIN:				
AFORO PEATONAL								
HORA	PERIODO		CODIGO					
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P15	P16	P17	P18	P19	P20
1	18:00 PM	18:15 PM	4	15	3	9	19	9
	18:15 PM	18:30 PM	14	33	10	22	23	19
	18:30 PM	18:45 PM	14	16	11	16	19	18
	18:45 PM	19:00 PM	26	26	6	9	15	18
SUBTOTAL			58	90	30	56	76	64
TOTAL			374					



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Ficha de aforo vehicular N°01, 1-4

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL																	
FICHA DE AFORO VEHICULAR N°02																					
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																					
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																					
TESISTAS:		Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban																			
UBICACIÓN:		CUSCO-CUSCO-CUSCO																			
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA		AV. UNIVERSITARIA - AV. COLLASUYO - CL. GERMAN ALATRISTA																			
CÓDIGO DE GRUPO:		9-11		FECHA:																	
HORA INICIO:		HORA FIN:																			
AFORO VEHICULAR																					
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN		PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>>3 E	2 E	3 E	4 E	251/252	253	351/352	>> 353	2T2	2T3	3T2	>>3T3	
1	18:00 PM	18:15 PM	63	6	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:15 PM	18:30 PM	50	15	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:30 PM	18:45 PM	54	17	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:45 PM	19:00 PM	57	10	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL			224	48	9	0	6	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			304																		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 25: Ficha de tiempos de viaje N°03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL		FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°03	
<p>UBICACIÓN: AV. UNIVERSITARIA - AV. COLLASUYO - CL. GERMAN ALATRISTA</p> <p>REGIA: 1647</p> <p>NIVEL DE CONFIANZA: 95.00%</p> <p>MARGEN DE ERROR: 5.00%</p> <p>TAMAÑO DE LA MUESTRA: 313</p> <p>HORA INICIO: 11:00</p> <p>HORA FIN: 12:00</p>							
TIEMPOS VEHICULARES							
N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO
1	10.00	34	10.00	67	13.00	100	12.00
2	11.00	35	13.00	68	14.00	101	10.00
3	12.00	36	10.00	69	10.00	102	9.00
4	10.00	37	11.00	70	14.00	103	12.00
5	12.00	38	11.00	71	11.00	104	9.00
6	11.00	39	13.00	72	10.00	105	12.00
7	10.00	40	10.00	73	9.00	106	10.00
8	9.00	41	10.00	74	12.00	107	9.00
9	12.00	42	12.00	75	14.00	108	10.00
10	13.00	43	13.00	76	9.00	109	11.00
11	14.00	44	10.00	77	9.00	110	10.00
12	11.00	45	9.00	78	12.00	111	10.00
13	10.00	46	10.00	79	10.00	112	9.00
14	13.00	47	13.00	80	9.00	113	11.00
15	8.00	48	10.00	81	10.00	114	13.00
16	12.00	49	9.00	82	9.00	115	9.00
17	10.00	50	12.00	83	11.00	116	11.00
18	9.00	51	12.00	84	10.00	117	10.00
19	10.00	52	10.00	85	10.00	118	11.00
20	9.00	53	9.00	86	8.00	119	13.00
21	10.00	54	11.00	87	12.00	120	13.00
22	14.00	55	11.00	88	81.00	121	14.00
23	20.00	56	11.00	89	81.00	122	12.00
24	63.00	57	9.00	90	65.00	123	11.00
25	63.00	58	11.00	91	62.00	124	10.00
26	65.00	59	10.00	92	63.00	125	10.00
27	67.00	60	10.00	93	67.00	126	10.00
28	61.00	61	9.00	94	61.00	127	9.00
29	69.00	62	11.00	95	63.00	128	11.00
30	65.00	63	10.00	96	63.00	129	13.00
31	63.00	64	10.00	97	66.00	130	13.00
32	65.00	65	11.00	98	68.00	131	10.00
33	60.00	66	10.00	99	64.00	132	10.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Universitaria

3.5.5.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.5.2. Procedimiento

3.5.5.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semaforizadas de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

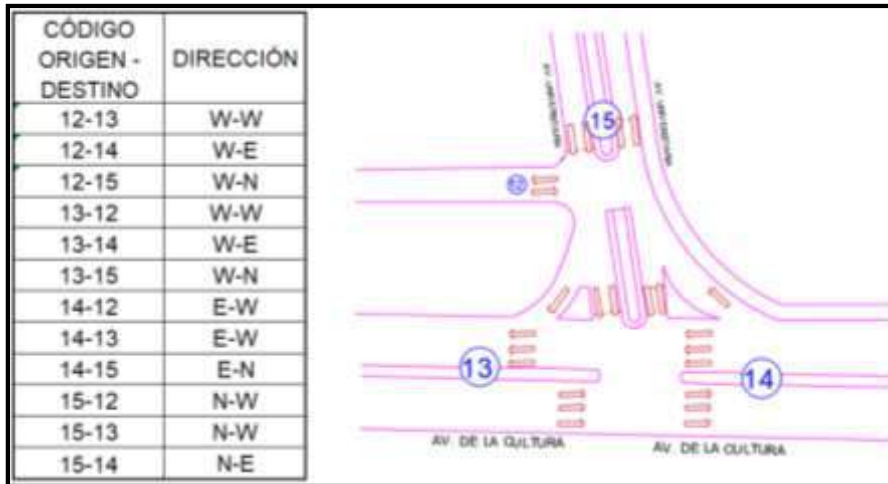


Figura 78: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.



Figura 79: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.2.3. *Identificación de puntos de aforo.*

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 80: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Universitaria
Fuente: Elaboración propia

3.5.5.2.4. *Registro fílmico*

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales Av. De La Cultura – Av. Universitaria, se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.



Figura 81: : Registro fílmico de la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria
Fuente: Elaboración propia



El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.

3.5.5.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales.*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 82: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración propia



Figura 83: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 84: Características geométricas de la vía Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia



Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 10 calzadas codificadas de C16 a C26.

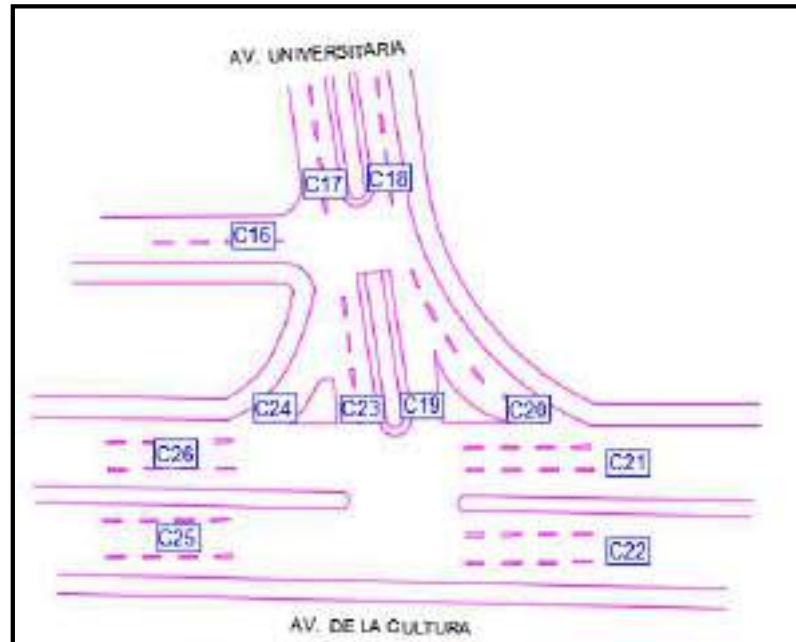


Figura 85: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.2.7. *Recolección de características semafóricas*

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.



Figura 86: Recolección de las características semafóricas de la intersección Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 02 semáforos, que van de S1 a S2.

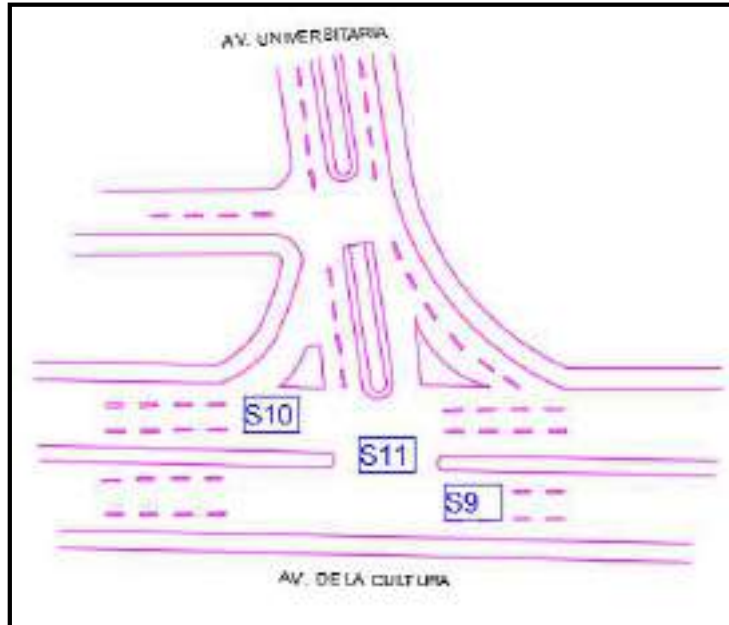


Figura 87: Codificación de las características semafóricas de la intersección Av. De La Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.3.Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 26 : Ficha de características semafóricas de la vía N°01, S9

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA N° 01			
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS		
INTERSECCION	AV. DE LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA	CÓDIGOS	S9
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021		
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)	61.00	
	AMBAR (S)	3.00	
	VERDES (S)	35.00	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 27 : Ficha de características geométricas de la vía N°11, C26

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 11	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
INTERSECCION	AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA CÓDIGC C26
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021
SENTIDO DE CIRCULACION	Unidireccional
ANCHO DE CALZADA (m)	10.30
PENDIENTE (%)	3.49
NUMERO DE CARRILES	3 carriles
ANCHO DE CARRIL (m)	3.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Formato de aforo peatonal N°04

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL												
FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°04												
FORMATO DE AFORO PEATONAL												
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL												
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry											
UBICACION:	CUSCO-CUSCO-CUSCO											
INTERSECCION SEMAFORIZADA	AV. DE LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA											
FECHA:												
HORA INICIO:	HORA FIN:											
AFORO PEATONAL												
HORA	PERIODO	CODIGO										
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
1	18:00 PM	18:15 PM	25	20	26	45	38	26	23	16	26	18
	18:15 PM	18:30 PM	32	28	33	28	42	14	28	11	24	33
	18:30 PM	18:45 PM	20	11	30	40	39	22	38	20	15	30
	18:45 PM	19:00 PM	41	13	26	40	31	30	27	21	18	31
SUBTOTAL			118	72	115	153	150	92	116	68	83	112
TOTAL			1079									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Ficha de aforo vehicular N°09, 14-13

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL																				
FICHA DE AFORO VEHICULAR N°09																				
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																				
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry																			
UBICACION:	CUSCO-CUSCO-CUSCO																			
INTERSECCION SEMAFORIZADA:	AV. DE LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA -																			
CODIGO DE ORD:	14-13																			
HORA INICIO:	6:00 p.m.																			
HORA FIN:	7:00 p.m.																			
AFORO VEHICULAR																				
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS	RURAL Combis	MICRO	BUS			CAMION			SCM TRAILER			TRAILER			
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN			PANEL			2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	251/252	253	351/352	353	272	273	372	
1	18:00 PM	18:15 PM	181	49	10	5	0	45	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:15 PM	18:30 PM	208	46	10	4	0	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:30 PM	18:45 PM	217	55	12	5	1	41	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:45 PM	19:00 PM	167	52	15	5	0	42	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL			773	202	47	19	1	171	2	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			1225																	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Ficha de tiempos de viaje N°04

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°04													
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRANSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL													
TESISTAS: Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry													
UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO AV. DE LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA													
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA: AV. DE LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA													
POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION		NIVEL DE CONFIANZA		MARGEN DE ERROR		TAMANO DE LA MUESTRA		FECHA		HORA INICIO			
4015		95.00%		5.00%		352							
TIEMPOS VEHICULARES													
N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO
1	13.00	34	11.00	67	12.00	100	16.00	133	12.00	166	15.00	199	13.00
2	11.00	35	9.00	68	13.00	101	8.00	134	16.00	167	13.00	200	14.00
3	13.00	36	16.00	69	15.00	102	13.00	135	9.00	168	9.00	201	9.00
4	11.00	37	9.00	70	15.00	103	9.00	136	17.00	169	11.00	202	9.00
5	16.00	38	9.00	71	17.00	104	12.00	137	9.00	170	9.00	203	13.00
6	16.00	39	16.00	72	12.00	105	14.00	138	8.00	171	15.00	204	14.00
7	9.00	40	9.00	73	19.00	106	12.00	139	15.00	172	13.00	205	9.00
8	9.00	41	9.00	74	11.00	107	11.00	140	11.00	173	14.00	206	10.00
9	15.00	42	9.00	75	9.00	108	9.00	141	11.00	174	14.00	207	19.00
10	10.00	43	15.00	76	9.00	109	10.00	142	14.00	175	14.00	208	17.00
11	10.00	44	17.00	77	13.00	110	11.00	143	9.00	176	17.00	209	9.00
12	14.00	45	15.00	78	14.00	111	9.00	144	9.00	177	12.00	210	17.00
13	16.00	46	9.00	79	14.00	112	9.00	145	16.00	178	9.00	211	9.00
14	10.00	47	14.00	80	16.00	113	12.00	146	11.00	179	10.00	212	13.00
15	11.00	48	9.00	81	19.00	114	9.00	147	16.00	180	12.00	213	16.00
16	12.00	49	13.00	82	15.00	115	17.00	148	9.00	181	9.00	214	15.00
17	14.00	50	15.00	83	9.00	116	17.00	149	15.00	182	9.00	215	16.00
18	13.00	51	13.00	84	14.00	117	9.00	150	9.00	183	9.00	216	16.00
19	9.00	52	13.00	85	16.00	118	10.00	151	17.00	184	14.00	217	13.00
20	11.00	53	11.00	86	9.00	119	11.00	152	9.00	185	11.00	218	16.00
21	17.00	54	13.00	87	15.00	120	17.00	153	19.00	186	7.00	219	11.00
22	9.00	55	16.00	88	11.00	121	13.00	154	13.00	187	16.00	220	10.00
23	14.00	56	17.00	89	11.00	122	17.00	155	10.00	188	78.00	221	14.00
24	15.00	57	9.00	90	13.00	123	87.00	156	9.00	189	82.00	222	9.00
25	15.00	58	77.00	91	12.00	124	87.00	157	13.00	190	86.00	223	12.00
26	10.00	59	78.00	92	13.00	125	86.00	158	17.00	191	77.00	224	9.00
27	9.00	60	89.00	93	9.00	126	84.00	159	9.00	192	83.00	225	15.00
28	12.00	61	85.00	94	9.00	127	77.00	160	14.00	193	83.00	226	16.00
29	13.00	62	87.00	95	9.00	128	80.00	161	14.00	194	79.00	227	17.00
30	9.00	63	78.00	96	9.00	129	86.00	162	11.00	195	86.00	228	8.00
31	17.00	64	86.00	97	15.00	130	83.00	163	9.00	196	77.00	229	15.00
32	12.00	65	85.00	98	13.00	131	85.00	164	12.00	197	87.00	230	15.00
33	10.00	66	14.00	99	13.00	132	78.00	165	16.00	198	86.00	231	13.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.6. Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

3.5.6.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.6.2. Procedimiento

3.5.6.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semafORIZADAS de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

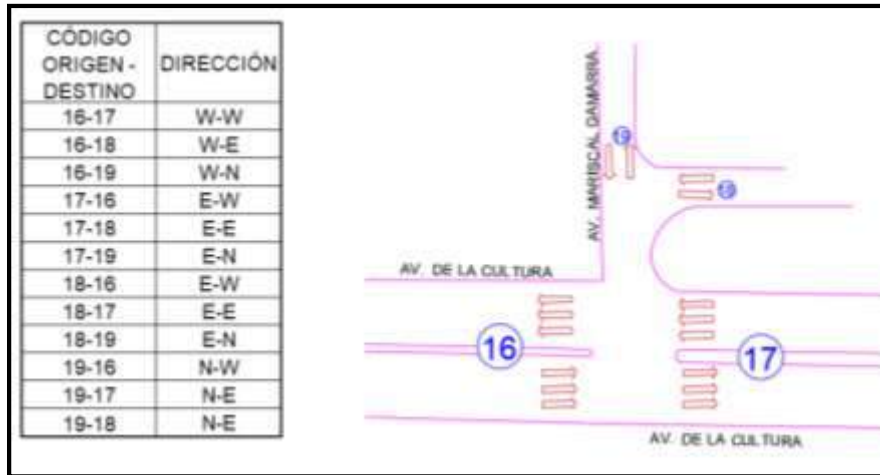


Figura 88: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.



Figura 89: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.3. *Identificación de puntos de aforo.*

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 90: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforizada de Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra
Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.4. *Registro fílmico*

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra, se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 91: : Registro fílmico de la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales.*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.
-

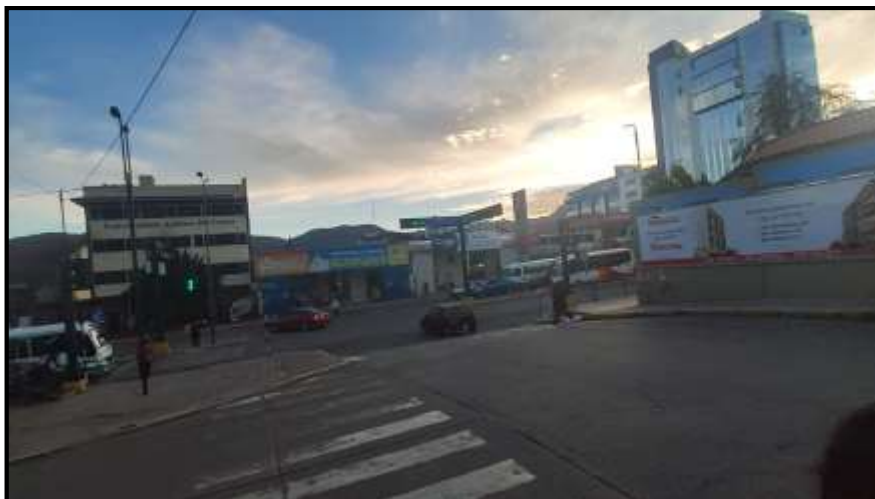




Figura 92: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración propia



Figura 93: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semaforizada y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semaforizada.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 94: Características geométricas de la vía Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 04 calzadas codificadas de C27 a C32.

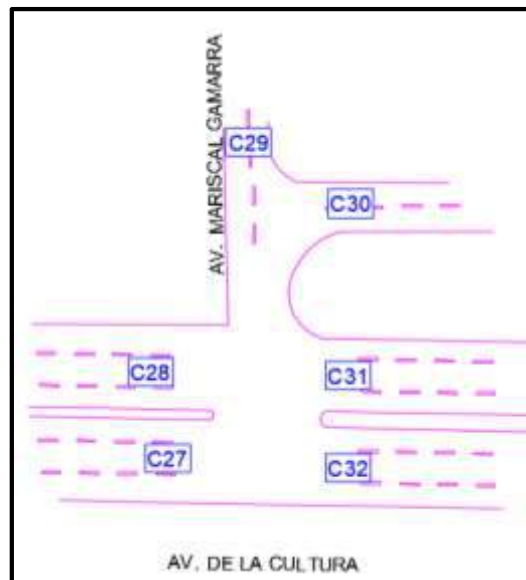


Figura 95: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.2.7. *Recolección de características semafóricas*

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.



Figura 96: Recolección de características semafórica Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 02 semáforos, que van de S1 a S2.



Figura 97: Codificación de las características semafóricas de la intersección Av. De La Cultura – Av. Mariscal Gamarra

Fuente: Elaboración Propia


3.5.6.3. Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 31 : Ficha de características semafóricas de la vía N°03, S14


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS DE LA VÍA N° 03	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
INTERSECCION	AV. DE LA CULTURA - AV. MARISCAL GAMARRA CÓDIGO S14
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S) 47.00
	AMBAR (S) 3.00
	VERDE(S) 50.00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 : Ficha de características geométricas de la vía N°04, C30

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA N° 04	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
INTERSECCION	AV. MARISCAL GAMARRA - AV. DE LA CULTURA CÓDIGO C30
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021
SENTIDO DE CIRCULACION	Bidireccional
ANCHO DE CALZADA (m)	6.30
PENDIENTE (%)	5.24
NUMERO DE CARRILES	2 carriles
ANCHO DE CARRIL (m)	3.15



Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Formato de aforo peatonal N°05

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL													
FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°05													
FORMATO DE AFORO PEATONAL													
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL													
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Solo Vivanco, Harry												
UBICACION:	CUSCO-CUSCO-CUSCO												
INTERSECCION SEMAFORIZADA	AV. DE LA CULTURA - AV. MARISCAL GAMARRA												
FECHA:													
HORA INICIO:	HORA FIN:												
AFORO PEATONAL													
HORA PERIODOS DE 15 MINUTOS	PERIODO		CODIGO										
	INICIO	FIN	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	
1	18:00 PM	18:15 PM	11	20	18	13	12	25	0	0	31	44	
	18:15 PM	18:30 PM	11	21	15	10	27	24	0	0	30	30	
	18:30 PM	18:45 PM	13	18	13	12	33	16	0	0	52	25	
	18:45 PM	19:00 PM	20	19	18	28	30	17	0	0	39	44	
SUBTOTAL			55	78	64	63	102	82	0	0	152	143	
TOTAL			739										



Fuente: Elaboración propia

- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.7.2. Procedimiento

3.5.7.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semaforizadas de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

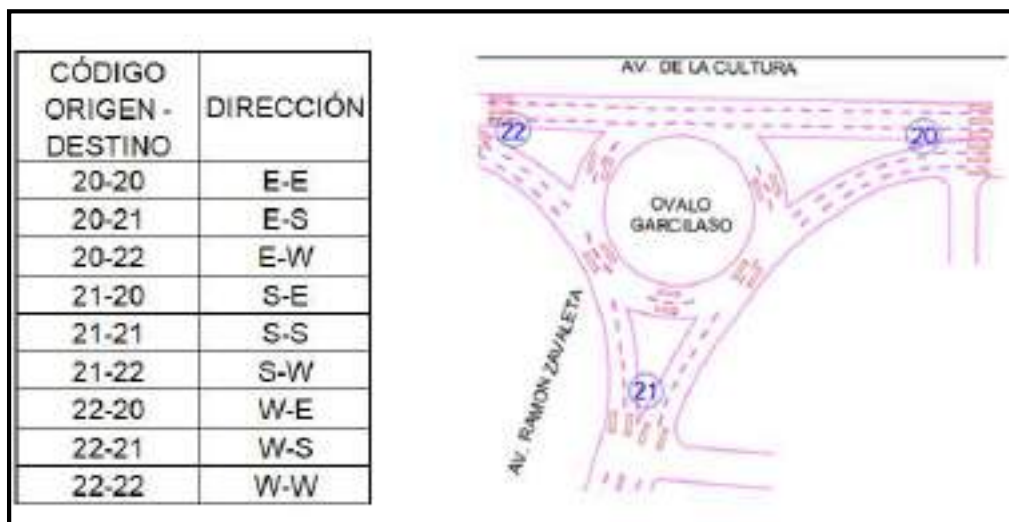


Figura 98: Codificación de movimientos vehiculares en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración propia

3.5.7.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.



Figura 99: Codificación de movimientos peatonales en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración propia

3.5.7.2.3. Identificación de puntos de aforo.

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 100: Identificación de punto de aforo en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración propia

3.5.7.2.4. Registro fílmico

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. La Cultura y Calle Recoleta (Av. Argentina), se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 101: Registro fílmico del Ovalo Garcilaso. Estación E-6A

Fuente: Elaboración propia



Figura 102: Registro fílmico del Ovalo Garcilaso. Estación E-6B

Fuente: Elaboración propia



3.5.7.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 103: Volúmenes vehiculares en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración propia



Figura 104: Volúmenes peatonales en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración propia



3.5.7.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.
- Diámetro externo del Óvalo: Se refiere al diámetro del borde exterior que define la calzada anular. Se obtiene sumando el ancho de los carriles que rodean el islote central, más el diámetro interno
- Diámetro interno del Óvalo: Se refiere al diámetro del islote central. Se puede obtener a partir de la medición del perímetro del islote central.



Figura 105: Características geométricas en el Ovalo Garcilaso

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 04 calzadas codificadas de C1 a C4.



Figura 106: Codificación de la calzada en el Ovalo Garcilaso
Fuente: Elaboración Propia

3.5.7.3. Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente. A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 36 : Ficha de características geométricas de la vía N°01, C33


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA N° 01		
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL			
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO			
	JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS			
INTERSECCION	OVALO GARCILASO	CÓDIGO		C33
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021			
SENTIDO DE CIRCULACION	Unidireccional			
ANCHO DE CALZADA	7.30			
PENDIENTE (%)	7.87			
NUMERO DE CARRILES	2 carriles			
ANCHO DE CARRIL	3.55			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 37 : Ficha de características geométricas del Óvalo, C39 - C39A - C39B - C39C


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 07	
TESIS:	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS:	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
INTERSECCION:	ÓVALO GARCILASO CÓDIGO C38
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021
DIAMETRO INTERNO ÓVALO	38.20
DIAMETRO EXTERNO ÓVALO	56.20
CODIGO	C39A C39B C39C
SENTIDO DE CIRCULACION	Unidireccional Unidireccional Unidireccional
ANCHO DE CALZADA	9.00 9.00 9.00
NUMERO DE CARRILES	2 carriles 3 carriles 4 carriles
ANCHO DE CARRIL	4.50 4.50 4.50



Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Formato de aforo peatonal N°06


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL					
FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°06					
FORMATO DE AFORO PEATONAL					
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL					
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban				
UBICACION:	Soto Vivanco, Harry				
INTERSECCION:	CUSCO-CUSCO-CUSCO				
FECHA:	ÓVALO GARCILASO				
HORA INICIO:	HORA FIN:				
AFORO PEATONAL					
HORA	PERIODO	CODIGO			
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO FIN	P41	P42	P43	P44
1	18:00 PM 18:15 PM	32	14	82	62
	18:15 PM 18:30 PM	15	13	62	43
	18:30 PM 18:45 PM	22	6	53	54
	18:45 PM 19:00 PM	26	8	57	73
SUBTOTAL		95	41	254	232
TOTAL		622			



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Ficha de aforo vehicular N°01, 1-4

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL																							
FICHA DE AFORO VEHICULAR N°03																							
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																							
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																							
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban																						
UBICACION:	Soto Vivanco, Harry																						
INTERSECCION SEMAFORIZADA:	CUSCO-CUSCO-CUSCO																						
CODIGO DE OBRO:	ÓVALO GARCILASO																						
FECHA:	20-22																						
HORA INICIO:	HORA FIN:																						
AFORO VEHICULAR																							
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS				CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO FIN			PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	25/052	253	35/052	>= 353	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
1	18:00 PM 18:15 PM	168	11	11	1	1	42	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	18:15 PM 18:30 PM	161	17	8	1	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	18:30 PM 18:45 PM	158	19	19	1	3	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	18:45 PM 19:00 PM	168	13	24	1	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
SUBTOTAL		655	60	62	4	4	191	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
TOTAL		977																					



Fuente: Elaboración propia



Tabla 40: Ficha de tiempos de viaje N°06

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		INGENIERIA CIVIL		FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°06										
<p>TENIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.</p>																
TECISTAS:		Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban		Soto Vivanco, Harry		CUSCO-CUSCO-CUSCO										
UBICACIÓN:		OVALO CIRCULAR														
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA:																
POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION		NIVEL DE CONFIANZA		MARGEN DE ERROR		TAMARO DE LA MUESTRA										
4224		95.00%		5.00%		353										
						FECHA										
						HORA INICIO										
<p align="center">TIEMPOS VEHICULARES</p>																
N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	
1	44.00	34	39.00	67	58.00	100	56.00	133	47.00	166	42.00	199	47.00	232	57.00	265
2	55.00	35	48.00	68	44.00	101	51.00	134	55.00	167	58.00	200	59.00	233	57.00	266
3	57.00	36	50.00	69	44.00	102	55.00	135	55.00	168	45.00	201	48.00	234	57.00	267
4	46.00	37	49.00	70	59.00	103	49.00	136	46.00	169	47.00	202	44.00	235	43.00	268
5	54.00	38	41.00	71	54.00	104	50.00	137	49.00	170	39.00	203	57.00	236	41.00	269
6	59.00	39	56.00	72	52.00	105	49.00	138	49.00	171	51.00	204	46.00	237	54.00	270
7	56.00	40	56.00	73	54.00	106	49.00	139	53.00	172	53.00	205	54.00	238	50.00	271
8	50.00	41	55.00	74	58.00	107	51.00	140	47.00	173	41.00	206	51.00	239	42.00	272
9	57.00	42	45.00	75	51.00	108	50.00	141	47.00	174	39.00	207	48.00	240	41.00	273
10	55.00	43	44.00	76	53.00	109	51.00	142	45.00	175	43.00	208	59.00	241	51.00	274
11	45.00	44	55.00	77	41.00	110	58.00	143	40.00	176	47.00	209	56.00	242	50.00	275
12	51.00	45	59.00	78	47.00	111	57.00	144	44.00	177	55.00	210	59.00	243	56.00	276
13	50.00	46	56.00	79	49.00	112	51.00	145	43.00	178	45.00	211	41.00	244	45.00	277
14	58.00	47	57.00	80	45.00	113	45.00	146	43.00	179	44.00	212	48.00	245	47.00	278
15	39.00	48	49.00	81	42.00	114	54.00	147	52.00	180	54.00	213	53.00	246	42.00	279
16	49.00	49	45.00	82	56.00	115	39.00	148	49.00	181	46.00	214	49.00	247	40.00	280
17	39.00	50	59.00	83	54.00	116	41.00	149	55.00	182	48.00	215	49.00	248	41.00	281
18	41.00	51	43.00	84	50.00	117	47.00	150	50.00	183	50.00	216	59.00	249	48.00	282
19	46.00	52	44.00	85	39.00	118	51.00	151	56.00	184	59.00	217	45.00	250	41.00	283
20	43.00	53	52.00	86	50.00	119	43.00	152	52.00	185	43.00	218	41.00	251	55.00	284
21	59.00	54	49.00	87	41.00	120	56.00	153	55.00	186	56.00	219	45.00	252	51.00	285
22	50.00	55	57.00	88	41.00	121	43.00	154	44.00	187	47.00	220	46.00	253	39.00	286
23	42.00	56	52.00	89	42.00	122	56.00	155	44.00	188	52.00	221	46.00	254	54.00	287
24	43.00	57	48.00	90	58.00	123	54.00	156	58.00	189	39.00	222	47.00	255	56.00	288
25	54.00	58	57.00	91	42.00	124	59.00	157	55.00	190	46.00	223	42.00	256	53.00	289
26	40.00	59	57.00	92	47.00	125	47.00	158	59.00	191	51.00	224	43.00	257	43.00	290
27	56.00	60	58.00	93	53.00	126	56.00	159	48.00	192	56.00	225	44.00	258	49.00	291
28	59.00	61	48.00	94	43.00	127	52.00	160	42.00	193	41.00	226	52.00	259	52.00	292
29	53.00	62	59.00	95	53.00	128	46.00	161	54.00	194	57.00	227	46.00	260	47.00	293
30	43.00	63	41.00	96	46.00	129	39.00	162	49.00	195	43.00	228	55.00	261	41.00	294
31	48.00	64	42.00	97	39.00	130	43.00	163	53.00	196	59.00	229	40.00	262	51.00	295
32	48.00	65	41.00	98	59.00	131	58.00	164	44.00	197	52.00	230	48.00	263	39.00	296
33	45.00	66	53.00	99	53.00	132	47.00	165	44.00	198	53.00	231	51.00	264	46.00	297

Fuente: Elaboración propia

3.5.8. Recolección De Datos De La Intersección SemafORIZADA Av. De La Cultura – Calle Retiro.

3.5.8.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Ficha de registro.
- Wincha.
- Personal humano.
- Ordenador.

3.5.8.2. Procedimiento

3.5.8.2.1. Codificación del sentido vehicular

Se identificó los giros posibles de cada grupo de carriles, es necesario consignar el sentido de circulación en cada una de las intersecciones semafORIZADAS de estudio, para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021. A continuación, se muestra la nomenclatura utilizada.

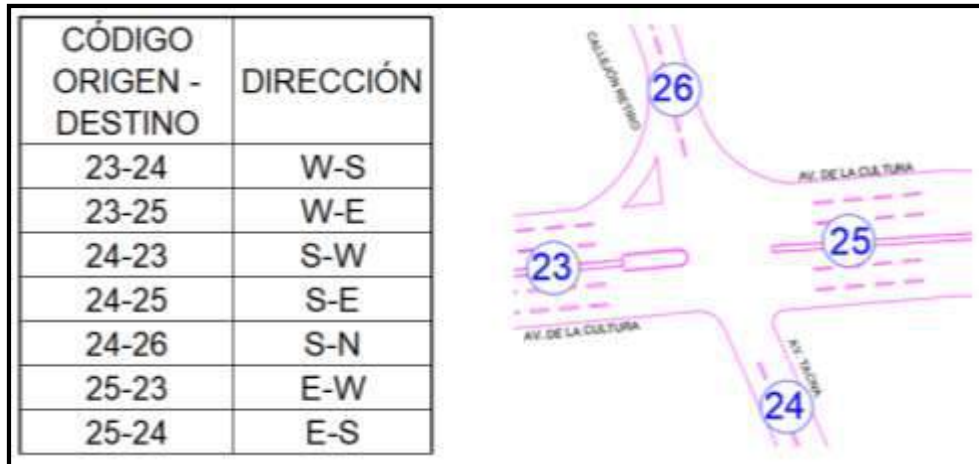


Figura 107: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.5.8.2.2. Codificación de los movimientos peatonales

El sentido de circulación peatonal fue identificado con el fin de agrupar y codificar los movimientos, esto para el procesamiento de datos en el software PTV Vissim 2021.



Figura 108: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.5.8.2.3. Identificación de puntos de aforo.

Se ubicaron las estaciones de aforo en la intersección semaforizada. Se tomará una posición estratégica para la toma de datos en esta intersección. Se detalla a continuación las estaciones de aforo:



Figura 109: Identificación de punto de aforo en Intersección Semaforzada de Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.5.8.2.4. Registro fílmico

Después de registrarse los volúmenes vehiculares de los aforos bidireccionales en Av. La Cultura y Calle Recoleta (Av. Argentina), se procesaron y observaron los datos, infiriéndose de dichos resultados que el patrón de flujos vehiculares es constante, entonces se concluyó que los mayores volúmenes vehiculares de ambas vías coincidían en un mismo horario y día.

El día viernes 29 de enero, se realizó el registro fílmico de todas las intersecciones, en un horario comprendido entre las 06:00 PM y 07:00PM.



Figura 110: Registro fílmico de la intersección semaforzada de Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia



3.5.8.2.5. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales*

El registro fílmico brindó la posibilidad de consignar datos de aforo, tanto vehicular (por giro/movimiento vehicular) como peatonal, los cuales posteriormente fueron registrados en las Fichas y Formatos de Aforo.

El motivo por el cual se realizó el registro de volúmenes vehiculares y peatonales fue determinar las siguientes variables de las intersecciones semaforizadas en estudio:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto.
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- Tiempos de viaje y velocidades.



Figura 111: Volúmenes vehiculares en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia



Figura 112: Volúmenes peatonales en la intersección semaforizada Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia



3.5.8.2.6. *Recolección de características geométricas de la vía*

La recolección de las características geométricas de la infraestructura vial existente se obtuvo mediante el levantamiento topográfico del que se obtuvieron los siguientes datos:

- Sentido de circulación: es la dirección en la que se movilizan los vehículos, puede ser unidireccional o bidireccional.
- Ancho de calzada: la unidad de medición en metros (m).
- Pendiente de la vía: valor numérico en porcentaje (%), un valor positivo indica que la vía se encuentra en pendiente de subida a partir de la intersección semafórica y uno negativo indica que la vía se encuentra en pendiente de bajada a partir de la intersección semafórica.
- Número de carriles: es la cantidad de carriles que tiene la vía.



Figura 113: Características geométricas de la vía Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia

Se codificaron las calzadas de la intersección, en total existen 08 calzadas codificadas de C40 a C47.



Figura 114: Codificación de la calzada en la Intersección Semafórica Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia

3.5.8.2.7. Recolección de características semafóricas

Se hizo un inventario de la cantidad de señales de tránsito, ubicación, tiempos en verde, ámbar y rojo en cada uno de los semáforos de las intersecciones de estudio.



Figura 115: Recolección de características semafóricas de Av. De La Cultura – Calle Retiro

Fuente: Elaboración Propia



Se codificaron los semáforos de esta intersección, siendo un total de 02 semáforos, que van de S1 a S2.



Figura 116: Codificación de las características semafóricas de la intersección Calle Recoleta (Av. Argentina) – Calle Retiro
Fuente: Elaboración Propia

3.5.8.3. Datos

Los datos de las fichas de características geométricas de la vía, fichas de características semafóricas de la vía, formatos de conteo peatonal y fichas de aforo vehicular, se encuentran detallados en el anexo A, B, C y D respectivamente.

A continuación, se muestran ejemplos del registro de datos que se realizó en cada una de las fichas:

Tabla 41 : Ficha de características semafóricas de la vía N°02, S16

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA N° 02		
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL			
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO			
	JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS			
INTERSECCION	AV. DE LA CULTURA - CALLEJON RETIRO	CÓDIGOS16		
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION EN SEGUNDOS	ROJO (S)	37.00		
	AMBAR (S)	3.00		
	VERDE(S)	60.00		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42 : Ficha de características geométricas de la vía N°04, C43

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA N° 04	
TESIS	ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
TESISTAS	HARRY SOTO VIVANCO JAN GABRIEL ELISBAN PEREZ MATHEUS
INTERSECCION	CALLEJO RETIRO - AV. DE LA CULTURA CÓDIGO C43
FECHA:	VIERNES 29 DE ENERO DEL 2021
SENTIDO DE CIRCULACION	Bidireccional
ANCHO DE CALZADA (m)	6.00
PENDIENTE (%)	1.75
NUMERO DE CARRILES	2 carriles
ANCHO DE CARRIL (m)	3.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Formato de aforo peatonal N°01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FORMATOS DE AFORO PEATONAL N°07											
FORMATO DE AFORO PEATONAL											
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL											
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban										
UBICACIÓN:	Soto Vivanco, Harry										
INTERSECCION SEMAFORIZADA	CUSCO-CUSCO-CUSCO										
FECHA:	AV. DE LA CULTURA - CALLEJON RETIRO										
HORA INICIO:	HORA FIN:										
AFORO PEATONAL											
HORA	PERIODO	CÓDIGO									
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	
1	18:00 PM	18:15 PM	16	17	12	48	18	12	23	20	
	18:15 PM	18:30 PM	17	17	21	49	15	18	22	21	
	18:30 PM	18:45 PM	27	28	19	24	9	15	36	32	
	18:45 PM	19:00 PM	22	25	26	37	9	16	33	29	
SUBTOTAL											
TOTAL											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Ficha de aforo vehicular N°06, 25-23

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FICHA DE AFORO VEHICULAR N°06																								
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																								
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA - AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA - CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																								
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban																							
UBICACIÓN:	Soto Vivanco, Harry																							
INTERSECCION SEMAFORIZADA:	CUSCO-CUSCO-CUSCO																							
CÓDIGO DE GRUPO:	AV. DE LA CULTURA - CL. CALLEJON RETIRO																							
HORA INICIO:	HORA FIN:																							
AFORO VEHICULAR																								
HORA	PERIODO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS	PANEL	RURAL	MICRO	BUS				CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
PERIODOS DE 15 MINUTOS	INICIO	FIN							2 E	3+3 E	2 E	3 E	4 E	2510252	253	3510252	3+353	272	273	372	3+373			
1	18:00 PM	18:15 PM	142	9	10	0	6	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	18:15 PM	18:30 PM	169	10	16	0	3	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	18:30 PM	18:45 PM	178	15	10	1	1	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	18:45 PM	19:00 PM	163	4	10	0	3	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
SUBTOTAL			652	38	46	1	13	160	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
TOTAL									912															

Fuente: Elaboración propia



Tabla 45: Ficha de tiempos de viaje N°07

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FICHA DE TIEMPOS DE VIAJE N°07																					
<p>TESIS: ANALISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRANSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCION DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACION AMBIENTAL</p> <p>TESISTAS: Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban</p> <p>Soto Vivanco, Harry</p> <p>UBICACION: CUSCO-CUSCO</p> <p>AV. DE LA CULTURA - CALLEJON RETIRO</p> <p>INTERSECCION SEMAFORIZADA:</p> <table border="1"> <tr> <td>POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION</td> <td>NIVEL DE CONFIANZA</td> <td>MARGEN DE ERROR</td> <td>TAMANO DE LA MUESTRA</td> <td>FECHA</td> <td>HORA INICIO</td> <td>HORA FIN</td> </tr> <tr> <td>3295</td> <td>95.00%</td> <td>5.00%</td> <td>345</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION	NIVEL DE CONFIANZA	MARGEN DE ERROR	TAMANO DE LA MUESTRA	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	3295	95.00%	5.00%	345									
POBLACION VEHICULAR DE LA INTERSECCION	NIVEL DE CONFIANZA	MARGEN DE ERROR	TAMANO DE LA MUESTRA	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN															
3295	95.00%	5.00%	345																		
TIEMPOS VEHICULARES																					
N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO	N°	TIEMPO		
1	16.00	34	16.00	67	9.00	100	9.00	133	15.00	166	12.00	199	9.00	232	14.00	265	11.00	298	11.00	331	9.00
2	12.00	35	12.00	68	13.00	101	12.00	134	11.00	167	18.00	200	12.00	233	15.00	266	16.00	299	12.00	332	16.00
3	15.00	36	15.00	69	8.00	102	9.00	135	9.00	168	10.00	201	9.00	234	13.00	267	16.00	300	9.00	333	10.00
4	9.00	37	9.00	70	15.00	103	14.00	136	14.00	169	14.00	202	11.00	235	8.00	268	12.00	301	9.00	334	10.00
5	12.00	38	12.00	71	9.00	104	9.00	137	13.00	170	12.00	203	14.00	236	9.00	269	9.00	302	15.00	335	14.00
6	13.00	39	13.00	72	8.00	105	14.00	138	16.00	171	9.00	204	16.00	237	11.00	270	15.00	303	12.00	336	9.00
7	14.00	40	14.00	73	13.00	106	16.00	139	16.00	172	10.00	205	9.00	238	16.00	271	12.00	304	9.00	337	10.00
8	15.00	41	15.00	74	12.00	107	14.00	140	9.00	173	9.00	206	13.00	239	12.00	272	9.00	305	13.00	338	9.00
9	8.00	42	9.00	75	10.00	108	11.00	141	9.00	174	14.00	207	13.00	240	11.00	273	9.00	306	9.00	339	12.00
10	15.00	43	15.00	76	14.00	109	9.00	142	9.00	175	14.00	208	14.00	241	14.00	274	11.00	307	9.00	340	12.00
11	11.00	44	11.00	77	11.00	110	13.00	143	9.00	176	16.00	209	9.00	242	15.00	275	11.00	308	10.00	341	9.00
12	14.00	45	14.00	78	8.00	111	14.00	144	14.00	177	9.00	210	14.00	243	12.00	276	12.00	309	14.00	342	9.00
13	15.00	46	15.00	79	14.00	112	11.00	145	10.00	178	9.00	211	15.00	244	9.00	277	13.00	310	11.00	343	9.00
14	11.00	47	11.00	80	9.00	113	9.00	146	13.00	179	13.00	212	11.00	245	9.00	278	9.00	311	9.00	344	9.00
15	15.00	48	15.00	81	14.00	114	14.00	147	9.00	180	12.00	213	9.00	246	13.00	279	9.00	312	9.00	345	16.00
16	12.00	49	12.00	82	18.00	115	15.00	148	9.00	181	9.00	214	13.00	247	9.00	280	16.00	313	11.00	346	14.00
17	12.00	50	12.00	83	12.00	116	9.00	149	9.00	182	16.00	215	9.00	248	12.00	281	9.00	314	9.00	347	9.00
18	10.00	51	10.00	84	15.00	117	10.00	150	10.00	183	9.00	216	10.00	249	9.00	282	14.00	315	12.00	348	9.00
19	12.00	52	12.00	85	11.00	118	9.00	151	11.00	184	14.00	217	16.00	250	10.00	283	9.00	316	9.00	349	9.00
20	9.00	53	9.00	86	6.00	119	14.00	152	9.00	185	10.00	218	10.00	251	9.00	284	12.00	317	9.00	350	9.00
21	9.00	54	14.00	87	12.00	120	16.00	153	12.00	186	13.00	219	9.00	252	11.00	285	11.00	318	13.00	351	9.00
22	12.00	55	13.00	88	9.00	121	17.00	154	10.00	187	15.00	220	13.00	253	16.00	286	9.00	319	7.00	352	9.00
23	12.00	56	74.00	89	9.00	122	72.00	155	10.00	188	78.00	221	10.00	254	78.00	287	13.00	320	69.00	353	9.00
24	9.00	57	68.00	90	11.00	123	75.00	156	9.00	189	68.00	222	16.00	255	77.00	288	15.00	321	73.00	354	9.00
25	9.00	58	69.00	91	11.00	124	73.00	157	9.00	190	70.00	223	9.00	256	68.00	289	11.00	322	74.00	355	9.00
26	13.00	59	76.00	92	12.00	125	68.00	158	13.00	191	77.00	224	9.00	257	69.00	290	9.00	323	74.00	356	9.00
27	9.00	60	71.00	93	13.00	126	77.00	159	9.00	192	68.00	225	13.00	258	74.00	291	11.00	324	74.00	357	9.00
28	9.00	61	69.00	94	13.00	127	75.00	160	9.00	193	73.00	226	10.00	259	69.00	292	9.00	325	76.00	358	9.00
29	13.00	62	77.00	95	13.00	128	72.00	161	9.00	194	69.00	227	14.00	260	72.00	293	16.00	326	78.00	359	9.00
30	10.00	63	72.00	96	13.00	129	68.00	162	9.00	195	76.00	228	11.00	261	73.00	294	10.00	327	74.00	360	9.00
31	13.00	64	75.00	97	9.00	130	70.00	163	10.00	196	72.00	229	9.00	262	75.00	295	15.00	328	70.00	361	9.00
32	18.00	65	78.00	98	15.00	131	77.00	164	9.00	197	78.00	230	15.00	263	75.00	296	15.00	329	74.00	362	9.00
33	9.00	66	68.00	99	14.00	132	76.00	165	9.00	198	73.00	231	9.00	264	69.00	297	13.00	330	73.00	363	9.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.9. Contaminación Ambiental Por Emisiones Vehiculares

3.5.9.1. Equipo Utilizado

- Cámaras Filmadoras.
- Fichas de registro.
- Personal humano.
- Cuestionarios (a modo de encuesta)

3.5.9.2. Procedimiento

3.5.9.2.1. Determinación de la cantidad y categorización de las encuestas

Se consideró tomar los Volúmenes Vehiculares como indicador directo e independiente para la determinación de los contaminantes que ocasionan las emisiones vehiculares (por tubo de escape), para obtener estos indicadores se optó por obtener una sub-muestra en la investigación, tomando para esta etapa de la investigación como población a la cantidad de vehículos aforados en el Óvalo Garcilaso (Av. La Cultura – Av. Ramón Zavaleta) categorizados por tipo de vehículo, debido a que fue la intersección con mayor aforo, como se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 46: Cálculo de la Población Vehicular (sumatoria de todos los movimientos/giros en cada intersección) categorizados por tipos de vehículo

INTERSECCIÓN	CÁLCULO DE LA POBLACIÓN VEHICULAR DE LAS INTERSECCIONES																		SUBTOTALES POR INTERSECCIÓN	
	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
CALLE RECOLETA - CALLE CALLEJÓN RETIRO	879	124	63	28	18	69	0	0	9	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	1195
CALLE RECOLETA - CALLE PUPUTI	823	66	76	2	76	115	0	0	20	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1183
AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA	1126	332	64	24	12	60	4	0	19	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1647
AV. UNIVERSITARIA - AV. LA CULTURA	2812	611	128	65	2	365	5	0	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4015
AV. LA CULTURA - AV. MARISCAL GAMARRA	2544	495	106	64	5	381	5	0	14	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3617
ÓVALO GARCILASO (AV. LA CULTURA - AV. RAMÓN ZAVALETA)	2993	553	173	53	21	409	1	0	23	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4228
A. LA CULTURA - CALLE CALLEJÓN RETIRO	2270	342	157	45	22	434	0	0	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3295
																				19180

Fuente: Elaboración propia

Seleccionados los datos de la intersección con mayor volumen, siendo el óvalo Garcilaso la intersección elegida como representativa para la obtención de la muestra:



Figura 117: Cálculo tamaño de muestra

Fuente: Bomba, 2018

Obteniéndose una muestra redondeada de 353 vehículos, entonces se porcentuaron las categorías por tipo de vehículo también redondeado, de esta manera se estimó un aumento a 359 muestras (8.491% de la población de vehículos en el Óvalo), para proceder con las encuestas por tipo de vehículo, como se muestra en la tabla:

Tabla 47: Cálculo de las Muestras Vehiculares categorizadas por tipos de vehículo

INTERSECCIÓN	CÁLCULO DE LAS MUESTRAS (NÚMERO DE ENCUESTAS POR CATEGORÍA VEHICULAR)																		SUBTOTALES POR INTERSECCIÓN	
	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
ÓVALO GARCILASO (AV. LA CULTURA - AV. RAMÓN ZAVALETA)	250	47	15	5	2	35	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	359

Fuente: Elaboración propia



3.5.9.2.2. *Elaboración de cuestionario y procedimiento de sondeo a los encuestados*

Se elaboró el cuestionario para obtener la información requerida, concerniente a esta fase ambiental de la investigación, básicamente para organizar data para la obtención de emisiones vehiculares de la población de vehículos del corredor durante la hora y día pico. El cual se presenta a continuación en la siguiente figura:

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL FORMATOS DE DATOS AMBIENTALES N°01			
CUESTIONARIO PARA ENCUESTA DE USUARIOS DE VEHÍCULOS			
TESIS: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL CORREDOR VIAL AV. ARGENTINA – AV. COLLASUYO - AV. UNIVERSITARIA - AV. DE LA CULTURA – CALLE RETIRO MEDIANTE EL USO RESTRICTIVO DEL TRÁNSITO POR PLAQUEO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TRAFICO VEHICULAR Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL			
TESISTAS:	Pérez Matheus, Jan Gabriel Elisban Soto Vivanco, Harry		
UBICACIÓN:	CUSCO-CUSCO-CUSCO		
FECHA:	05/02/2021		
	HORA INICIO:	06:00 p.m.	HORA FIN: 07:00 p.m.
La siguiente encuesta es netamente académica, no se pedirá su información personal, ¡gracias por su aporte!			
1. ¿QUE TIPO DE VEHÍCULO USA USTED?			
<input type="checkbox"/>	AUTOMÓVIL		
<input type="checkbox"/>	STATION WAGON		
<input type="checkbox"/>	CAMIONETA PICKUP		
<input type="checkbox"/>	CAMIONETA RURAL		
<input type="checkbox"/>	CAMIONETA PANEL		
<input type="checkbox"/>	MICRO - OMNIBUS		
<input type="checkbox"/>	CAMIÓN		
<input type="checkbox"/>	REMOLCADOR (SEMITRAYLER, TRAYLER)		
2. ¿CUAL ES EL TIPO DE COMBUSTIBLE QUE USA SU VEHICULO?			
<input type="checkbox"/>	GASOLINA		
<input type="checkbox"/>	GAS NATURAL		
<input type="checkbox"/>	PETRÓLEO – DIÉSEL		
3. AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO			
<input type="checkbox"/>	1981 a 1984		
<input type="checkbox"/>	1985 a 1992		
<input type="checkbox"/>	1993 a 2000		
<input type="checkbox"/>	2001 a más		
4. TAMAÑO DE LA CILINDRADA DEL MOTOR			
<input type="checkbox"/>	Menores 1400 cc		
<input type="checkbox"/>	De 1400 a 2000 cc		
<input type="checkbox"/>	Mayores de 2000 cc		
5. PESO DEL VEHÍCULO			
<input type="checkbox"/>	Menores de 3.5 T		
<input type="checkbox"/>	De 3.5 a 16 T		
<input type="checkbox"/>	Mayores a 16 T		
6. VELOCIDAD PROMEDIO DE CIRCULACIÓN			
<input type="checkbox"/>	20 km/hr		
<input type="checkbox"/>	30 km/hr		
<input type="checkbox"/>	40 km/hr		
<input type="checkbox"/>	50 km/hr		
<input type="checkbox"/>	60 km/hr		

Figura 118: Formato de Datos Ambientales N°: 01 - Cuestionario para encuestas

Elaboración Propia

Las encuestas se realizaron de manera tanto personal como digital, a usuarios de los vehículos requeridos, para consignar sus datos lo más rápido posible.

3.5.9.3. Datos

Se organizaron los datos en tablas Excel, categorizadas por el tipo de Vehículo, se precisaron las fórmulas para determinar la cantidad de KM al día que recorren los vehículos, considerando que el óvalo tiene un perímetro de 120 metros, por lo tanto, se usó este indicador como la unidad para las ocasiones en las cuales los vehículos pasan por el óvalo Garcilasó. Los cuales se presentan en el Anexo E, adjunto a la investigación.

3.6. Procedimiento De Análisis De Datos

3.6.1. Diagnóstico De La Hora Y Día Pico

3.6.1.1. Análisis De Datos Del Aforo Bidireccional En Av. La Cultura

Se organizaron los resultados de variación horaria del tránsito bidireccional realizado durante 6 días seguidos en la Av. La Cultura, para definir horas de alto tránsito en común, como se observa en las siguientes figuras:

SÁBADO 16 DE ENERO			LUNES 18 DE ENERO			MARTES 19 DE ENERO		
HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS
07:00 a.m.-08:00 a.m.		1777	07:00 a.m.-08:00 a.m.		2188	07:00 a.m.-08:00 a.m.		1911
08:00 a.m.-09:00 a.m.		2341	08:00 a.m.-09:00 a.m.		2528	08:00 a.m.-09:00 a.m.		2384
09:00 a.m.-10:00 a.m.		2654	09:00 a.m.-10:00 a.m.		2890	09:00 a.m.-10:00 a.m.		2674
10:00 a.m.-11:00 a.m.		2944	10:00 a.m.-11:00 a.m.		3003	10:00 a.m.-11:00 a.m.		2939
11:00 a.m.-12:00 p.m.		3225	11:00 a.m.-12:00 p.m.		3205	11:00 a.m.-12:00 p.m.		3231
12:00 p.m.-01:00 p.m.		3084	12:00 p.m.-01:00 p.m.		3166	12:00 p.m.-01:00 p.m.		2971
01:00 p.m.-02:00 p.m.		3010	01:00 p.m.-02:00 p.m.		2859	01:00 p.m.-02:00 p.m.		2948
02:00 p.m.-03:00 p.m.		2611	02:00 p.m.-03:00 p.m.		2747	02:00 p.m.-03:00 p.m.		2588
03:00 p.m.-04:00 p.m.		2846	03:00 p.m.-04:00 p.m.		2800	03:00 p.m.-04:00 p.m.		2919
04:00 p.m.-05:00 p.m.		2869	04:00 p.m.-05:00 p.m.		3195	04:00 p.m.-05:00 p.m.		2958
05:00 p.m.-06:00 p.m.		3157	05:00 p.m.-06:00 p.m.		3232	05:00 p.m.-06:00 p.m.		3016
06:00 p.m.-07:00 p.m.		3304	06:00 p.m.-07:00 p.m.		3332	06:00 p.m.-07:00 p.m.		3194
07:00 p.m.-08:00 p.m.		2868	07:00 p.m.-08:00 p.m.		3265	07:00 p.m.-08:00 p.m.		3165
MIÉRCOLES 20 DE ENERO			JUEVES 21 DE ENERO			VIERNES 22 DE ENERO		
HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA	FIN	CANT. DE VEHICULOS
07:00 a.m.-08:00 a.m.		2107	07:00 a.m.-08:00 a.m.		1882	07:00 a.m.-08:00 a.m.		1905
08:00 a.m.-09:00 a.m.		2374	08:00 a.m.-09:00 a.m.		2279	08:00 a.m.-09:00 a.m.		2369
09:00 a.m.-10:00 a.m.		2636	09:00 a.m.-10:00 a.m.		2471	09:00 a.m.-10:00 a.m.		2608
10:00 a.m.-11:00 a.m.		2792	10:00 a.m.-11:00 a.m.		2751	10:00 a.m.-11:00 a.m.		2886
11:00 a.m.-12:00 p.m.		2947	11:00 a.m.-12:00 p.m.		2845	11:00 a.m.-12:00 p.m.		3017
12:00 p.m.-01:00 p.m.		2947	12:00 p.m.-01:00 p.m.		2813	12:00 p.m.-01:00 p.m.		3063
01:00 p.m.-02:00 p.m.		2697	01:00 p.m.-02:00 p.m.		2668	01:00 p.m.-02:00 p.m.		2791
02:00 p.m.-03:00 p.m.		2656	02:00 p.m.-03:00 p.m.		2336	02:00 p.m.-03:00 p.m.		2606
03:00 p.m.-04:00 p.m.		2755	03:00 p.m.-04:00 p.m.		2675	03:00 p.m.-04:00 p.m.		2845
04:00 p.m.-05:00 p.m.		2968	04:00 p.m.-05:00 p.m.		2982	04:00 p.m.-05:00 p.m.		3002
05:00 p.m.-06:00 p.m.		3133	05:00 p.m.-06:00 p.m.		2976	05:00 p.m.-06:00 p.m.		3013
06:00 p.m.-07:00 p.m.		3193	06:00 p.m.-07:00 p.m.		3170	06:00 p.m.-07:00 p.m.		3344
07:00 p.m.-08:00 p.m.		3059	07:00 p.m.-08:00 p.m.		2886	07:00 p.m.-08:00 p.m.		2967

Figura 119: Cuadro resumen de las variaciones horarias y diarias de Volúmenes Vehiculares en Av. La Cultura

Fuente: Elaboración propia



Del Cuadro Resumen se infiere que existe una similitud en la variación de los volúmenes vehiculares horarios, ya que la mayor cantidad de vehículos se manifiesta entre las 06:00 pm y las 07:00 pm; a excepción de los días martes, pero con una cantidad significativa en el intervalo de horas anteriormente mencionado, consecuentemente se optó por considerar el horario 06:00 pm – 07:00 pm como la hora pico para la Av. La Cultura.

A continuación, se seleccionó el día pico comparando los datos de hora pico obtenido del Aforo Bidireccional Semanal en la Av. La Cultura, como se observa en la figura:

DÍA \ HORARIO	06:00 p.m.-07:00 p.m.
SÁBADO 16 DE ENERO	3304
LUNES 18 DE ENERO	3332
MARTES 19 DE ENERO	3250
MIÉRCOLES 20 DE ENERO	3202
JUEVES 21 DE ENERO	3170
VIERNES 22 DE ENERO	3344

Figura 120: Cuadro resumen de la variación diaria del Volumen Vehicular durante la hora pico en la Av. La Cultura

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro resumen se dedujo que los días viernes se produce una mayor circulación de vehículos en la Av. La Cultura; por lo tanto, se ha definido como el día pico.

3.6.1.2. Análisis De Datos Del Aforo Bidireccional En La Calle Recoleta (Av. Argentina)

Se organizaron los resultados de variación horaria del tránsito bidireccional realizado durante 6 días seguidos en la Calle Recoleta (intersección con Calle Puputi), para definir horas de alto tránsito en común, como se observa en las siguientes figuras:



SÁBADO 16 DE ENERO		LUNES 18 DE ENERO		MARTES 19 DE ENERO	
HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS
07:00 a.m.-08:00 a.m.	498	07:00 a.m.-08:00 a.m.	880	07:00 a.m.-08:00 a.m.	412
08:00 a.m.-09:00 a.m.	678	08:00 a.m.-09:00 a.m.	1024	08:00 a.m.-09:00 a.m.	515
09:00 a.m.-10:00 a.m.	763	09:00 a.m.-10:00 a.m.	1045	09:00 a.m.-10:00 a.m.	770
10:00 a.m.-11:00 a.m.	834	10:00 a.m.-11:00 a.m.	1125	10:00 a.m.-11:00 a.m.	742
11:00 a.m.-12:00 p.m.	1104	11:00 a.m.-12:00 p.m.	1091	11:00 a.m.-12:00 p.m.	821
12:00 p.m.-01:00 p.m.	1071	12:00 p.m.-01:00 p.m.	1083	12:00 p.m.-01:00 p.m.	932
01:00 p.m.-02:00 p.m.	1071	01:00 p.m.-02:00 p.m.	1124	01:00 p.m.-02:00 p.m.	1074
02:00 p.m.-03:00 p.m.	1036	02:00 p.m.-03:00 p.m.	1076	02:00 p.m.-03:00 p.m.	976
03:00 p.m.-04:00 p.m.	1112	03:00 p.m.-04:00 p.m.	1055	03:00 p.m.-04:00 p.m.	939
04:00 p.m.-05:00 p.m.	1120	04:00 p.m.-05:00 p.m.	1114	04:00 p.m.-05:00 p.m.	936
05:00 p.m.-06:00 p.m.	1172	05:00 p.m.-06:00 p.m.	1173	05:00 p.m.-06:00 p.m.	1035
06:00 p.m.-07:00 p.m.	1195	06:00 p.m.-07:00 p.m.	1197	06:00 p.m.-07:00 p.m.	1061
07:00 p.m.-08:00 p.m.	1082	07:00 p.m.-08:00 p.m.	1153	07:00 p.m.-08:00 p.m.	1215
MIÉRCOLES 20 DE ENERO		JUEVES 21 DE ENERO		VIERNES 22 DE ENERO	
HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS	HORA INICIO-HORA FIN	CANT. DE VEHICULOS
07:00 a.m.-08:00 a.m.	587	07:00 a.m.-08:00 a.m.	781	07:00 a.m.-08:00 a.m.	909
08:00 a.m.-09:00 a.m.	723	08:00 a.m.-09:00 a.m.	910	08:00 a.m.-09:00 a.m.	1010
09:00 a.m.-10:00 a.m.	769	09:00 a.m.-10:00 a.m.	997	09:00 a.m.-10:00 a.m.	1095
10:00 a.m.-11:00 a.m.	857	10:00 a.m.-11:00 a.m.	1029	10:00 a.m.-11:00 a.m.	1124
11:00 a.m.-12:00 p.m.	916	11:00 a.m.-12:00 p.m.	1165	11:00 a.m.-12:00 p.m.	1126
12:00 p.m.-01:00 p.m.	1097	12:00 p.m.-01:00 p.m.	1030	12:00 p.m.-01:00 p.m.	1110
01:00 p.m.-02:00 p.m.	993	01:00 p.m.-02:00 p.m.	1008	01:00 p.m.-02:00 p.m.	1097
02:00 p.m.-03:00 p.m.	915	02:00 p.m.-03:00 p.m.	965	02:00 p.m.-03:00 p.m.	1060
03:00 p.m.-04:00 p.m.	963	03:00 p.m.-04:00 p.m.	988	03:00 p.m.-04:00 p.m.	1081
04:00 p.m.-05:00 p.m.	987	04:00 p.m.-05:00 p.m.	1026	04:00 p.m.-05:00 p.m.	1202
05:00 p.m.-06:00 p.m.	1092	05:00 p.m.-06:00 p.m.	1150	05:00 p.m.-06:00 p.m.	1281
06:00 p.m.-07:00 p.m.	1108	06:00 p.m.-07:00 p.m.	1184	06:00 p.m.-07:00 p.m.	1341
07:00 p.m.-08:00 p.m.	1054	07:00 p.m.-08:00 p.m.	1086	07:00 p.m.-08:00 p.m.	1112

Figura 121: Cuadro resumen de las variaciones horarias y diarias de Volúmenes Vehiculares en Calle Recoleta

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro Resumen se infiere que existe una similitud en la variación de los volúmenes vehiculares horarios, y también con respecto a los resultados obtenidos en la Av. La Cultura, debido a que también en aquí los mayores flujos vehiculares se presentan durante el intervalo horario de las 06:00 pm y las 07:00 pm; a excepción de los días martes, pero con una cantidad significativa en el intervalo de horas anteriormente mencionado, consecuentemente se optó por considerar el horario 06:00 pm – 07:00 pm como la hora pico para la Calle Recoleta.

A continuación, se determinó el día pico comparando los datos de hora pico obtenido del Aforo Bidireccional Semanal en la Av. La Cultura, como se observa en la figura:

DÍA \ HORARIO	06:00 p.m.-07:00 p.m.
SÁBADO 16 DE ENERO	1195
LUNES 18 DE ENERO	1197
MARTES 19 DE ENERO	1061
MIÉRCOLES 20 DE ENERO	1108
JUEVES 21 DE ENERO	1184
VIERNES 22 DE ENERO	1341

Figura 122: Cuadro resumen de la variación diaria del Volumen Vehicular durante la hora pico en la Calle Recoleta

Fuente: Elaboración propia



Del cuadro resumen se dedujo que los días viernes se produce una mayor circulación de vehículos en la Av. La Cultura; por lo tanto, se ha definido como el día pico.

De esta manera se pudo uniformizar tanto día pico como hora pico, como contexto para el Análisis Operacional en el software Vissim de las 6 intersecciones semaforizadas y el óvalo.

3.6.2. Composición Vehicular Y Peatonal Para El Modelamiento De Simulación Microscópica

3.6.2.1. Composición Vehicular Y Peatonal Escenario Actual

En función de los aforos registrados se definirán los tipos de vehículos y peatones que circulan en el corredor vial, la velocidad media que desarrollan, y la distribución vehicular por giros. Para la investigación se configuraron diferentes tipos de composiciones vehiculares debido a que el tipo de vehículos que circula por cada calle no es el mismo.

3.6.2.1.1. Calle recoleta – calle retiro

3.6.2.1.1.1. Determinación de volumen vehicular por sentido

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad.

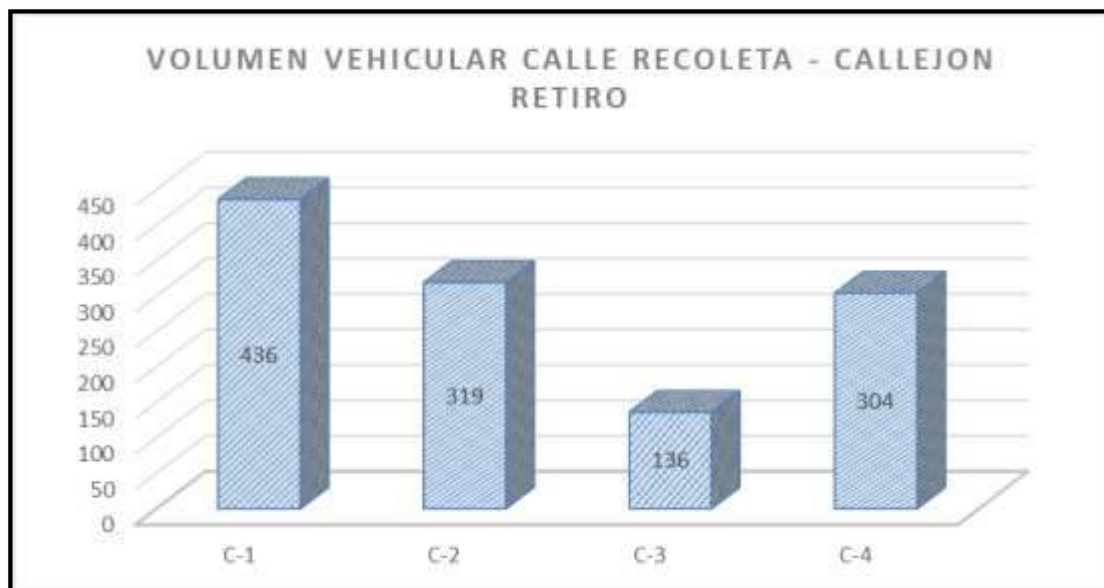


Figura 123: Variación de volúmenes vehiculares por giro de la Intersección Semaforizada Calle Recoleta –Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.1.2. *Determinación de la composición vehicular*

Se halló el volumen vehicular y el porcentaje por tipo de vehículo para cada giro.

Tabla 48: Composición vehicular de la Intersección Semaforzada Calle Recoleta – Calle Retiro, por código de giro

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAILER			TRAILER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
C1	319	64	22	19	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	73.17%	14.68%	5.05%	4.36%	2.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C2	231	25	19	3	5	32	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
%	72.41%	7.84%	5.96%	0.94%	1.57%	10.03%	0.00%	0.00%	0.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C3	106	17	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	77.94%	12.50%	8.82%	0.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C4	223	18	10	5	3	37	0	0	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
%	73.36%	5.92%	3.29%	1.64%	0.99%	12.17%	0.00%	0.00%	1.64%	0.33%	0.00%	0.33%	0.00%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se hizo la clasificación de vehículos ligeros y pesados, obteniéndose así los volúmenes para cada giro y sus respectivos porcentajes como se indica en la siguiente tabla.

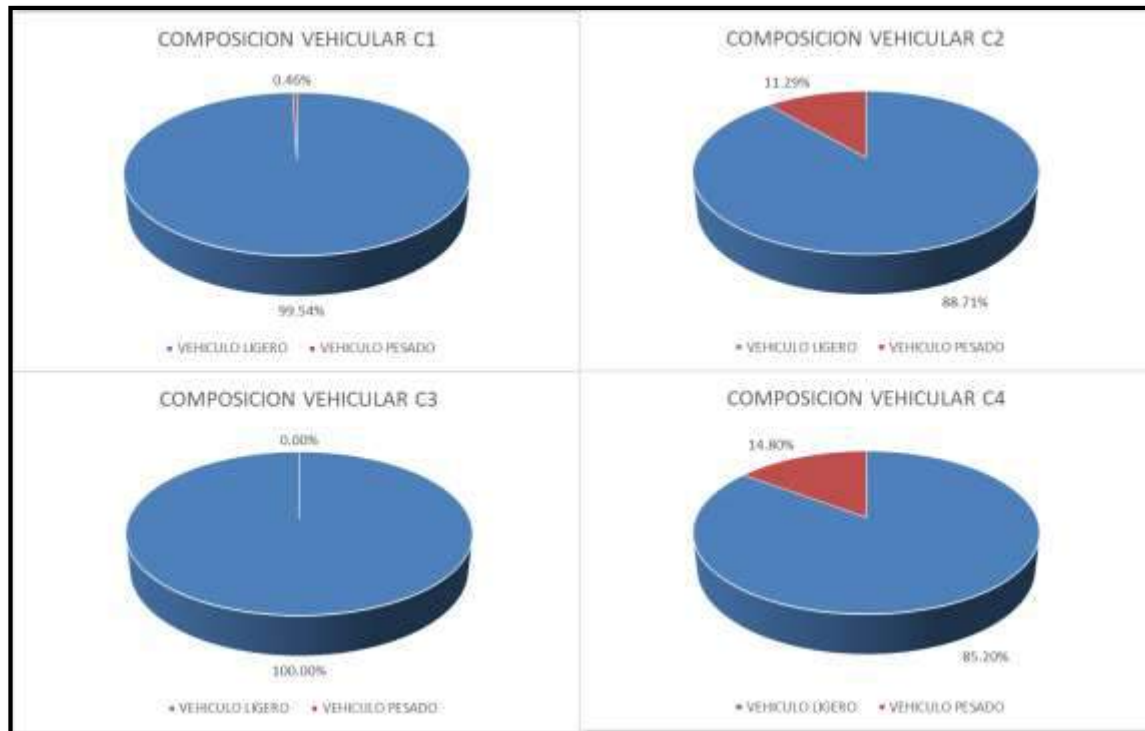


Figura 124: Porcentaje de composición vehicular por código de giro la Intersección Semaforzada Calle Recoleta –Calle Retiro

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.1.3. *Determinación del flujo vehicular por rutas*

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad, adicionalmente se determinó el volumen vehicular por ruta y el porcentaje con respecto a cada codificación de giro.

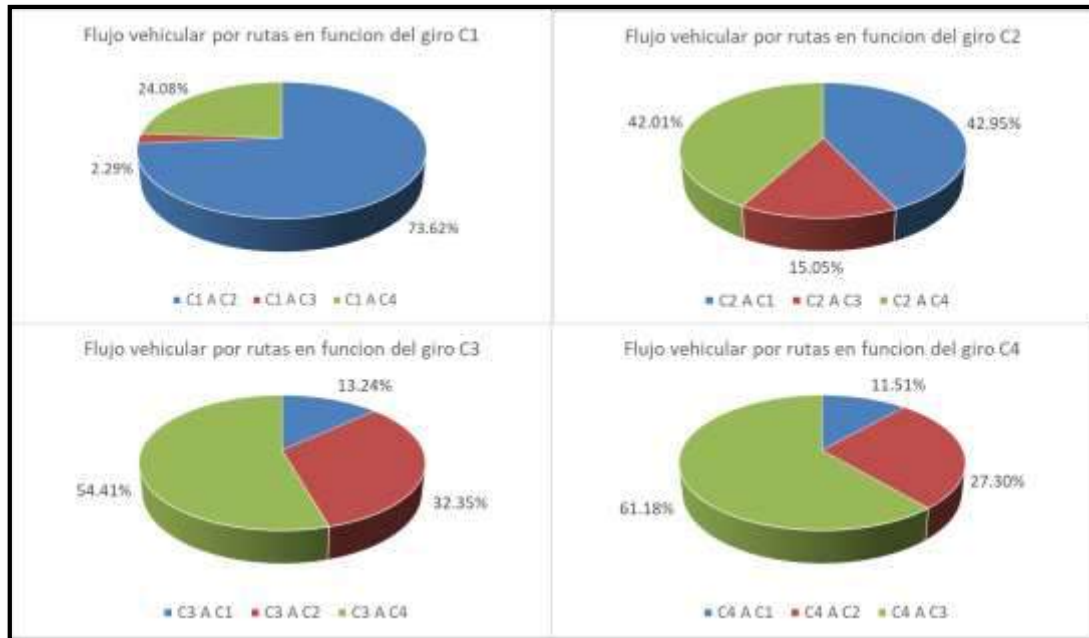


Figura 125: Porcentaje de composición vehicular por rutas de la Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Retiro
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.1.4. Determinación de volumen peatonal por sentido

Para esta situación se agruparon, a partir de los formatos de aforo peatonal, los volúmenes peatonales por cruce, codificados con anterioridad.

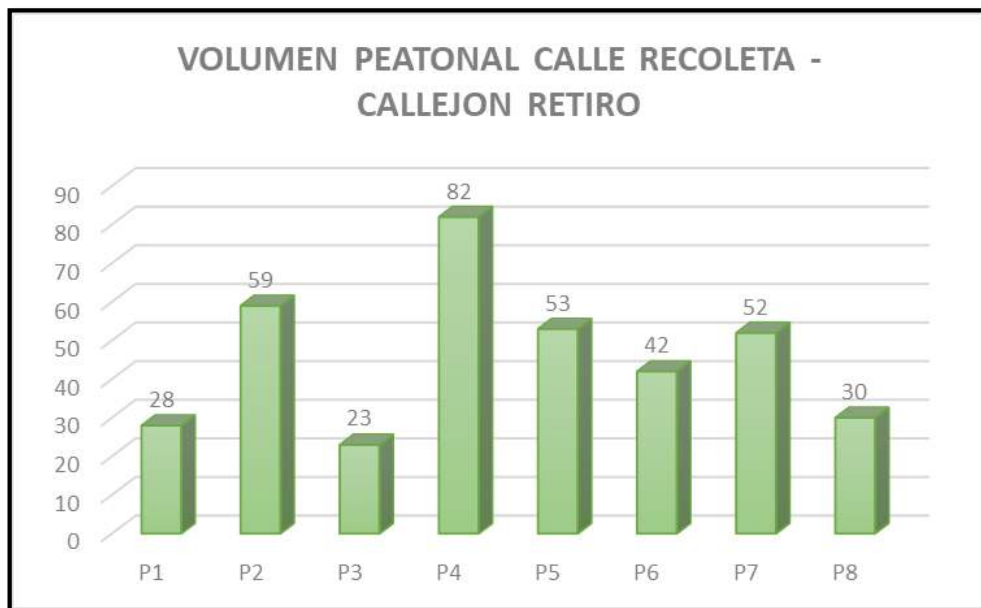


Figura 126: Variación de volúmenes peatonales de la Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Retiro
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.2. *Calle recoleta – calla puputi*

3.6.2.1.2.1. *Determinación de volumen vehicular por sentido*

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad.

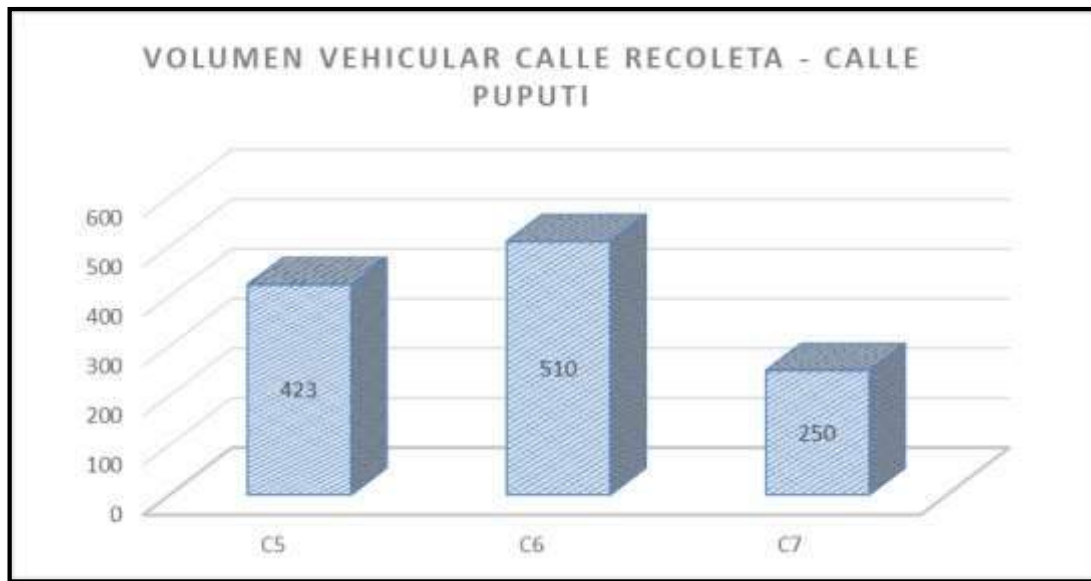


Figura 127: Variación de volúmenes vehiculares por giro de la Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.2.2. *Determinación de la composición vehicular*

Se halló el volumen vehicular y el porcentaje por tipo de vehículo para cada giro.

Tabla 49: Composición vehicular de la Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi, por código de giro

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
C5	305	22	33	1	8	40	0	0	11	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
%	72.10%	5.20%	7.80%	0.24%	1.89%	9.46%	0.00%	0.00%	2.60%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C6	343	30	33	0	39	55	0	0	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
%	67.25%	5.88%	6.47%	0.00%	7.65%	10.78%	0.00%	0.00%	1.57%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C7	175	14	10	1	29	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	70.00%	5.60%	4.00%	0.40%	11.60%	8.00%	0.00%	0.00%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se hizo la clasificación de vehículos ligeros y pesados, obteniéndose así los volúmenes para cada giro y sus respectivos porcentajes como se indica en la siguiente tabla.

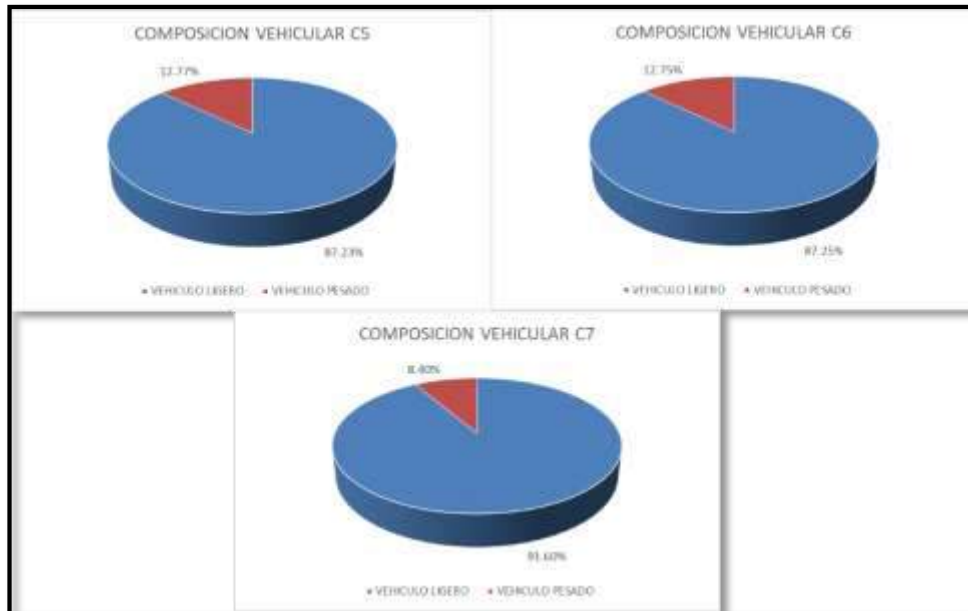


Figura 128: Porcentaje de composición vehicular por código de giro la Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.2.3. Determinación del flujo vehicular por rutas

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad, adicionalmente se determinó el volumen vehicular por ruta y el porcentaje con respecto a cada codificación de giro.

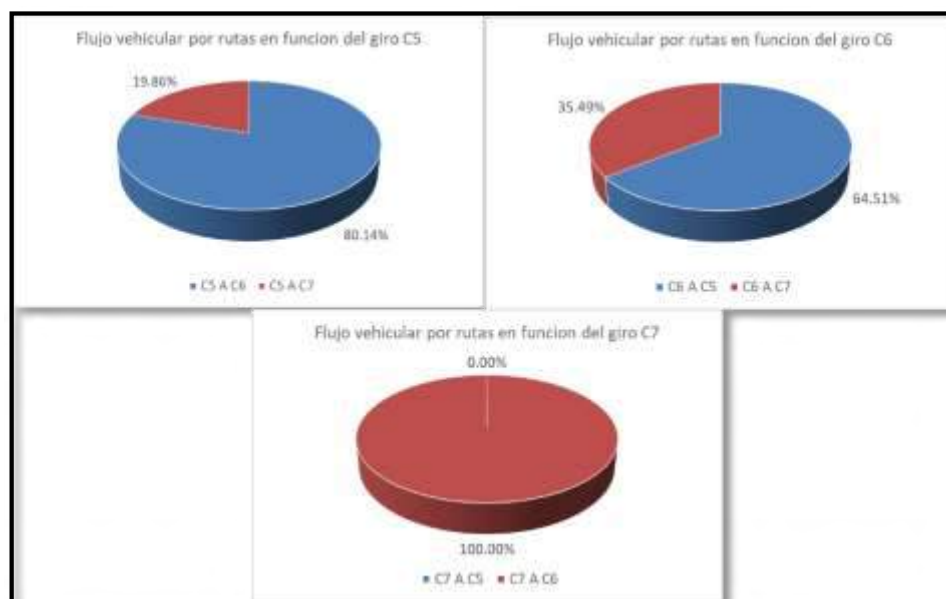


Figura 129: Porcentaje de composición vehicular por rutas de la Intersección Semaforizada Calle Recoleta – Calle Puputi
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.2.4. *Determinación de volumen peatonal por sentido*

Para esta situación se agruparon, a partir de los formatos de aforo peatonal, los volúmenes peatonales por cruce, codificados con anterioridad.

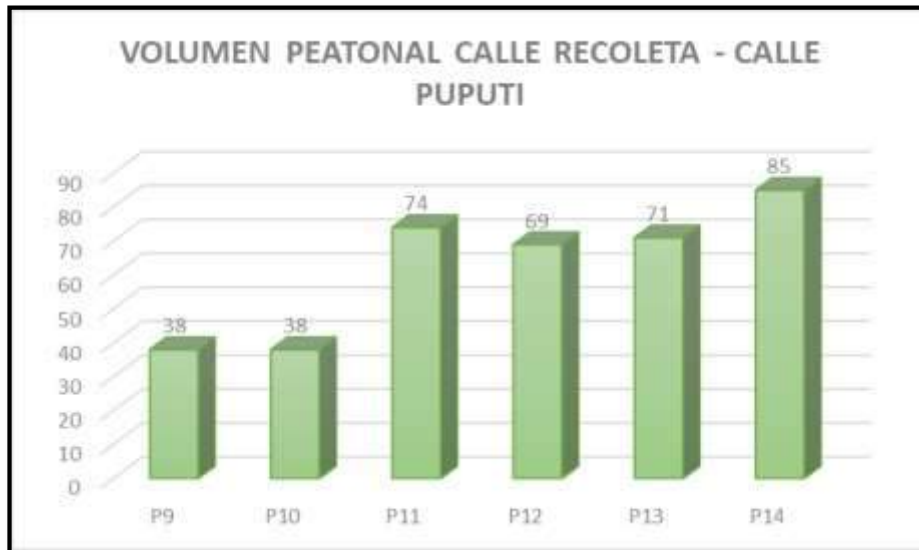


Figura 130: Variación de volúmenes peatonales de la Intersección SemafORIZADA Calle Recoleta – Calle Puputi
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.3. *Av. Universitaria – av. Collasuyo*

3.6.2.1.3.1. *Determinación de volumen vehicular por sentido*

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad.

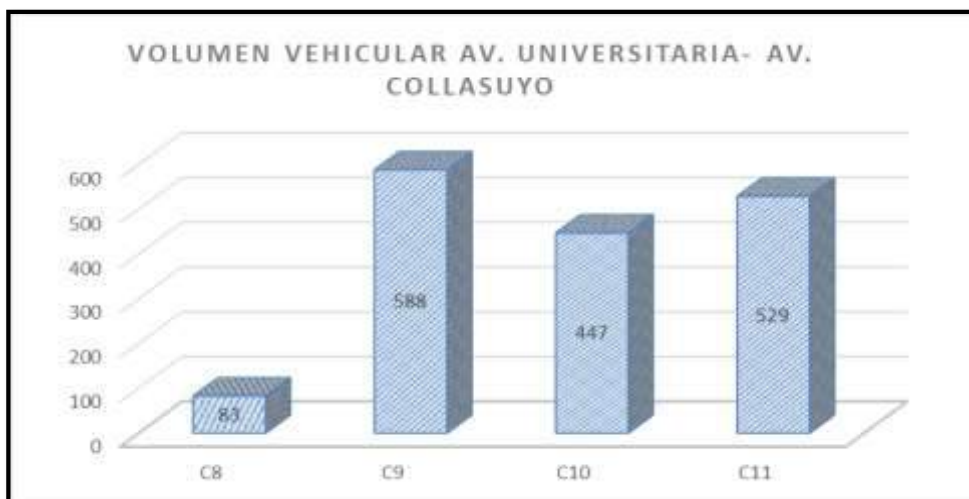


Figura 131: Variación de volúmenes vehiculares por giro de la Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.3.2. Determinación de la composición vehicular

Se halló el volumen vehicular y el porcentaje por tipo de vehículo para cada giro.

Tabla 50: Composición vehicular de la Intersección Semaforzada Av. Universitaria – Av. Collasuyo, por código de giro

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
C8	54	20	5	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	65.06%	24.10%	6.02%	1.20%	0.00%	1.20%	0.00%	0.00%	2.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C9	439	89	22	6	6	17	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
%	74.66%	15.14%	3.74%	1.02%	1.02%	2.89%	0.00%	0.00%	1.36%	0.00%	0.00%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C10	271	113	18	7	5	20	3	0	6	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
%	60.63%	25.28%	4.03%	1.57%	1.12%	4.47%	0.67%	0.00%	1.34%	0.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C11	362	110	19	10	1	22	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	68.43%	20.79%	3.59%	1.89%	0.19%	4.16%	0.19%	0.00%	0.57%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se hizo la clasificación de vehículos ligeros y pesados, obteniéndose así los volúmenes para cada giro y sus respectivos porcentajes como se indica en la siguiente tabla.

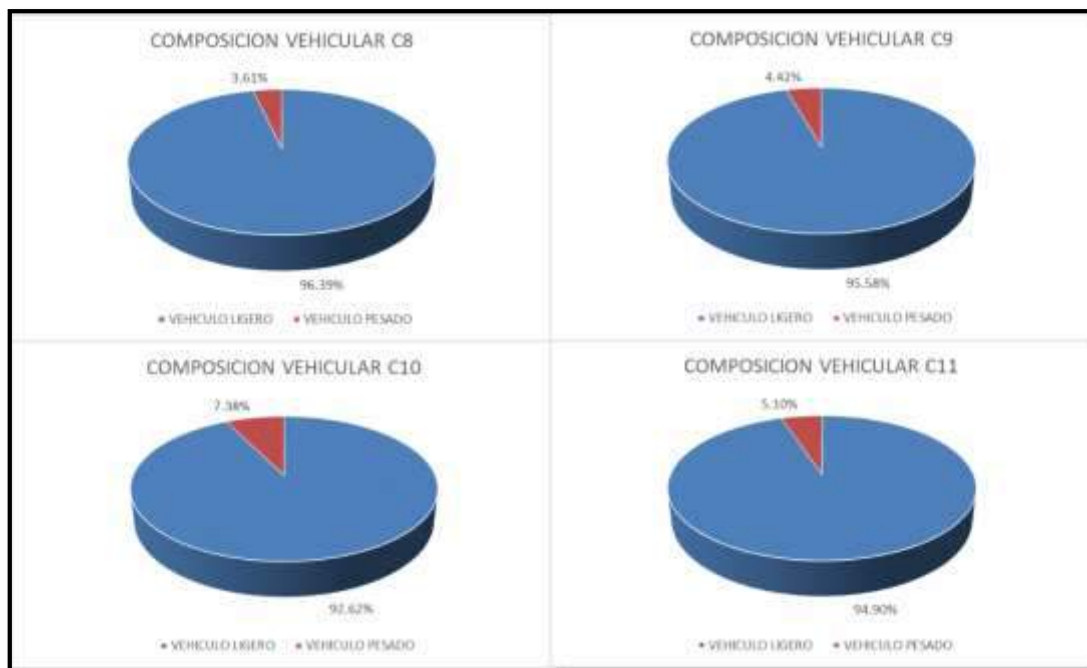


Figura 132: Porcentaje de composición vehicular por código de giro la Intersección Semaforzada Av. Universitaria – Av. Collasuyo

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.3.3. Determinación del flujo vehicular por rutas

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad, adicionalmente se determinó el volumen vehicular por ruta y el porcentaje con respecto a cada codificación de giro.

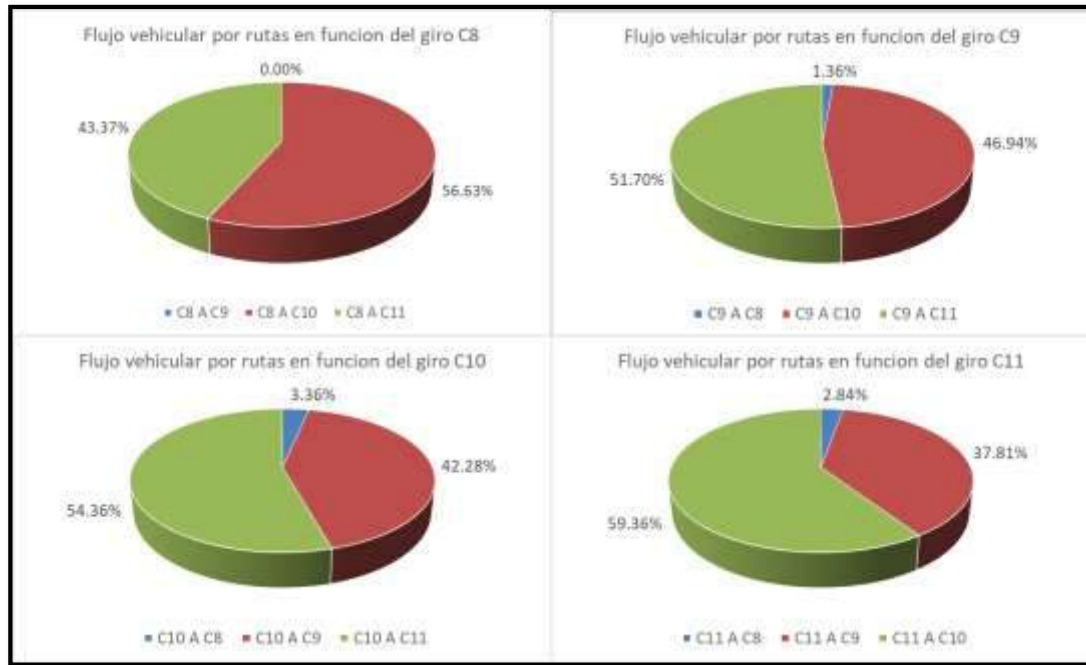


Figura 133: Porcentaje de composición vehicular por rutas de la Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.3.4. Determinación de volumen peatonal por sentido

Para esta situación se agruparon, a partir de los formatos de aforo peatonal, los volúmenes peatonales por cruce, codificados con anterioridad.

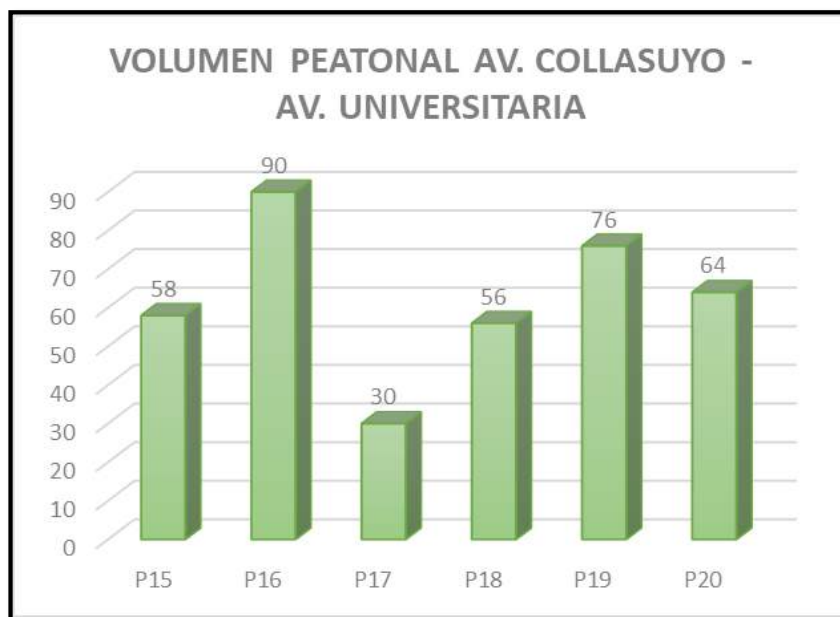


Figura 134: Variación de volúmenes peatonales de la Intersección SemafORIZADA Av. Universitaria – Av. Collasuyo

Fuente: Elaboración propia



3.6.2.1.4. Av. De la cultura – av. Universitaria

3.6.2.1.4.1. Determinación de volumen vehicular por sentido

Para esta situación se agruparon, a partir de las fichas de aforo vehicular, los volúmenes vehiculares por giro, codificados con anterioridad.

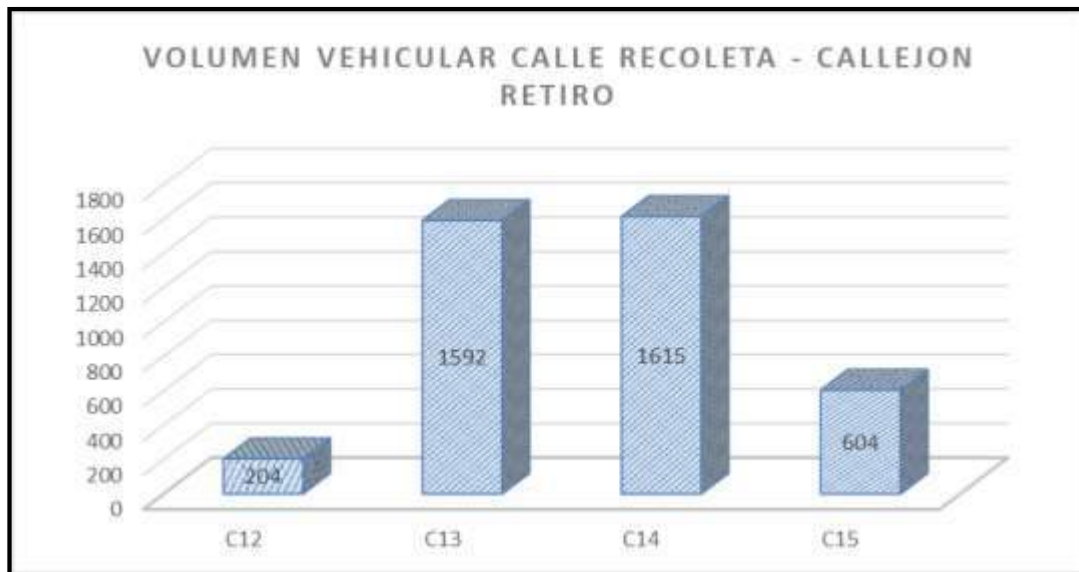


Figura 135: Variación de volúmenes vehiculares por giro de la Intersección SemafORIZADA Av. de la Cultura – Av. Universitaria

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.4.2. Determinación de la composición vehicular

Se halló el volumen vehicular y el porcentaje por tipo de vehículo para cada giro.

Tabla 51: Composición vehicular de la Intersección SemafORIZADA Av. de la Cultura – Av. Universitaria, por código de giro

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
C12	128	46	6	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	62.75%	22.55%	2.94%	0.98%	0.00%	10.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C13	1147	214	47	25	1	146	3	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	72.05%	13.44%	2.95%	1.57%	0.06%	9.17%	0.19%	0.00%	0.50%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C14	1100	244	57	23	1	175	2	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	68.11%	15.11%	3.53%	1.42%	0.06%	10.84%	0.12%	0.00%	0.62%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C15	437	107	18	15	0	22	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	72.35%	17.72%	2.98%	2.48%	0.00%	3.64%	0.00%	0.00%	0.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se hizo la clasificación de vehículos ligeros y pesados, obteniéndose así los volúmenes para cada giro y sus respectivos porcentajes como se indica en la siguiente tabla.