

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS VEHICULARES PARA DISMINUIR
EL CONGESTIONAMIENTO DE TRÁNSITO EN LA
INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA 28 DE JULIO CON CALLE
ZEPITA Y JIRÓN MOQUEGUA, DISTRITO DE ILO, 2022”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. NOELIA ODETTE VICENTE LOZANO
Bach. CARLOS GABRIEL HANS ZEGARRA YUGRA

TACNA – PERÚ
2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS VEHICULARES PARA DISMINUIR
EL CONGESTIONAMIENTO DE TRÁNSITO EN LA
INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA 28 DE JULIO CON CALLE
ZEPITA Y JIRÓN MOQUEGUA, DISTRITO DE ILO, 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 02 de julio de 2022; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

SECRETARIO: Mtra. ELVIRA ALVARADO AMONES

VOCAL: Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR: Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR-CALDERÓN JUÁREZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Noelia Odette Vicente Lozano, en calidad de bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 71208326.

Yo, Carlos Gabriel Hans Zegarra Yugra, en calidad de bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 70262387.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“Optimización de flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, distrito de Ilo, 2022”

La misma que se presenta para optar el: El Título Profesional de Ingeniero Civil

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi

acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 02 de julio del 2022



Bach. Noelia Odette Vicente Lozano
DNI: 71208326



Bach. Carlos Gabriel Hans Zegarra Yugra
DNI: 70262387

DEDICATORIA 1

A mis padres Reynaldo e Ivette por ser mi ejemplo
de superación y amor incondicional.

A mi hermana Mildred por ser mi cómplice y confidente
a lo largo de toda mi vida.

A Mikeyla y Fabiana por enseñarme
el verdadero significado del amor.
A mi tío Porfirio por el apoyo brindado
a lo largo de mi vida.

A mis abuelos por darme el aliento de ser mejor día a día
y ser mi motivación constante.

A Carlos y Sebastián por ser mis mejores amigos y compañeros
en esta locura llamada Universidad

Noelia Odette Vicente Lozano

DEDICATORIA 2

A mis padres Carlos y Nancy por todo su apoyo,
comprensión y amor que me han dado.

A mis abuelos Mario y Paula por todas
las experiencias de vida enseñadas.

A mis abuelos Daniel e Isabel por cuidar
desde el cielo de mi familia y de mí.

A mis tíos Martín, Roció y Nilda por sus consejos y
enseñanzas, como también por el apoyo
económico para conseguir mis objetivos.

A mi hermano Mario, mis primos-hermanos
Paola, Luciana y Ariel por haberme acompañado
todos estos años en las travesías de la vida.

Carlos Gabriel Hans Zegarra Yugra

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios que ha estado acompañándonos en todo momento y brindándonos salud.

A nuestro Asesor Mtro. Rolando Salazar Calderón–Juárez, quien nos apoyó incondicionalmente en la elaboración de este proyecto, con sus consejos y conocimientos.

También agradecemos profundamente a cada uno de los ingenieros de la Universidad Privada de Tacna que nos brindaron sus conocimientos y nos transmitieron sus experiencias.

Por último, dar las gracias a todos nuestros compañeros y amigos por los años compartidos en la universidad.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA 1	v
DEDICATORIA 2	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problema Específico.....	5
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	5
1.4. Objetivos de la Investigación.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivo Específico	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis Específica.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedes	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.1.3. Antecedentes Locales.....	10
2.2. Bases Teóricas	11
2.2.1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas	11
2.2.2. Clasificación por demanda de las carreteras	12
2.2.3. Clasificación por tipo de vehículo.....	14
2.2.4. Tipos de Transporte.....	17

2.2.5. Características de las intersecciones semaforizadas	18
2.3. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas	19
2.3.1. Análisis operacional	20
2.3.2. Datos de entrada	20
2.3.3. Ajuste de la demanda	21
2.3.4. Ajuste de la oferta	23
2.3.5. Determinación de la capacidad “ ct ” y la relación volumen/capacidad “ Xt ”	28
2.3.6. Medidas de efectividad	29
2.4. Definición de Términos.....	35
2.4.1. Tránsito.....	35
2.4.2. Volumen de tránsito	35
2.4.3. Demanda vehicular	35
2.4.4. Tasa de flujo	35
2.4.5. Capacidad	35
2.4.6. Congestión	36
2.4.7. Tráfico.....	36
2.4.8. Velocidad.....	36
2.4.9. Semáforos	36
2.4.10. Ciclo de semáforo o semafórico.....	36
2.4.11. Fase del semáforo	37
2.4.12. Cola	37
2.4.13. Peatón	37
2.4.14. Carril	37
2.4.15. Intersección	37
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	38
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	38
3.1.1. Tipo de Investigación	38
3.1.2. Nivel de Investigación	38
3.2. Población y/o muestra de estudio.....	38
3.2.1. Población de Estudio	38
3.2.2. Muestra de Estudio	38
3.3. Operacionalización de variables.....	38
3.3.1. Identificación de las variables	39
3.3.2. Caracterización de las variables	39
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	39
3.4.1. Medición de datos geométricos	40

3.4.2. Medición de datos de tránsito	40
3.4.3. Medición de datos semafóricos.....	40
3.5. Materiales y/o Instrumentos	40
3.6. Tratamiento de datos y análisis estadístico	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	42
4.1. Descripción del trabajo en campo	42
4.2. Intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	43
4.2.1. Descripción de la intersección	43
4.2.2. Aforo vehicular y selección de los periodos de análisis.....	50
4.2.3. Estación A	54
4.2.4. Estación B	57
4.2.5. Estación C	60
4.2.6. Aplicación de la Metodología del HCM 2010.....	63
4.3. Intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	68
4.3.1. Descripción de la intersección	68
4.3.2. Aforo vehicular y selección de los periodos de análisis.....	75
4.3.3. Estación A	79
4.3.4. Estación B	82
4.3.5. Estación C	85
4.3.6. Aplicación de la Metodología del HCM 2010.....	88
4.4. Propuesta de solución para la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	93
4.4.1. Explicación de la propuesta	93
4.4.2. Aplicación de la Metodología del HCM 2010 en la propuesta	96
4.5. Propuesta de solución para la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	101
4.5.1. Explicación de la propuesta	101
4.5.2. Aplicación de la Metodología del HCM 2010 en la propuesta	104
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	110
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
ANEXOS	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre el pelotón y tipos de llegada HCM 2010	21
Tabla 2. Factor de ajuste suplementario de secuencia	31
Tabla 3. Casos para el cálculo de demora uniforme y por cola inicial	32
Tabla 4. Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas.....	34
Tabla 5. Caracterización de las variables	39
Tabla 6. Cálculo de los intervalos del ciclo del semáforo	50
Tabla 7. Aforo del Lunes 21 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	51
Tabla 8. Aforo del Miércoles 23 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	52
Tabla 9. Aforo del Viernes 25 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	53
Tabla 10. Conteo Vehicular de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	54
Tabla 11. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	55
Tabla 12. Parámetros de entradas de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	56
Tabla 13. Conteo Vehicular de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	57
Tabla 14. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	58
Tabla 15. Parámetros de entradas de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	59
Tabla 16. Conteo Vehicular de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	60
Tabla 17. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	61
Tabla 18. Parámetros de entradas de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	62
Tabla 19. Planilla de ajuste de la demanda.....	63
Tabla 20. Plantilla de ajuste de la oferta	64
Tabla 21. Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada	65

Tabla 22. Plantilla de estimación de la demora por cola inicial.....	66
Tabla 23. Planilla de estimación de la demora por control y el NS.....	67
Tabla 24. Cálculo de los intervalos del ciclo del semáforo	75
Tabla 25. Aforo del Lunes 21 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	76
Tabla 26. Aforo del Miércoles 23 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	77
Tabla 27. Aforo del Viernes 25 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	78
Tabla 28. Conteo Vehicular de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	79
Tabla 29. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	80
Tabla 30. Parámetros de entradas de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	81
Tabla 31. Conteo Vehicular de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	82
Tabla 32. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	83
Tabla 33. Parámetros de entradas de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	84
Tabla 34. Conteo Vehicular de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	85
Tabla 35. Porcentaje de vehículos pesados de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	86
Tabla 36. Parámetros de entradas de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	87
Tabla 37. Planilla de ajuste de la demanda.....	88
Tabla 38. Plantilla de ajuste de la oferta	89
Tabla 39. Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada	90
Tabla 40. Plantilla de estimación de la demora por cola inicial.....	91
Tabla 41. Planilla de estimación de la demora por control y el NS.....	92
Tabla 42. Cálculo de los nuevos intervalos del ciclo del semáforo.....	95
Tabla 43. Planilla de ajuste de la demanda.....	96
Tabla 44. Plantilla de ajuste de la oferta	97

Tabla 45. Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada	98
Tabla 46. Plantilla de estimación de la demora por cola inicial.....	99
Tabla 47. Planilla de estimación de la demora por control y el NS.....	100
Tabla 48. Cálculo de los nuevos intervalos del ciclo del semáforo.....	103
Tabla 49. Planilla de ajuste de la demanda.....	104
Tabla 50. Plantilla de ajuste de la oferta	105
Tabla 51. Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada	106
Tabla 52. Plantilla de estimación de la demora por cola inicial.....	107
Tabla 53. Planilla de estimación de la demora por control y el NS.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones entre variables de distribución temporal en semáforos	19
Figura 2. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas.	20
Figura 3. Grupo de carriles típicos para el análisis de intersecciones señalizadas..	22
Figura 4. Vista satelital de las intersecciones de estudio	42
Figura 5. Vista satelital de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua ..	43
Figura 6. Identificación de accesos en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	44
Figura 7. Sección Vial de Acceso 1 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	44
Figura 8. Sección Vial de Acceso 2 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	45
Figura 9. Sección Vial de Acceso 3 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	45
Figura 10. Sección Vial de Acceso 4 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	46
Figura 11. Estaciones de conteo en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	47
Figura 12. Esquema de giros en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	47
Figura 13. Tiempo de semaforización en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	48
Figura 14. Diagrama de fases de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	49
Figura 15. Pendiente de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	56
Figura 16. Pendiente de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	59
Figura 17. Pendiente de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	62
Figura 18. Vista satelital de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	69
Figura 19. Identificación de accesos en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	69
Figura 20. Sección Vial de Acceso 1 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	70

Figura 21. Sección Vial de Acceso 2 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	70
Figura 22. Sección Vial de Acceso 3 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	71
Figura 23. Sección Vial de Acceso 4 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	71
Figura 24. Estaciones de conteo en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	72
Figura 25. Esquema de giros en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	73
Figura 26. Tiempo de semaforización en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	74
Figura 27. Diagrama de fases de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	74
Figura 28. Pendiente de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	81
Figura 29. Pendiente de la Estación “B” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	84
Figura 30. Pendiente de la Estación “C” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	87
Figura 31. Tiempo de semaforización propuesto en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua.....	94
Figura 32. Diagrama de fases propuesto de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua	95
Figura 33. Tiempo de semaforización propuesto en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita	102
Figura 34. Diagrama de fases propuesto de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita.....	103
Figura 35. Conteo de vehículos en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua.....	135
Figura 36. Conteo de vehículos en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita	135
Figura 37. Medición de veredas en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua.....	136
Figura 38. Medición del ancho de carril de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua.....	136
Figura 39. Vista frontal de la Avenida 28 de Julio	137
Figura 40. Vista frontal del Jirón Moquegua.....	137

Figura 41. Vista frontal de la Avenida 28 de Julio	138
Figura 42. Vista frontal de la Calle Zepita	138

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	115
Anexo 2. Aforos vehiculares	117
Anexo 3. Panel fotográfico	135

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Optimización de flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, distrito de Ilo, 2022” se realizó con el objetivo de optimizar los flujos vehiculares mediante la metodología HCM 2010. El estudio se realizó en 2 intersecciones semaforizadas, las cuales están ubicadas en el cruce de la Avenida 28 de Julio - Calle Zepita y Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua, siendo dicho tramo ubicado en la zona céntrica del distrito de Ilo, al presentar gran cantidad de flujo de vehículos y peatones en horas punta y generando gran congestionamiento vehicular y grandes colas de vehículos, se ve la necesidad de plantear una alternativa de solución para el mencionado problema. La recopilación de datos se realizó en el campo para determinar el nivel de servicio brindado en dichas intersecciones, recopilando datos como el recuento de vehículos, los tiempos de los semáforos, los carriles disponibles y la forma geométrica de la carretera. Aplicamos la metodología utilizada en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) denominada “Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas”, la cual nos da un resultado deficiente para el nivel de servicio de las dos intersecciones. Se propuso optimizar las fases de semaforización y el cambio de sentido de un carril y al procesar los datos nuevamente mediante la metodología HCM 2010 se pudo optimizar los flujos vehiculares disminuyendo así los niveles de servicio de ambas intersecciones y a su vez disminuyendo considerablemente el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua logrando cumplir el objetivo principal de la presente investigación.

Palabras clave: Nivel de servicio, congestionamiento de tránsito, fases semafóricas.

ABSTRACT

The present research work "Optimization of vehicular flows to reduce traffic congestion at the intersection of Avenida 28 de Julio with Calle Zepita and Jirón Moquegua, district of Ilo, 2022" was carried out with the objective of optimizing vehicular flows using the HCM 2010 methodology. The study was carried out in 2 traffic-light intersections, which are located at the intersection of Avenida 28 de Julio - Calle Zepita and Avenida 28 de Julio - Jirón Moquegua, being this section located in the downtown area of the district of Ilo, presenting a large amount of vehicle and pedestrian flow at peak hours and generating great traffic congestion and large queues of vehicles, it is necessary to propose an alternative solution to this problem. Data collection was carried out in the field to determine the level of service provided at these intersections, collecting data such as vehicle counts, traffic light timings, available lanes and the geometric shape of the road. We applied the methodology used in the Highway Capacity Manual (HCM 2010) called "Operational Analysis Methodology for Traffic Light Intersections", which gives us a poor result for the level of service of the two intersections. It was proposed to optimize the traffic light phases and the change of direction of one lane and by processing the data again using the HCM 2010 methodology, it was possible to optimize the vehicular flows, thus reducing the levels of service of both intersections and at the same time considerably reducing traffic congestion at the intersection of Avenida 28 de Julio with Calle Zepita and Jiron Moquegua, thus achieving the main objective of this research.

Key words: Level of service, traffic congestion, traffic signal phases.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el congestionamiento de tránsito se ha convertido en una de las problemáticas principales del país, el cual afecta a la población y a nuestro medio ambiente.

Es un fenómeno físico relacionado con la forma en que los vehículos impiden la progresión de los demás como demanda de espacio vial limitado se acerca a la capacidad total.

La falta de estudios de tránsito, el mal diseño de las vías o la falta económica son también algunos de los aspectos que contribuyen a tener problemas graves en el transporte, ocasionando el mal humor de los usuarios, la pérdida de tiempo, contaminación ambiental por la gran cantidad de emisión de dióxido de carbono, etc.

El presente trabajo de investigación dividido en V Capítulos y usando la metodología HCM 2010 busca la manera de disminuir notoriamente el congestionamiento vehicular en la intersección de la Avenida 28 de julio con Calle Zepita y Avenida 28 de julio con Jirón Moquegua en el centro del distrito de Ilo.

En el Capítulo I, se plantea la problemática de este trabajo de investigación, como también su descripción respecto a la problemática, se identificó los primordiales problemas existentes en las intersecciones estudiadas, con lo que se presentó, posteriormente, la justificación a la investigación y se planteó los objetivos e hipótesis generales y específicos en ambos casos.

En el Capítulo II, se da a conocer el marco teórico en el cual se describen los antecedentes existentes para esta investigación como los son los internacionales, nacionales y locales. Además, se presenta las bases teóricas, en las que se da una revisión de conceptos relacionados al tema tales como los niveles de servicio, clasificación de carreteras, entre otros. Se presenta en este capítulo también la Metodología de Análisis Operacional HCM 2010.

En el Capítulo III, se explica el marco metodológico donde se detalla el tipo y el nivel de investigación, la población de estudio, la operacionalización de las variables, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos en campo como lo son los geométricos, de tránsito y semaforicos; y la descripción del procesamiento de datos y análisis estadístico.

El Capítulo IV, se enfoca en cómo fue desarrollada la obtención de los resultados para el trabajo de investigación. Se describió el trabajo en que hemos realizado en campo y se presentaron los datos como también sus cálculos en el que nos dan como resultado el nivel de servicio actual de las intersecciones.

Finalmente, tras un análisis pudimos presentar la propuesta de solución, con la cual se volvieron a realizar los cálculos y se obtuvo nuevos resultados.

En el Capítulo V, se desarrolló la discusión de los resultados actuales y los resultados para la propuesta planteada. Donde se comparó los principales aspectos de la investigación llegando a una conclusión positiva respecto a lo realizado en este trabajo de investigación.

Por último, se presentaron las conclusiones y recomendaciones que se pudieron recolectar a través de todo el trabajo realizado.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad, la movilización en transporte terrestre es una necesidad cada vez más demandante. Las carreteras tanto urbanas como rurales que encontramos en nuestro país Perú, cumplen con un papel importante en el desarrollo socioeconómico de la población, y esto a su vez influye en el desarrollo del país.

Asimismo, las carreteras necesitan encontrarse en un nivel óptimo y recibir un mantenimiento constante, como también las principales señales de tránsito para vehículos y peatones que encontramos en estas, con el fin de asegurar que estas no se deterioren rápidamente y no tengan un impacto negativo en conductores y peatones.

Con el pasar de los años son más los pobladores que necesitan el transporte terrestre, debido a que necesitan una movilización más rápida y fluida a su destino. Esto, a su vez, no se ve reflejado en las avenidas principales de muchas regiones del Perú, ya que con el aumento poblacional que se viene experimentando en los últimos años, las capacidades de las carreteras para las que fueron diseñadas han quedado insuficientes generando una congestión vehicular.

La congestión vehicular es un problema que afecta a toda de la red vial de un país, representando un grave problema para la población que debe circular por ellas y las consecuencias que esta trae. Es así que esta conlleva unos siniestros viales y la pérdida de tiempo y productividad, como también enfermedades respiratorias a causa de las emisiones excesivas y el efecto psicológico que provoca agresividad y animosidad entre los usuarios (El Comercio, 2022)

En la ciudad de Lima, David Fairlie (2022) plantea también que, debido a su experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito, la principal consecuencia del caos vehicular es el pésimo diseño urbano y vial que se ha permitido en aquella ciudad. Una vez resuelta esta problemática, asegura que la población, en general, vivirá mejor y se comportará mejor.

Estas problemáticas son reflejadas también en la ciudad de Ilo, que ha sufrido un gran crecimiento demográfico, debido a que cuenta con una tasa de crecimiento de 1.7% según INEI mediante el Censo de Población y Vivienda (2017) lo que demanda también un mayor crecimiento en el parque automotor, lo cual provoca un aumento de congestionamiento vehicular en dicha ciudad.

En la ciudad de Ilo, el congestionamiento vehicular está presente en avenidas principales donde se concentran un gran número de vehículos diariamente, como lo son las intersecciones semaforizadas entre la Calle Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio ya que estas se encuentran cerca de la Plaza Principal de la Ciudad de Ilo. La Av. 28 de Julio conecta directamente con zonas turísticas de la ciudad, siendo estas la Glorieta José Gálvez y el Muelle de Ilo. Por otro parte, la Calle Zepita y Jirón Moquegua presentan un alto flujo vehicular debido a que son principalmente avenidas en el que transitan vehículos de transporte público y privado, que se dirigen a las principales zonas comerciales de la ciudad.

Estas dos intersecciones, con alto flujo vehicular, en muchas ocasiones han sido un punto de crítica de los ciudadanos y medios de comunicación locales, ya que, cursando los meses finales del 2018, los semáforos de ambas intersecciones se encontraban fuera de funcionamiento más de un año, atentando muy gravemente de esta forma contra la seguridad vial.

“Es lamentable que los semáforos no funcionen y están apagados. Le hago un llamado al subgerente de Transportes para que tome cartas en el asunto, le pedimos que verifique lo que está pasando” (Jesús Pizarro, 2019). Declaraciones que fueron hechas por, en ese entonces, el representante de la Asociación de Personas con Discapacidad Nueva Unidad, posterior al atropello que sufrió una persona discapacitada en la intersección de la Av. 28 de Julio con Calle Zepita, por encontrarse los semáforos malogrados.

Hay que indicar que en hora punta, la parte céntrica de la ciudad se vuelve un caos, donde los más perjudicados son los peatones ante la falta de control. (Prensa Regional, 2019).

A día de hoy, podemos indicar que los semáforos se encuentran totalmente operativos, sin embargo, no se ha registrado una solución al congestionamiento vehicular que se generan en ambas intersecciones con el pasar de los años. Si bien, se ha enmendado esta deficiencia en las intersecciones no podemos decir que el tiempo del ciclo semafórico sea el más óptimo, ni las fases semafóricas, ni tampoco los tiempos de rojo en cada acceso; esto, en conjunto, con los giros innecesarios presentes en algunos accesos y los grandes flujos vehiculares hacen que el tránsito se vea interrumpido y no fluido, generando el congestionamiento vehicular.

Finalmente, por estas razones, mediante esta tesis se analizó la situación actual con el objetivo de hallar posibles soluciones con las cuales se pueda mejorar los flujos vehiculares y los niveles de servicio, ya que, esto ayudara a disminuir favorablemente el congestionamiento en la intersección entre las Avenidas C.

Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio, siempre velando por la no contaminación del medio ambiente, un correcto mantenimiento de las vías y la salud y seguridad de todos los que forman parte de la red vial.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Optimizando los flujos vehiculares se puede disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, Distrito de Ilo, 2022?

1.2.2. Problema Específico

- a. ¿El flujo vehicular influirá en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?
- b. ¿Podría un rediseño de fases semafóricas mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?
- c. ¿Es posible realizar una propuesta para disminuir el congestionamiento de tránsito utilizando el nivel de servicio mejorado en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

La presente investigación aporta una alternativa de solución para disminuir el congestionamiento vehicular en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

Se realiza con el fin de mejorar los tiempos de distancias a ciertos lugares de la ciudad, además de la calidad de vida tanto de peatones como conductores de los vehículos, dando la facilidad de acceder de una manera más óptima a las zonas de mayor concentración de servicios básicos, evitando el estrés que produce el congestionamiento vehicular, reduciendo el gasto de combustible y el índice de accidentes vehiculares.

También, se ve afectado un factor de gran importancia como lo es el medio ambiente, ya que la concentración de vehículos en la zona céntrica de la ciudad afecta directamente la calidad del aire debido a las grandes cantidades de dióxido de carbono expulsado diariamente por los vehículos. Es notoria la incomodidad de

los transeúntes, ya que, no solo se ven afectados por esta contaminación, si no también, con la contaminación auditiva que se genera en las intersecciones en horas punta.

Lo que se busca es disminuir el congestionamiento en un sector clave de la ciudad como lo es el centro de Ilo, para así poder arribar a aquellos destinos a los que deseamos de una manera más óptima, segura y rápida en el que exista menor tránsito.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Optimizar los flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, Distrito de Ilo, 2022.

1.4.2. Objetivo Específico

- a. Determinar si el flujo vehicular influye en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.
- b. Plantear un rediseño de fases semafóricas para mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.
- c. Realizar una propuesta para disminuir el congestionamiento de tránsito utilizando el nivel de servicio mejorado en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Optimizando los flujos vehiculares disminuye considerablemente el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

1.5.2. Hipótesis Específica

- a. El flujo vehicular influye negativamente en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.
- b. El rediseño de fases semafóricas mejora significativamente el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.
- c. La propuesta, utilizando el nivel de servicio mejorado, disminuye considerablemente el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ashhad et al., (2020) en su artículo de investigación titulado “Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador” desarrollado en la Universidad Espíritu Santo Guayaquil – Ecuador, realizan un análisis del caos provocado para así poder mejorar el congestionamiento vehicular de la Av. Pedro Menéndez Gilbert que al estar diseñada para una capacidad de 9000 veh/h y al ser una vía principal, actualmente presenta problemas de congestionamiento vial, lo que causa molestias a la población usuaria. Se determinó que la causa de este incidente se debió a las siguientes razones: el número de vehículos supera la capacidad de la vía, el embotellamiento causado por la estación de Metrovía, el tiempo de funcionamiento del sistema de semáforos a una larga cola, a lo cual se plantearon tres alternativas de solución para poder reducir el congestionamiento vehicular de esta zona.

- La modificación de las fases semafórica en horas punta. Esta solución se considera una solución de bajo costo, y de impacto instantáneo ya que, al analizar los tiempos y la longitud de cola se genera una mejora del servicio, así como cuando la congestión vehicular se ve intervenida por los policías de tránsito en horarios pico.
- El trazo de una vía alterna de salida para todo el flujo vehicular que recorre la Av. PMG y que se dirige a la Av. LPD, constituye otra alternativa de solución de bajo costo. En este sentido existe una vía alterna en dirección a la Av. Cosme Renella. Esta solución requiere de propuestas menores de obras civiles, para no afectar a la ciudadela de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas, se estima con esta alternativa una reducción del 21% de los vehículos en la intersección 2, reduciendo el tiempo de llegada a la Av. LPD.
- La tercera solución planteada es la de mayor costo ya que trata de reubicar la estación de la Metrovía trasladándola aproximadamente 200 m más adelante. Desde los tiempos de parada, la longitud de las camionetas y los autobuses, y la ausencia de rieles laterales anchos como parada, han afectado la congestión del tráfico.

Quiroz García (2011) en su tesis titulada “El flujo vehicular y su incidencia en el bienestar de los moradores de la intersección de la vía panamericana y la calle César Dávila Andrade en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi” realizada en la Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua – Ecuador nos muestra una propuesta de solución para poder mejorar del flujo vehicular y el bienestar de los moradores en la intersección de la vía estudiada. Para el estudio del tráfico se realizó una recolección de datos en campo basada en una inspección visual y de un conteo vehicular donde los resultados evidencian la existencia de un gran número de vehículos que circulan por la vía Panamericana y la intersección de la Calle César Dávila Andrade y que en hora punta esto conlleva a un gran congestionamiento sin señal de semaforización. Se plantea la necesidad de realizar el diseño geométrico de un intercambiador vial, ya que, al existir demasiada acumulación de vehículos, el congestionamiento disminuirá y se optimizará la fluidez vehicular como también el bienestar de los moradores al igual de los conductores del sector que estarán totalmente de satisfechos según las encuestas realizadas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Nureña Diaz (2019) en su tesis titulada “Evaluación y propuestas para mitigar la congestión vehicular en la avenida Sáenz Peña, Distrito de Chiclayo 2019” desarrollada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo – Perú tiene como finalidad evaluar el flujo vehicular y la geometría de las vías, para así poder determinar el motivo principal por el cual existe mayor congestión vehicular y así obtener la mejor alternativa de solución para disminuir el problema que se describe en el presente trabajo de investigación. Las soluciones propuestas en la investigación, pretenden que varias de estas trabajen de manera simultánea: Anular los giros a la izquierda siempre en compañía de la vigilancia del cumplimiento de la restricción mencionada, a su vez la reducción en su totalidad o de manera parcial la informalidad, lo que no tiene sentido a la hora de tomar una decisión si todavía hay intersecciones que no existen semáforos que regulen el flujo de vehículos. Del mismo modo, la introducción del transporte masivo tiene como objetivo reducir la cantidad de automóviles, combinado con el ciclo correcto de los semáforos para garantizar el tráfico ordenado en las intersecciones y no hay conflicto.

Ríos Cardich (2018) en su proyecto de investigación nos indica que tiene como objetivo identificar las condiciones en la que se encuentra la avenida en estudio (Av. Cáceres de la ciudad de Piura), para poder implementar medidas de solución con las que se puedan mitigar el congestionamiento vehicular de manera eficiente, mediante recolección de datos en campo como el estudio de tráfico, las mediciones geométricas de la vía y la determinación de ciclos semafóricos podremos identificar la situación actual de la Avenida en estudio.

A través del análisis operativo, un análisis de estado realizado en cada intersección de la Av. Cáceres muestra que el bajo nivel de servicio puede verse obstaculizado sin una adecuada planificación del desarrollo del transporte en la ciudad. Los problemas técnicos provocan retrasos innecesarios, hacen que los conductores presenten un comportamiento inadecuado y el tráfico se vuelve más desordenado. Si se quiere que los conductores entiendan cómo realizar sus acciones, se les debe proporcionar un sistema eficiente e integrado que asegure la salud de los peatones y ciclistas.

Luego del desarrollo de la tesis, se propuso (de una forma nueva y novedosa) un nuevo sistema de transporte en tren eléctrico parecido al sistema que ya existe en nuestra capital la ciudad de Lima, debido a la alta demanda de transporte en la ciudad de Piura, este método, según desarrollan, reducirá significativamente el nivel de congestión del tráfico.

2.1.3. Antecedentes Locales

Sanchez Salazar (2017) en su investigación titulada “Sistemas de estacionamientos subterráneos y su influencia en el congestionamiento vehicular en el centro histórico de Moquegua, 2017” tiene como finalidad determinar si los sistemas de estacionamientos subterráneos tienen influencia en el gran congestionamiento vehicular que se presenta en el Centro Histórico de Moquegua. Durante el trabajo de campo se encontró que el sistema de estacionamiento subterráneo tuvo un impacto significativo en la optimización de la creación de estacionamientos en el centro histórico de Moquegua, ya que la propuesta de solución planteada es la creación de un estacionamiento con 76 estacionamientos para vehículos. Cabe señalar que el 79% piensa que está de acuerdo con la pregunta, el 14% dice que no está de acuerdo con la primera opción y el 7% restante piensa que no sabe, no piensa en la relación.

De hecho, los encuestados respondieron sobre la posibilidad de crear un espacio de estacionamiento basado en el sistema de estacionamiento propuesto. Al

final del estudio de campo, se confirmó que el sistema de estacionamiento subterráneo sí tiene un efecto positivo en la congestión del tráfico en el centro histórico de Moquegua ya que el 43% respondió que sí, el 28% dijo que no y el 29% restante de la muestra dijo que tienen, no sabe o no tiene opinión al respecto todavía. Los resultados muestran claramente los beneficios de elegir un nuevo sistema de estacionamiento el cual reducirá significativamente el tráfico y permitirá que la población pueda hacer uso de los espacios de uso común como lo son los parques, jardines y veredas ubicados en el Centro de la ciudad de Moquegua.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Los niveles de servicio cubren un rango de volúmenes que son más pequeños que el volumen de servicio, lo que le permite ejecutarse más rápido que el mínimo requerido para cada nivel. Cuando se reduce el volumen y se aumenta la velocidad de operación al rango especificado para el nivel anterior, se ha alcanzado el nivel especificado; por el contrario, si se aumenta el volumen y se reduce la velocidad, se cumplen las condiciones establecidas para el nivel inferior. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Específicamente, el nivel de servicio lo expresamos en términos de la demora media por cada vehículo por las detenciones que se producen en un período de análisis de 15 minutos, considerado como período de máxima demanda. Los niveles de servicio para intersecciones semaforizadas son:

- **Nivel A:** Cubre las condiciones de libre flujo vehicular. Este nivel de servicio proporcional al conductor comodidad física y psicológica. Las interrupciones menores para circular son fácilmente amortiguadas sin tener que realizar un cambio en la velocidad de circulación. Operación con demoras menores a 10 segundos por vehículo.
- **Nivel B:** Indica que le corresponden buenas condiciones de libre circulación, sin embargo, la presencia de otros vehículos que transitan a una menor velocidad puede afectar a los que se desplazan de manera más rápida. Las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el nivel A, pero los conductores tienen menor libertad de maniobra. Operación con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo.
- **Nivel C:** Abarca la influencia de la densidad de tráfico en la circulación vehicular determina un ajuste de la velocidad. La capacidad de maniobras y la

posibilidad de poder adelantar otro vehículo, se ven limitadas por la presencia de gran cantidad de vehículos. Las interrupciones menores pueden causar deterioro local en el nivel de servicio y esto hará que se formen colas de vehículos ante cualquier interrupción significativa del tráfico. Operación con demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo.

- **Nivel D:** La maniobrabilidad está muy limitada debido a los congestionamientos de tráfico, que pueden conducir a la detención. La velocidad del tráfico está disminuyendo gradualmente debido al creciente número de vehículos congestionados que generan colas que hacen imposible adelantar a otros vehículos. Operación con demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo.
- **Nivel E:** La intensidad con la que circulan los vehículos se encuentra muy próxima a la capacidad de diseño de la carretera. En este nivel los vehículos tienen un mínimo espacio entre ellos cuando son operados, esto conlleva a que permanezcan con una velocidad uniforme en su circulación. En cuanto a carreteras con varios carriles, la velocidad de flujo libre estará entre 70 y 100 km/h, esto conlleva a que desarrollen velocidades menores, que son impredecibles y variadas. Operación con demoras comprende entre 55 y 80 segundos por vehículo.
- **Nivel F:** La intensidad del flujo vehicular, en este nivel, superar por mucho la capacidad máxima de la carretera, por lo que el flujo se encuentra altamente congestionado y muy forzado. En estas condiciones, se presentan las colas que llegan a experimentar aquellos periodos cortos de movimientos e inmediatamente paradas. El nivel F es el que se encarga de caracterizar el punto de colapso y también las condiciones en las que operan los vehículos dentro de la cola existente. Operación con demoras que supera los 80 segundos por vehículo.

2.2.2. Clasificación por demanda de las carreteras

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018 (2018) nos indica que, en función a las demandas, las carreteras del Perú se clasifican en:

- **Autopistas de Primera Clase:** Son carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, sin cruces o pasos

a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **Autopistas de Segunda Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 6 000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, cada calzada debe tener dos o más carriles, con un ancho mínimo de 3,60 m; pueden tener intersecciones viales a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentado.
- **Carreteras de Primera Clase:** Estas carreteras cuentan con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, formada por una calzada dividida en 2 carriles de 3,60 m de ancho recomendable mínimamente. Puede contar con cruces o pasos vehiculares a nivel y para las zonas urbanas se recomienda contar con puentes peatonales o en su reemplazo con dispositivos de seguridad vial, que garanticen mayor seguridad en cuanto a sus velocidades de operación. Para estas carreteras su superficie de rodadura deberá estar debidamente pavimentada.
- **Carreteras de Segunda Clase:** Estas carreteras cuentan con un IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, formada por una calzada que comprende 2 carriles de 3,30 m de ancho recomendable mínimamente. Puede contar con cruces o pasos vehiculares a nivel y para las zonas urbanas se recomienda contar con puentes peatonales o en su reemplazo con dispositivos de seguridad vial, que permitan mayor seguridad en cuanto a sus velocidades de operación. Para estas carreteras su superficie de rodadura deberá estar debidamente pavimentada.
- **Carreteras de Tercera Clase:** Estas carreteras cuentan con un IMDA menor de 400 veh/día, con una calzada formada por 2 carriles de 3,00 m de ancho recomendable mínimamente. De manera excepcional estas vías podrán contar con carriles de hasta 2,50 m, teniendo en cuenta la aprobación con el sustento técnico que le corresponda.
- **Trochas Carrozables:** Vías que pueden ser usadas para el tránsito de vehículos pero que no satisfacen las características geométricas de una carretera, que suelen contar un IMDA menor a 200 veh/día. Debe poseer calzadas con un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominadas plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. Para estas trochas su superficie de rodadura puede estar afirmadas o sin afirmar.

2.2.3. Clasificación por tipo de vehículo

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (2018) nos indica, en porcentaje, la participación que le corresponde en el Índice Medio Diario Anual a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

- **Categoría L:** Vehículos que tienen menos de cuatro ruedas y es automotor.

L1

Vehículos que cuentan con dos ruedas, que no superen los 50 cm³ y de una velocidad máxima de 50 km/h.

L2

Vehículos que cuentan con tres ruedas, que no superen los 50 cm³ y de una velocidad máxima de 50 km/h.

L3

Vehículos que cuentan con dos ruedas, que superen los 50 cm³ o de una velocidad mayor de 50 km/h.

L4

Vehículos que cuentan con tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, que superen los 50 cm³ o de una velocidad mayor de 50 km/h.

L5

Vehículos que cuentan con tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, que superen los 50 cm³ o de una velocidad mayor de 50 km/h y que su peso bruto vehicular no supere una tonelada.

- **Categoría M:** Vehículos que tiene cuatro ruedas a más, los cuales fueron diseñados específicamente para transportar a pasajeros.

M1

Vehículos que cuentan como máximo una cantidad de ocho asientos o menos, y no está incluido en este número el asiento del conductor.

M2

Vehículos que tienen más de ocho asientos, no está incluido el asiento del conductor y tienen un peso bruto como máximo de cinco toneladas o menos.

M3

Vehículos que tienen más de ocho asientos, no está incluido el asiento del conductor y tienen un peso mayor a cinco toneladas.

Los vehículos que pertenecen a las categorías M2 y M3, también dependiendo de la disposición de pasajeros se llegan a clasificar de la siguiente manera:

Clase I

Vehículos que son construidos con espacios para pasajeros que pueda permitir un transporte en pie y también que les permita el desplazamiento frecuente.

Clase II

Vehículos que son construidos priorizando el transporte de pasajeros sentados y con pasadizos y/o áreas para pasajeros que pueda permitir un transporte en que no supere o limite el espacio provisto para los dos asientos dobles que estos tienen.

Clase III

Vehículos que son construidos exclusivamente el transporte de pasajeros sentados.

- **Categoría N:** Vehículos que tienen cuatro ruedas a más, los cuales fueron diseñados específicamente para el transporte de mercancía.

N1

Vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2

Vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 3,5 toneladas y alcanzan hasta las 12 toneladas.

N3

Vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 12 toneladas.

- **Categoría O:** Remolques, también se incluyen en esta categoría los semirremolques.

O1

Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O2

Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 0,75 toneladas y alcanzan hasta las 3,5 toneladas.

O3

Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 3,5 toneladas y alcanzan hasta las 10 toneladas.

O4

Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 10 toneladas.

- **Categoría S:** Agregando a las anteriores categorías de vehículos (M, N u O), en circunstancias es necesario el uso de carrocerías y/o equipos especiales para el transporte de pasajeros o mercancías, se clasifican en:

SA

Casas rodantes

SB

Vehículos blindados para el transporte de valores

SC

Ambulancias

SD

Vehículos funerarios

2.2.4. Tipos de Transporte

- **Transporte Público:** Los autobuses, trenes y metros están clasificados como transportes públicos, ya que es un modo de transporte en común donde pueden desplazarse varias personas. Cada tipo de transporte tiene su propio horario y a su vez su propia ruta. La ventaja que presenta el transporte público es el precio, ya que son relativamente más económicos y todos los usuarios del servicio pagan la misma tarifa. Tanto como ventajas, el transporte público presenta desventajas como que en horas punta suele estar muy saturado, el conductor no te espera si llegar tarde y cuando suelen estar muy llenos no se detienen.
- **Transporte Privado:** Comúnmente es como se le llama al tipo de transporte en el que no está disponible el vehículo para ser compartido con otras

personas o para el público en general. Es de uso exclusivo del conductor y/o acompañante. Ventajas del uso de transporte privado:

Ahorras tiempo

De modo que tú eres la persona exclusiva de su uso, no tienes demoras en parar, recoger y dejar pasajeros. También tienes un destino en concreto y se elige la ruta más corta para llegar a tu destino en el menor tiempo posible.

Seguro

Los conductores pasan ciertas pruebas, además tienen que contar con licencia vigente y deben tener vehículos que cumplan con estándares estrictos.

Cómodo

Cuentan con espacios más amplios para el usuario, generalmente tienen un mejor mantenimiento de asientos y vehículo en general, están mejor cuidados y limpios. Asientos más espaciosos.

Servicio personal

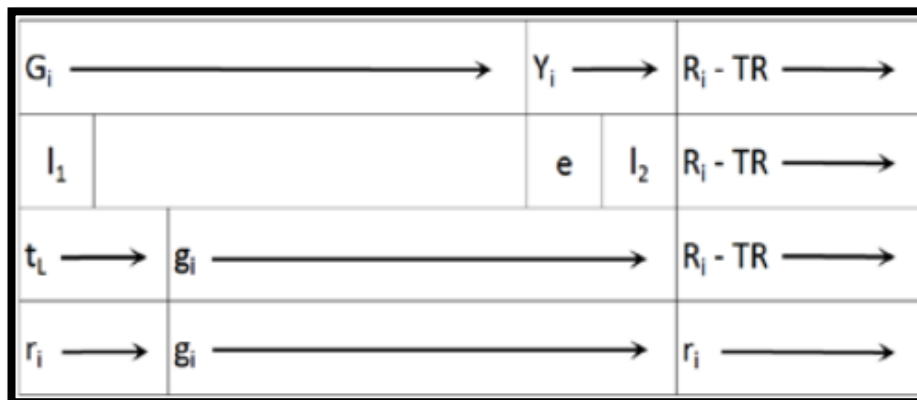
El conductor ofrece un servicio personalizado, te ayudara con equipaje y tendrá la mayor atención en asegurar que tu viaje sea una experiencia agradable.

2.2.5. Características de las intersecciones semaforizadas

Se muestran las relaciones entre las principales variables para cada movimiento en la Figura 1, lo que demuestra que todo el tiempo perdido ciertamente se usa al comienzo del tráfico de un grupo de carriles.

Figura 1

Relaciones entre variables de distribución temporal en semáforos



Nota. Adaptado de Vera Lino (2012).

$$t_L = l_1 + l_2 = l_1 + Y_i - e \quad (1)$$

$$g_i = G_i + Y_i - t_L \quad (2)$$

$$r_i = R_i - TR + t_L \quad (3)$$

Donde:

Y_i = Intervalo de cambio y despeje (s)

C_i = Longitud de ciclo (s)

G_i = Tiempo de verde (s)

R_i = Tiempo de rojo (s)

g_i = Tiempo de verde efectivo (s)

r_i = Tiempo de rojo efectivo (s)

e = Extensión del tiempo de verde efectivo (s)

t_L = Tiempo perdido total (s)

l_1 = Tiempo perdido total de arranque (s)

l_2 = Tiempo perdido de despeje (s)

2.3. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas

Para el presente trabajo de investigación se utilizará la metodología del análisis operacional del HCM 2010, la cual nos registra algunos pasos para obtener el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas.

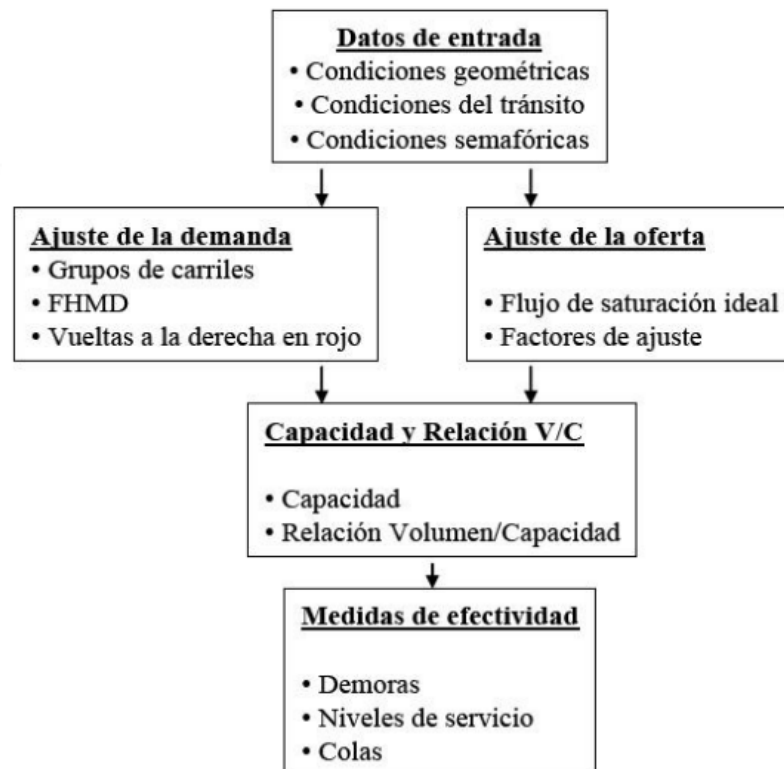
A continuación, se definen los pasos necesarios en orden para determinar el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas extraídas del HCM 2010:

2.3.1. Análisis operacional

El análisis operativo de HCM consiste en estimar medidas de eficiencia, que primero se generan para elementos individuales y luego se agregan (ponderan) para todo el sistema. A continuación, se muestra el procedimiento en la Figura 2.

Figura 2

Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas



Nota. Adaptado de Vera Lino (2012).

2.3.2. Datos de entrada

- **Condiciones geométricas**

Información de toda la configuración física de la intersección. Incluye la cantidad y ancho de carriles, existencia de carriles exclusivos, los estacionamientos, movimientos por carril, porcentaje de pendiente a lo largo de la avenida, etc.

- **Condiciones del tránsito**

Este consiste en obtener la información de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en el acceso de la intersección.

El HCM nos indica que el tipo de llegada, debe observarse en campo ya que esto se considera lo óptimo, gracias a esto, podemos vincularlo con el rango de proporción de pelotón (R_p) a través de la siguiente Tabla 1 y la ecuación 1.

Tabla 1

Relación entre el pelotón y tipos de llegada HCM 2010

Tipo de llegada (AT)	Rango de proporción de pelotón (R_p)	Valor por defecto (R_p)	Calidad de progresión
1	$\leq 0,50$	0,333	Muy Pobre
2	$> 0,50 - 0,85$	0,667	Desfavorable
3	$> 0,85 - 1,15$	1,000	Llegadas Aleatorias
4	$> 1,15 - 1,50$	1,333	Favorable
5	$> 1,50 - 2,00$	1,667	Muy Favorable
6	$> 2,00$	2,000	Excepcional

Nota. Adaptado de Villaverde Ospinal (2018).

$$R_p = \frac{P}{\left(\frac{g_i}{C}\right)} \quad (4)$$

Donde:

R_p = Relación de pelotón

P = Proporción de todos los vehículos que llegan durante la fase de verde ($P \leq 1$)

C = Longitud del ciclo (s)

g_i = Tiempo de verde efectivo del movimiento o grupo de carriles (s)

- **Condiciones de semaforización**

Información completa de la configuración semafórica de la intersección. Incluye longitud del ciclo, tiempo en verde, plan de fases, periodo de análisis, etc.

2.3.3. Ajuste de la demanda

- **Grupo de carriles**

La metodología HCM 2010 nos describe que cada acceso de una intersección se considera de forma individual, como también para los grupos de carriles.

La segmentación considera la parte geométrica de la intersección y la distribución de movimientos. En la siguiente Figura 3 se observan los agrupamientos más usados para los carriles.

Figura 3

Grupo de carriles típicos para el análisis de intersecciones señalizadas

Número de carriles	Movientos por carril	Número de posibles grupo de carriles
1	LT + TH + RT Izquierdo, directo y derecho	① Acceso carril sencillo
2	EXC LT Izquierdo exclusivo TH + RT Directo y derecho	②
2	Izquierdo y directo LT + TH TH + RT Directo y derecho	① ②
3	Izquierdo exclusivo EXC LT TH TH + RT Directo y derecho	② ③

Nota. Adaptado de Vera Lino (2012).

- **Determinación de la tasa de flujo**

Para la determinación de la tasa de flujo vehicular durante los 15 minutos pico primero se recomienda seleccionar el periodo crítico de análisis de los flujos de cada 15 minutos, ya que es muy improbable que no todos los movimientos alcancen su volumen pico en el igual horario.

$$v_p = \frac{V}{FHP} \quad (5)$$

Donde:

v_p = Tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h)

V = Volumen horario (veh/h)

FHP = Factor de hora pico

2.3.4. Ajuste de la oferta

- **Determinación de la tasa de flujo de saturación**

Según el HCM 2010, para la determinación de la tasa de flujo de saturación se necesitará el flujo de saturación ideal por carril (s_o) el cual es proporcionado por la metodología como una variable de entrada (1900 veh/h/carril). La tasa de flujo muestra un “ajuste”, dado que esta, presenta la aplicación de diversos factores que ajustaran la velocidad de flujo de saturación.

$$s = s_o * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (6)$$

Donde:

s = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde)

s_o = Tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril)

N = Número de carriles del grupo de carriles

f_W = Factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = Factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento adyacentes al grupo de carriles

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

f_a = Factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carriles

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

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

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

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

- **Factores de ajuste del flujo de saturación**

Factor de ajuste por ancho del carril “ f_W ”

El factor de ajuste por ancho de carriles considera el impacto negativo que de alguna manera se puedan llegar a generar en los carriles muy ajustados en la tasa del flujo de saturación ideal por carril (S_o) así como pueden aumentar la tasa al existir carriles más anchos. El HCM 2010 recomienda un ancho de

carril estándar de 3,6 m y si el ancho de carril supera los 4,8 m se considerará como dos carriles de análisis.

$$f_W = 1 + \frac{W - 3,6}{9} \quad (7)$$

Donde:

W = Ancho de carril (m)

Factor de ajuste por vehículo pesado " f_{HV} "

Este factor incluye el espacio adicional que ocupa un vehículo pesado y las diferencias operativas que existen en comparación con los vehículos livianos. Para el presente proyecto, se consideró que por cada vehículo pesado este equivale a 2,0 vehículos livianos (E_T).

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} \quad (8)$$

Donde:

$\%HV$ = % de vehículos pesados – grupo de carriles

E_T = Factor de equivalencia en vehículos livianos para cada vehículo pesado (veh equivalente/hv)

Factor de ajuste por pendiente de acceso " f_g "

Este factor toma en cuenta el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos en el acceso, tanto vehículos pesados como livianos.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (9)$$

Donde:

G = % pendiente en el acceso – grupo de carriles: - 6% a 10%

Factor de ajuste por estacionamiento " f_p "

El factor considera el efecto de maniobras y el retraso en bloqueo de un carril aledaño a causa de los vehículos que constantemente entran o también como

los que salen de un estacionamiento. Según HCM 2010 cada maniobra tarda 18 segundos en promedio debido a las maniobras por estacionamiento, este considera la influencia por estacionamientos que se encuentren dentro de 75 m corriente arriba de la línea de parada.

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (10)$$

Donde:

N = Número de carriles por grupo

N_m = Número de maniobras de parqueo/hora

Factor de ajuste por bloqueo de buses “ f_{bb} ”

Este factor es utilizado cuando vehículos de transporte público bloquean el flujo de tráfico al recoger o dejar pasajeros en un rango de 75 metros por detrás de la línea de parada. Se considera el tiempo de bloqueo promedio es de 14,4 segundos durante una indicación en verde.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * N_B}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (11)$$

Donde:

N = Número de carriles por grupo

N_B = Numero de parada de buses/hora. Máximo 250 buses. Si $N_B = 0$; el factor de ajuste es 1.

Factor de ajuste por tipo de área “ f_a ”

Este factor se considera cuando el estudio se realiza en zonas céntricas de negocios de la ciudad u otras zonas con características similares.

Para zonas comerciales o centro de la ciudad (CBD) $f_a = 0,900$

Para zonas residenciales o externas al centro de la ciudad $f_a = 1,000$

Factor de ajuste por utilización de carril “ f_{LU} ”

Este factor es usado para la estimación de la tasa de saturación del flujo por grupo de carril con más de un carril exclusivo. Se utiliza $f_{LU} = 1,00$ cuando se puede tantear o visualizar una distribución uniforme de tráfico en todos los carriles, como también, en casos que no cuenten con más de un carril exclusivo.

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} * N} \quad (12)$$

Donde:

N = Número de carriles en el grupo

V_g = Proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh/hora

V_{g1} = Proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/hora

Factor de ajuste por giros a la izquierda “ f_{LT} ”

Este factor se utiliza cuando los giros a la izquierda son restringidos o permisibles y si estos se efectúan desde un carril compartido o exclusivo. Los accesos que no poseen giros a la izquierda el factor será igual a 1,0.

Carril exclusivo:

$$f_{LT} = 0,95 \quad (13)$$

Carril compartido:

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 * P_{LT}} \quad (14)$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles

Factor de ajuste por giros a la derecha “ f_{RT} ”

Este factor se utiliza cuando los giros a la derecha son restringidos o permisibles y si estos se efectúan desde un carril compartido o exclusivo. Los accesos que no poseen giros a la derecha el factor será igual a 1,0.

Carril exclusivo:

$$f_{RT} = 0,85 \quad (15)$$

Carril compartido:

$$f_{RT} = 1 - 0,15 * P_{RT} \quad (16)$$

Carril único:

$$f_{RT} = 1 - 0,135 * P_{RT} \quad (17)$$

Donde:

P_{RT} = Proporción de giros derechos en el grupo de carriles

Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la izquierda “ f_{Lpb} ”

El manual HCM 2010 toma en cuenta el factor si hay existencia de conflictos peatón – ciclista con los vehículos, es aplicado solo para carriles exclusivos, en caso de no existir conflictos el factor de ajuste se considera 1,00.

$$f_{Lpb} = 1,0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (18)$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles

P_{LTA} = Proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

A_{pbT} = Ajuste en la fase permitida

Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la derecha “ f_{Rpb} ”

El manual HCM 2010 toma en cuenta el factor si hay existencia de conflictos peatón – ciclista con los vehículos, es aplicado solo para carriles exclusivos, en caso de no existir conflictos el factor de ajuste se considera 1,00.

$$f_{Rpb} = 1,0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (19)$$

Donde:

P_{RT} = Proporción de giros derechos en el grupo de carriles

P_{RTA} = Proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

A_{pbT} = Ajuste en la fase permitida

2.3.5. Determinación de la capacidad “ c_i ” y la relación volumen/capacidad “ X_i ”

- **Capacidad “ c_i ”**

Para determinar la capacidad de acceso debemos comprender que esta está influenciada directamente por la tasa de flujo de saturación ajustada y por el ciclo semafórico.

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right) \quad (20)$$

Donde:

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

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

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

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

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

- **Relación v/c “ X_i ”**

También conocida como grado de saturación. Cuando X_i toma valores superiores a 1,00 da a conocimiento que existe un exceso de demanda sobre la capacidad.

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} = \frac{v_i}{s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{v_i * C}{s_i * g_i} \quad (21)$$

Donde:

X_i = Relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles i

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

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

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

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

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

- **Grupo de carriles críticos y grado de saturación crítico “ X_c ”**

Los grupos de carriles críticos para cada fase es la representación de la mayor relación v/c y esta se utiliza para evaluar la intersección en conjunto. De esto podemos obtener por consiguiente la saturación crítica de la intersección “ X_c ”.

$$X_c = \frac{C}{C - L} * \sum \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} \quad (22)$$

Donde:

X_c = Relación v/c crítica o grado de saturación crítico para la intersección

$\sum \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}$ = Sumatoria de las relaciones de flujo para todos los grupos de carriles críticos i

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

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

2.3.6. Medidas de efectividad

- **Determinación de las demoras**

La evaluación de las demoras representa la demora media por control experimentada que todo vehículo percibe, que comprende las bajas velocidades de circulación, efectos de desaceleración, demora por vehículos que se encuentran en cola y detenciones del mismo cuando el grupo de carriles se encuentra sobresaturado.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (23)$$

Donde:

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

d_1 = Demora uniforme (s/veh)

d_2 = Demora incremental (s/veh)

d_3 = Demora de cola inicial (s/veh)

PF = Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos.

Demora uniforme “ d_1 ”

Para el cálculo de la demora uniforme se debe tener en consideración la no consideración de la cola inicial. Esta también comprende las llegadas uniformes y el flujo estable. El HCM 2010 nos indica que los valores de X mayores a 1,0 serán no contabilizados del cálculo de d_1 .

$$d_1 = \frac{0,5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\min(1, X) * \frac{g}{C}]} \quad (24)$$

Donde:

d_1 = Demora uniforme (s/veh)

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

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

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

Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación de semáforos "PF"

Este factor se utiliza por cómo afecta la secuencia semafórica en la demora de los vehículos, una buena coordinación de semáforos garantizará que grandes cantidades de vehículos lleguen a la intersección en verde, a su vez si existe una coordinación deficiente resultará en la llegada de pocos vehículos en verde.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - (\frac{g}{C})} \quad (25)$$

Donde:

PF = Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos.

P = Proporción de vehículos que llegan en verde

g/C = Tiempo en verde efectivo para el grupo de carriles (segundos)

f_{PA} = Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde

El valor de la proporción de vehículos en el ciclo que llegan a la línea de parada o que se acumulan a la cola en verde (P) es extraído del trabajo en campo, como también puede ser determinado empleando el tipo de llegada (AT) y relacionándolo directamente con la Tabla 2.

Tabla 2*Factor de ajuste suplementario de secuencia*

Relación (g/C)	Tipo de Llegada (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f_{PA}	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
Rp por defecto	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

Nota. Adaptado de Villaverde Ospinal (2018).

Demora incremental "d₂"

Esta demora es utilizada para calcular el retraso incremental que se debe a las llegadas no uniformes, demoras que tienen un exceso de saturación y por retrasos aleatorios. Se asume la no existencia de la demanda insatisfecha que genere colas iniciales. El término de demora incremental es válido para todos los valores de X, incluidos los grupos de carriles muy sobresaturados.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right] \quad (26)$$

Donde:

d_2 = Demora incremental (s/veh)

T = Duración del periodo de análisis (h)

k = Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas, $k = 0,50$ para intersecciones prefijadas.

I = Factor de ajuste por ingreso a la intersección corriente arriba. Para intersecciones aisladas $I = 1,00$

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

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

Demora por cola inicial “ d_3 ”

Es la demora que experimentan todos los vehículos que arriban a la intersección, durante el periodo de análisis, debido a las colas residuales del periodo antecesor analizado, siendo necesario incluir estas demoras para el nuevo proceso de análisis estas colas iniciales.

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} \quad (27)$$

Donde:

T = Duración del periodo de análisis (h)

t = Duración de la demanda insatisfecha (h)

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

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

u = Parámetro de demora

A continuación, en la Tabla 3, se presentan los 5 posibles escenarios de análisis para estimar la demora por cola inicial.

Tabla 3

Casos para el cálculo de demora uniforme y por cola inicial

Caso I (no saturado) y II (saturado) ($Q_b = 0$)
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} = 0$
Demore uniforme, d_1 (s/veh)
$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$
Caso III ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$)
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * t}{cT}$
Demore uniforme, d_1 (s/veh)
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} * \frac{T - t}{T} * PF$

Caso IV ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)

Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)}{c}$$

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

Caso V ($Q_b > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)

Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c}$$

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

Nota. Adaptado de Vera Lino (2012).

Para los casos III, IV y V el cálculo de los parámetros t y u se realizó con las siguientes ecuaciones.

Si:

$$Q_b = 0 \text{ entonces } t = 0$$

Si no:

$$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right] \quad (28)$$

Si:

$$t < T \text{ entonces } u = 0$$

Si no:

$$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Q_b} \right] \quad (29)$$

- **Estimación de demoras agregadas (ponderadas)**

Para poder calcular las demoras en un acceso es requisito ponderar las demoras de los grupos de carriles.

$$d_A = \frac{\sum(d_i * v_i)}{\sum(v_i)} \quad (30)$$

Donde:

d_A = Demora para el acceso A (s/veh)

d_i = Demora para el grupo de carriles i (en el acceso A) (s/veh)

v_i = Flujo ajustado para el grupo de carriles i (veh/h)

De igual manera, para poder determinar la demora por control promedio en conjunto de la intersección, es requisito ponderar las demoras por control de los accesos.

$$d_I = \frac{\sum(d_A * v_A)}{\sum(v_A)} \quad (31)$$

Donde:

d_I = Demora por vehículo para la intersección (s/veh)

d_A = Demora para el acceso A (s/veh)

v_A = Flujo ajustado para el acceso A (s/veh)

- **Determinación del nivel de servicio**

El nivel de servicio se calcula en función de la relación volumen - capacidad y la demora por vehículo. Ya descrito anteriormente en el ítem 2.2.1., la demora media por control es la alternativa más eficiente para intersecciones semaforizadas.

A continuación, en la Tabla 4 se muestra un resumen para el criterio del nivel de servicio.

Tabla 4

Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas

Nivel de Servicio	Demora de Control por Vehículo (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 88
F	> 80

Nota. Adaptado de Villaverde Ospinal (2018).

2.4. Definición de Términos

2.4.1. Tránsito

Acción de transitar. Actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera. (Real Academia Española, 1992)

2.4.2. Volumen de tránsito

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un determinado punto o sección transversal de un carril o carretera en un momento dado. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.3. Demanda vehicular

Se define como la cantidad de vehículos que requieren desplazarse por una determinada red vial. Se comprende que la demanda vehicular también considera los vehículos que circulan por el sistema vial, los vehículos que hacen cola para unirse al tráfico (en caso de congestión) y los vehículos que eligen rutas alternativas (para evitar la congestión, si hay congestión de tráfico en general). (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.4. Tasa de flujo

Es la continuidad con la que los vehículos, o en otras circunstancias también se habla de personas, transitan por un período de tiempo determinado inferior a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.5. Capacidad

Se comprende como número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto determinado en un tiempo dado. Este es un rasgo característico del sistema vial y su propuesta. Como se sabe, la capacidad real no puede ser nunca menor al volumen actual. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.6. Congestión

Esto a menudo se entiende como una situación en la que hay muchos vehículos en circulación, cada uno moviéndose lentamente y de manera irregular. (Thomson & Bull, 2001)

Esto se debe a que el sistema tiene capacidades limitadas y también a que la demanda colocada y el proceso en sí son aleatorios. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.7. Tráfico

Comprende el tránsito de peatones y la circulación de vehículos por calles, caminos carreteros, etc. (Real Academia Española, 1992)

2.4.8. Velocidad

Se define como la relación entre el espacio en el que el objeto se mueve y el tiempo que se tarda en moverse de inicio a fin. Esto quiere decir que, en el caso de un automóvil, esta representa su relación de movimiento que es generalmente expresada en kilómetros por hora. (km/h). (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.9. Semáforos

Son aparatos eléctricos que su única función es regular y ordenar el movimiento vehicular, como también de peatones, en las vías y carreteras. Esto se logra por medio de luces que generalmente son de color verde, ámbar y rojo, operadas por una unidad de control. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.10. Ciclo de semáforo o semafórico

Se define como el tiempo que necesita el disco indicador, perteneciente al semáforo, para efectuar una secuencia completa de las indicaciones de señal (verde, ámbar, rojo). (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.11. Fase del semáforo

Forma parte del ciclo semáforo o semafórico, nombre asignado a toda combinación de uno o más movimientos que tendrán el derecho de paso simultáneamente en un momento dado, durante uno o más intervalos. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.12. Cola

Este se define o genera cuando los vehículos llegan a cualquier tipo de estación de servicio, como puede ser, un estacionamiento, una intersección semaforizada o no, entre otros. El servicio tarda una cierta cantidad de tiempo en completarse para cada llegada y puede ser proporcionado por una o más estaciones. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.13. Peatón

La población general puede ser considerada un peatón potencial entre las edades de uno y cien años. Casi todos somos peatones, por lo que a todos nos interesa este aspecto. También se puede decir que el número de peatones en el país es casi igual a la población del censo. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.14. Carril

Esta es una porción de una calzada o superficie de la carretera, que debe tener un ancho mínimo para dar cabida a una sola fila de vehículos. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, 2018)

2.4.15. Intersección

Es un área separada por al menos dos caminos cuya función principal es permitir el desvío o cambio de ruta. (Reyna Peña, 2015)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La presente investigación que se realizó es de tipo cuantitativa, ya que se recopiló los datos necesarios en campo se dio uso de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales para su respectiva medición.

3.1.2. Nivel de Investigación

En cuanto al nivel de investigación, se define que es explicativo correlacional, ya que se pudo determinar, comprender e interpretar las deficiencias que estas intersecciones presentan y se pudo plantear alternativas de solución para optimizar los flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en ambas intersecciones semaforizadas.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población de Estudio

La población corresponde a los flujos vehiculares en la intersección de las Avenidas C. Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio, Distrito de Ilo.

3.2.2. Muestra de Estudio

La muestra es de tipo censal, ya que, para determinar el tamaño de esta, se tuvo que analizar toda la población que corresponde a los flujos vehiculares en la intersección de las Avenidas C. Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio, Distrito de Ilo.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Identificación de las variables

Variable Independiente: Flujos vehiculares

Variable Dependiente: Congestionamiento de tránsito

3.3.2. Caracterización de las variables

Tabla 5

Caracterización de las variables

Variabes	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable independiente	A través del estudio y análisis del flujo vehicular se conoce el comportamiento vehicular y sus características	Toma de datos en campo. Cantidad de vehículos por hora.	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo vehicular • Clasificación vehicular
Variable Dependiente	Propuestas de solución para el congestionamiento del tránsito para su optimización existente.	Diseños de nuevos sentidos viales y fases semafóricas.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo semafórico • Giros vehiculares • Nivel de servicio

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la presente sección se establece el uso de la “Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas” (HCM 2010) para la recolección de datos en campo. Con esta metodología se obtuvo el nivel de servicio de las intersecciones a estudiar. Para la recolección de flujos vehicular la técnica a utilizar fue la del aforo vehicular.

En el trabajo en campo se obtuvo numerosos datos para el buen desarrollo de la metodología, los cuales se describen a continuación:

3.4.1. Medición de datos geométricos

- Tipo de área
- Número de carriles del grupo de carriles, N
- Ancho de carril, W (m)
- % pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)
- Pendiente, G (%): Se realizó la medición del porcentaje de inclinación de cada avenida.
- Existencia de carriles exclusivos, LT o RT
- Estacionamiento

3.4.2. Medición de datos de tránsito

- Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)
- Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)
- Número de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)
- Número de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)
- Velocidad de aproximación, (km/h)

3.4.3. Medición de datos semafóricos

- Longitud de ciclo, C (s)
- Tiempo de verde, G (s)
- Ámbar (s)
- Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)
- Operación accionada o prefija
- Botón peatonal
- Fase o plan de fase
- Duración del periodo de análisis, T (h)

3.5. Materiales y/o Instrumentos

Los materiales necesarios para obtener datos actuales en campo y como también para el proceso en gabinete fueron los siguientes:

- Cinta métrica de acero (30m.)
- Cámara fotográfica

- Formato de aforo oficial MTC
- Tableros
- Cronometro
- Lapiceros
- Excel 2021

3.6. Tratamiento de datos y análisis estadístico

Se aplicó la metodología del HCM 2010 para las intersecciones de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua para el correcto tratamiento de datos y análisis estadístico que se realizó en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción del trabajo en campo

Para el presente trabajo de investigación en campo, se reconoció el tramo de estudio, la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua en el distrito de Ilo, las cuales son dos esquinas semaforizadas para que el uso de la metodología sea correctamente aplicado. En la intersección Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua se asignaron 3 estaciones de conteo y para la intersección Avenida 28 de Julio con Calle Zepita también se definió el uso de 3 estaciones de conteo debido a sus características, consiguiendo así tener la cobertura completa para tener el aforo real. Viéndose lo descrito en la Figura 4.

Figura 4

Vista satelital de las intersecciones de estudio



Nota. Fuente: Google Earth.

El aforo vehicular se realizó de acuerdo a lo descrito en la metodología HCM 2010 para la obtención de datos necesarios para su correcta aplicación. La recolección de datos se realizó los días: lunes 21, miércoles 23 y viernes 25 del mes de febrero del año 2022. Luego de un análisis visual, se determinó, que los

horarios con mayor congestión vehicular en los cuales se realizó la recolección de datos fueron: 7:00 h – 9:00 h, de 11:00 h – 13:00 h y de 17:45 h – 19:45 h.

4.2. Intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

4.2.1. Descripción de la intersección

Para la primera intersección, formada en el cruce la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua, constatamos que esta pertenece a una zona céntrica, donde podemos observar que se encuentran establecimientos de salud (farmacias), la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL Ilo), gimnasios y también la Plaza de Armas del distrito de Ilo, lo que conlleva a que se produzca un gran número de movimientos de vehículos en hora pico.

- **Ubicación**

Para la ubicación, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos permite tener una vista satelital completa de la intersección estudiada. Viéndose lo descrito en la Figura 5.

Figura 5

Vista satelital de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

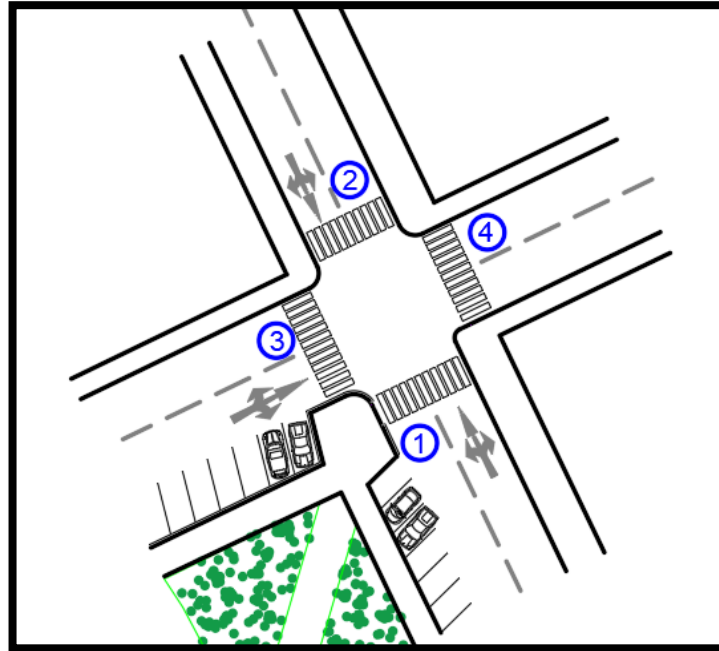


Nota. Fuente: Google Earth.

- **Sección vial**

Figura 6

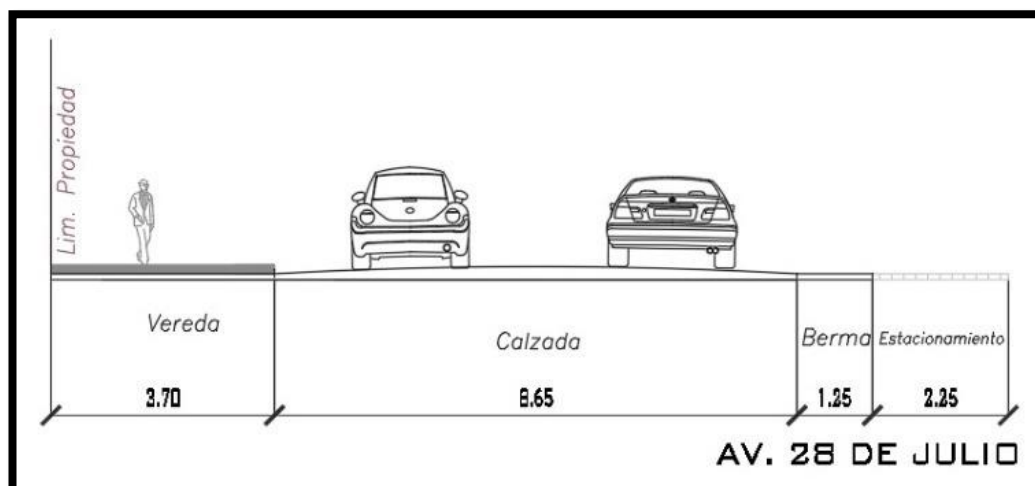
Identificación de accesos en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Para el acceso 1 encontramos una única calzada de 8,65 m que contiene dos carriles, uno por cada sentido. Son de medida homogénea de 4,325 m. Viéndose lo descrito en la Figura 7.

Figura 7

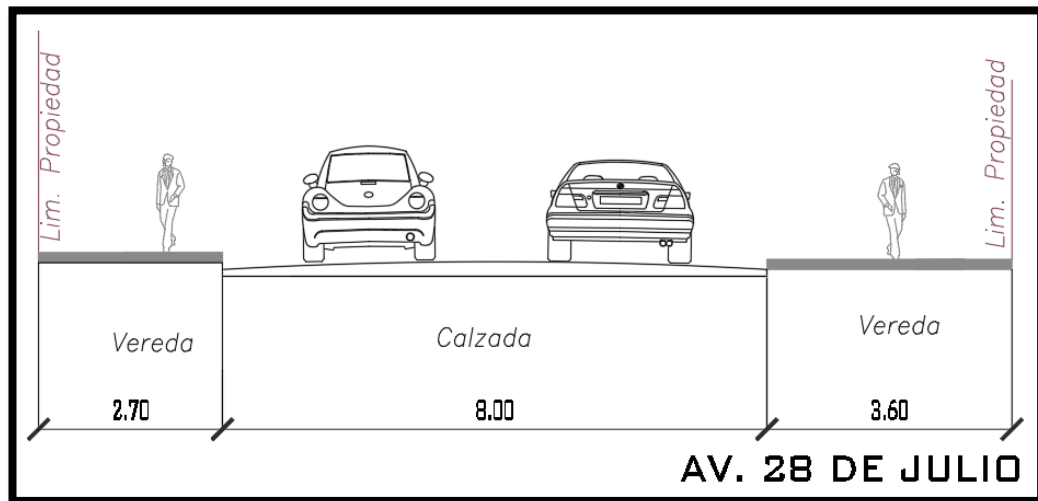
Sección Vial de Acceso 1 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Para el acceso 2 encontramos una única calzada de 8,00 m que contiene dos carriles, uno por cada sentido. Son de medida homogénea de 4,00 m. Viéndose lo descrito en la Figura 8.

Figura 8

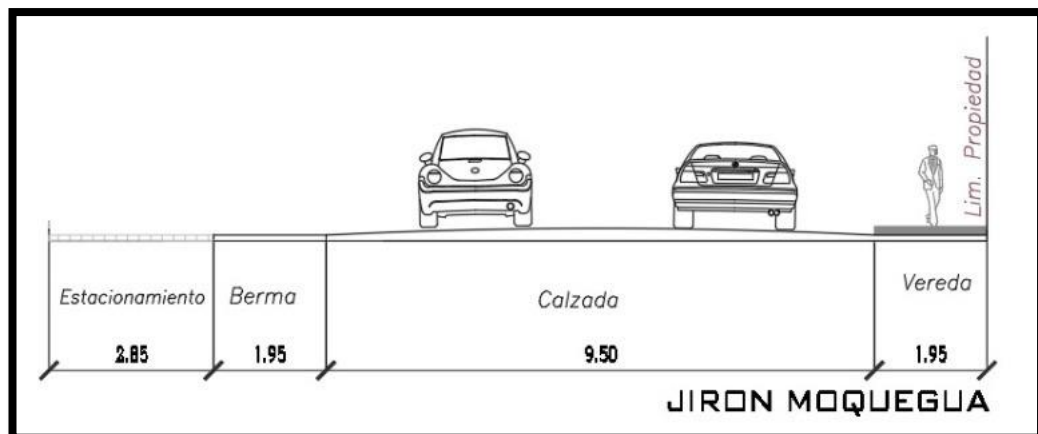
Sección Vial de Acceso 2 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Para el acceso 3 encontramos una única calzada de 9,50 m que contiene dos carriles, uno por cada sentido. Son de medida homogénea de 4,75 m. También encontramos un estacionamiento el cual afecta directamente al análisis. Viéndose lo descrito en la Figura 9.

Figura 9

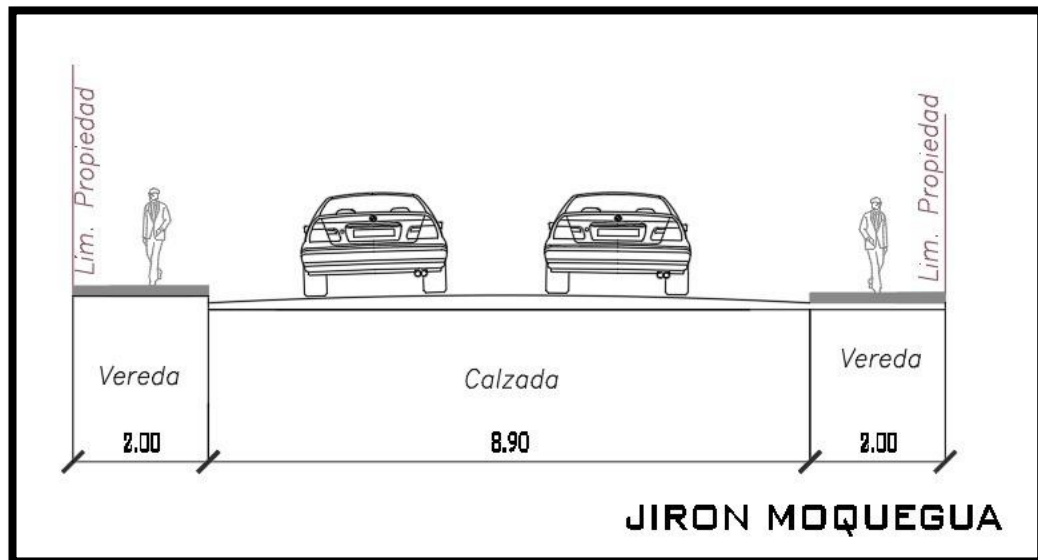
Sección Vial de Acceso 3 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Para el acceso 4 encontramos una única calzada de 8,90 m que contiene dos carriles que van en el mismo sentido. Son de medida homogénea de 4,45 m. Viéndose lo descrito en la Figura 10.

Figura 10

Sección Vial de Acceso 4 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



- **Estaciones de conteo**

La intersección será distribuida en 3 estaciones de conteo A, B, C:

Estación A en la Avenida 28 de Julio de sur a norte.

Estación B en la Avenida 28 de Julio de norte a sur.

Estación C en la Calle Jirón Moquegua de oeste a este.

Se puede observar la distribución en la Figura 11.

Figura 11

Estaciones de conteo en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

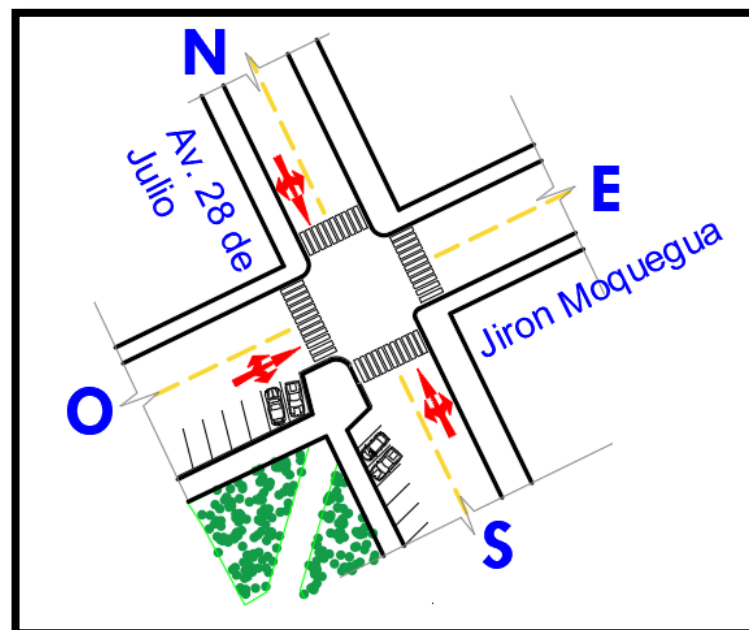


Nota. Fuente: Google Earth.

- **Esquema de carriles y giros**

Figura 12

Esquema de giros en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

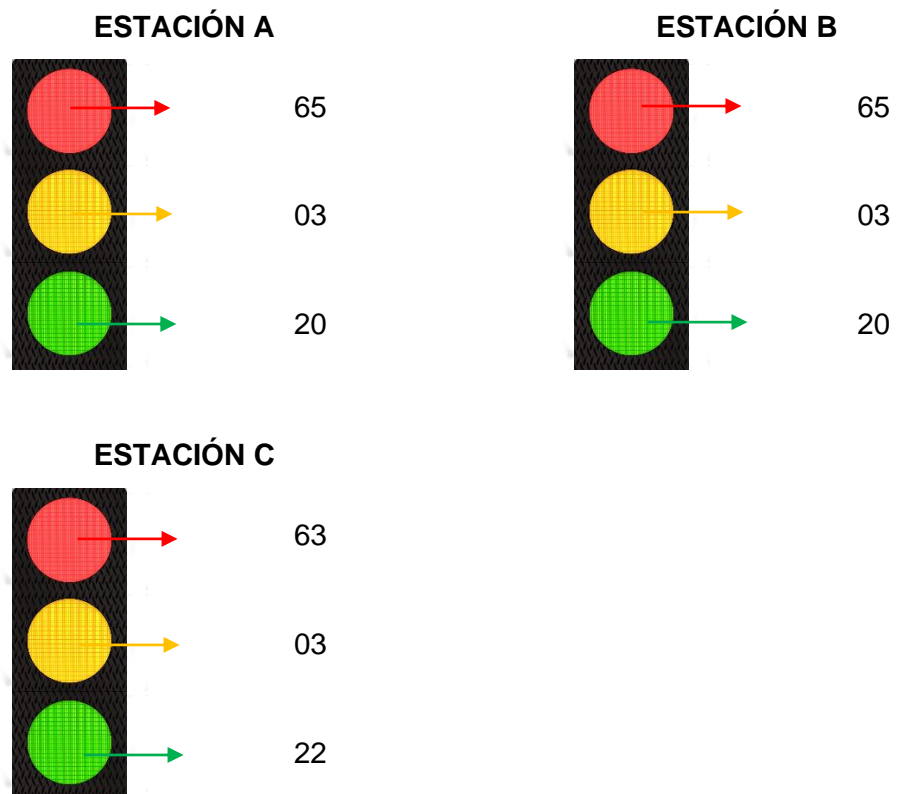


- **Tiempos de semaforización en la intersección**

Se presentan los tiempos y fases semafóricas que fueron obtenidas en campo. En la cual se pudo reconocer que el semáforo cuenta con 3 fases semafóricas, sin contar que el semáforo peatonal puede ser considerado una fase más, ya que todos los vehículos se detienen para que los transeúntes circulen de forma segura. Viéndose lo descrito en la Figura 13.

Figura 13

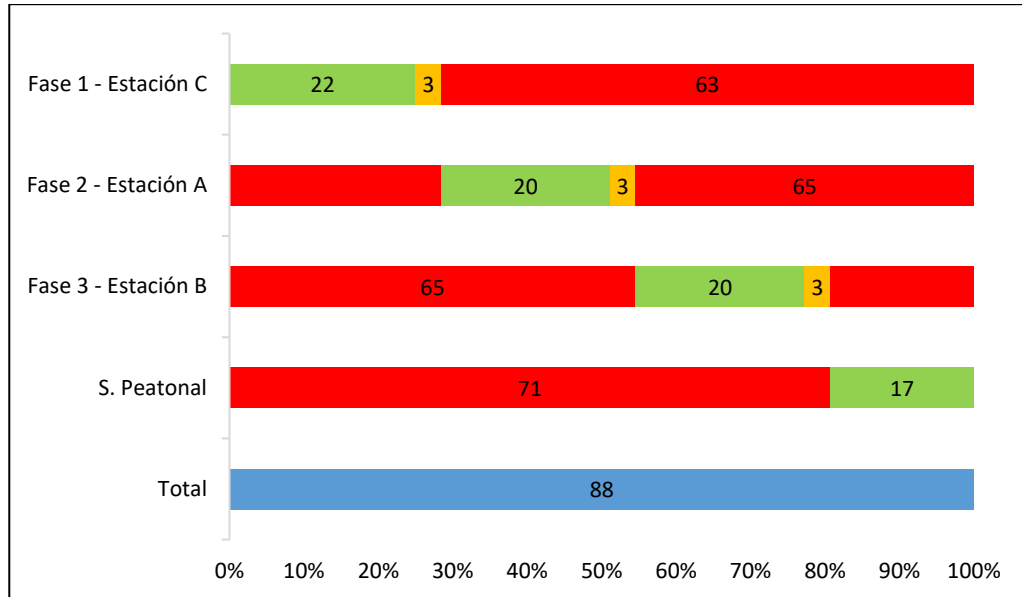
Tiempo de semaforización en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



- **Fases y ciclo semafórico**

Figura 14

Diagrama de fases de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Una vez reconocido los tiempos de verde, rojo y ámbar (como se muestra en la Figura 14), se procedió a aplicar las ecuaciones necesarias, antes explicadas, para la obtención de los valores necesarios de verde efectivo y rojo efectivo del semáforo para cada estación. Debido a que no se pudo obtener de manera eficiente los valores de L_1 y e , se decidió emplear los valores típicos de 2,5 s y 2,5 s respectivamente. Podemos observarlo más detalladamente en la Tabla 6.

Tabla 6*Cálculo de los intervalos del ciclo del semáforo*

Parámetro	Estación A	Estación B	Estación C
G	20	20	22
R	65	65	63
Y	3	20	3
L_1	2,5	2,5	2,5
$L_2 = Y - e$	0,5	17,5	0,5
$t_L = L_1 + L_2$	3	20	3
e	2,5	2,5	2,5
$g = G + Y - t_L$	20	20	22
$r = R - TR + t_L$	68	68	66

4.2.2. Aforo vehicular y selección de los periodos de análisis

Se presentan los aforos vehiculares mixtos, que los encontramos más detalladamente en el Anexo 2, para los accesos de la intersección para los 3 días de recolección de datos que se realizó, así como también, los volúmenes totales para periodo de análisis y de estos se resaltó los volúmenes más cargados para el periodo de 15 minutos. Todo esto está representado en las siguientes Tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7

Aforo del Lunes 21 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	30	18	15	63	
07:15 h – 07:30 h	35	15	32	82	
07:30 h – 07:45 h	35	21	19	75	
07:45 h – 08:00 h	40	23	24	87	307
08:00 h – 08:15 h	46	26	34	106	350
08:15 h – 08:30 h	42	34	41	117	385
08:30 h – 08:45 h	49	32	43	124	434
08:45 h – 09:00 h	54	40	48	142	489
11:00 h – 11:15 h	47	44	71	162	
11:15 h – 11:30 h	56	52	70	178	
11:30 h – 11:45 h	58	55	84	197	
11:45 h – 12:00 h	56	54	74	184	721
12:00 h – 12:15 h	58	38	73	169	728
12:15 h – 12:30 h	53	45	79	177	727
12:30 h – 12:45 h	53	53	78	184	714
12:45 h – 13:00 h	53	49	57	159	689
17:45 h – 18:00 h	56	55	78	189	
18:00 h – 18:15 h	54	49	76	179	
18:15 h – 18:30 h	50	48	80	178	
18:30 h – 18:45 h	51	51	72	174	720
18:45 h – 19:00 h	57	47	72	176	707
19:00 h – 19:15 h	45	52	70	167	695
19:15 h – 19:30 h	45	46	79	170	687
19:30 h – 19:45 h	50	43	71	164	677

Tabla 8

Aforo del Miércoles 23 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	35	21	20	76	
07:15 h – 07:30 h	41	18	30	89	
07:30 h – 07:45 h	47	20	34	101	
07:45 h – 08:00 h	52	31	35	118	384
08:00 h – 08:15 h	48	32	43	123	431
08:15 h – 08:30 h	38	38	49	125	467
08:30 h – 08:45 h	50	29	49	128	494
08:45 h – 09:00 h	53	38	56	147	523
11:00 h – 11:15 h	48	44	73	165	
11:15 h – 11:30 h	54	51	74	179	
11:30 h – 11:45 h	59	47	75	181	
11:45 h – 12:00 h	50	65	86	201	726
12:00 h – 12:15 h	54	52	96	202	763
12:15 h – 12:30 h	51	52	91	194	778
12:30 h – 12:45 h	62	59	83	204	801
12:45 h – 13:00 h	54	52	65	171	771
17:45 h – 18:00 h	60	52	81	193	
18:00 h – 18:15 h	59	49	77	185	
18:15 h – 18:30 h	55	48	85	188	
18:30 h – 18:45 h	57	51	80	188	754
18:45 h – 19:00 h	44	52	78	174	735
19:00 h – 19:15 h	46	49	67	162	712
19:15 h – 19:30 h	46	55	75	176	700
19:30 h – 19:45 h	53	51	72	176	688

Tabla 9

Aforo del Viernes 25 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	30	18	21	69	
07:15 h – 07:30 h	37	17	30	84	
07:30 h – 07:45 h	42	21	31	94	
07:45 h – 08:00 h	50	31	28	109	356
08:00 h – 08:15 h	46	31	39	116	403
08:15 h – 08:30 h	41	34	42	117	436
08:30 h – 08:45 h	46	29	44	119	461
08:45 h – 09:00 h	52	40	53	145	497
11:00 h – 11:15 h	49	45	76	170	
11:15 h – 11:30 h	56	55	85	196	
11:30 h – 11:45 h	56	57	95	208	
11:45 h – 12:00 h	73	55	80	208	782
12:00 h – 12:15 h	52	46	87	185	797
12:15 h – 12:30 h	54	52	77	183	784
12:30 h – 12:45 h	46	55	91	192	768
12:45 h – 13:00 h	45	48	84	177	737
17:45 h – 18:00 h	54	57	74	185	
18:00 h – 18:15 h	60	49	84	193	
18:15 h – 18:30 h	53	49	81	183	
18:30 h – 18:45 h	63	47	81	191	752
18:45 h – 19:00 h	58	53	73	184	751
19:00 h – 19:15 h	52	52	72	176	734
19:15 h – 19:30 h	50	53	74	177	728
19:30 h – 19:45 h	51	47	72	170	707

Con la información obtenida de las 3 anteriores tablas, se llegó a la conclusión del periodo a utilizar para obtener el factor de hora pico (FHP) será el rango de 11:30 h – 11:45 h del día Viernes 25 de febrero del 2022. Para esto se ha aplicado la Ecuación 2, de manera conveniente, utilizando los datos que ya obtuvimos y ordenándolos para calcular correctamente este factor.

Factor de hora pico “FHP”:

$$FHP = \frac{V}{v_p}$$

$$FHP = \frac{797}{4 * 208}$$




$$FHP = 0,958$$

4.2.3. Estación A

- **Aforo vehicular**

Tabla 10

Conteo Vehicular de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	8	32	31	124	20	80
Lunes 11:00 h – 13:00 h	13	52	27	108	31	124
Lunes 17:45 h – 19:45 h	9	36	20	80	36	144
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	8	32	33	132	21	84
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	9	36	28	112	33	132
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	10	40	19	76	39	156
Viernes 07:00 h – 09:00 h	7	28	30	120	17	68
Viernes 11:00 h – 13:00 h	13	52	34	136	34	136
Viernes 17:45 h – 19:45 h	11	44	19	76	40	160
Mayor		52		136		160

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 11

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

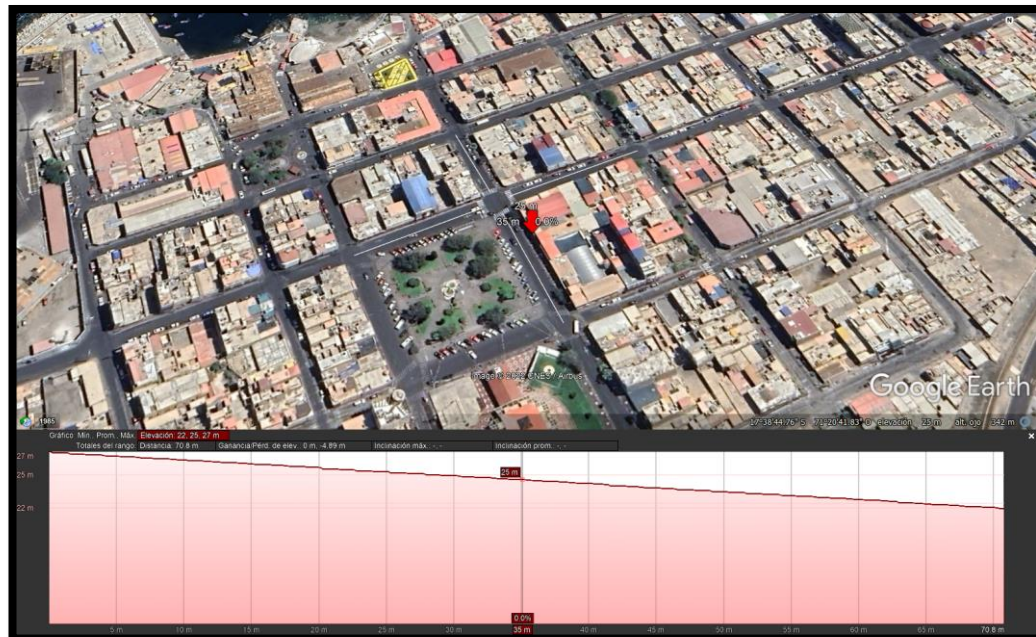
Día/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizo tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del -6,00%. Viéndose lo descrito en la Figura 15.

Figura 15

Pendiente de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Nota. Fuente: Google Earth.

- **Resumen de los parámetros de entrada**

Tabla 12

Parámetros de entradas de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	1
	Ancho de carril, W (m)	4,325
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % G (%)	-6,00
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	No
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	84
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	0
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	No




Semafóricas	Velocidad de aproximación, (km/h)	20
	Longitud de ciclo, C (s)	88
	Tiempo de verde, G (s)	20
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	3
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	2
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.2.4. Estación B

- **Aforo vehicular**

Tabla 13

Conteo Vehicular de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	14	56	26	104	3	12
Lunes 11:00 h – 13:00 h	20	80	37	148	6	24
Lunes 17:45 h – 19:45 h	19	76	34	136	7	28
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	12	48	27	108	4	16
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	25	100	36	144	6	24
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	20	80	33	132	7	28
Viernes 07:00 h – 09:00 h	10	40	28	112	3	12
Viernes 11:00 h – 13:00 h	22	88	39	156	7	28
Viernes 17:45 h – 19:45 h	24	96	33	132	7	28
Mayor		100		156		28

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 14

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

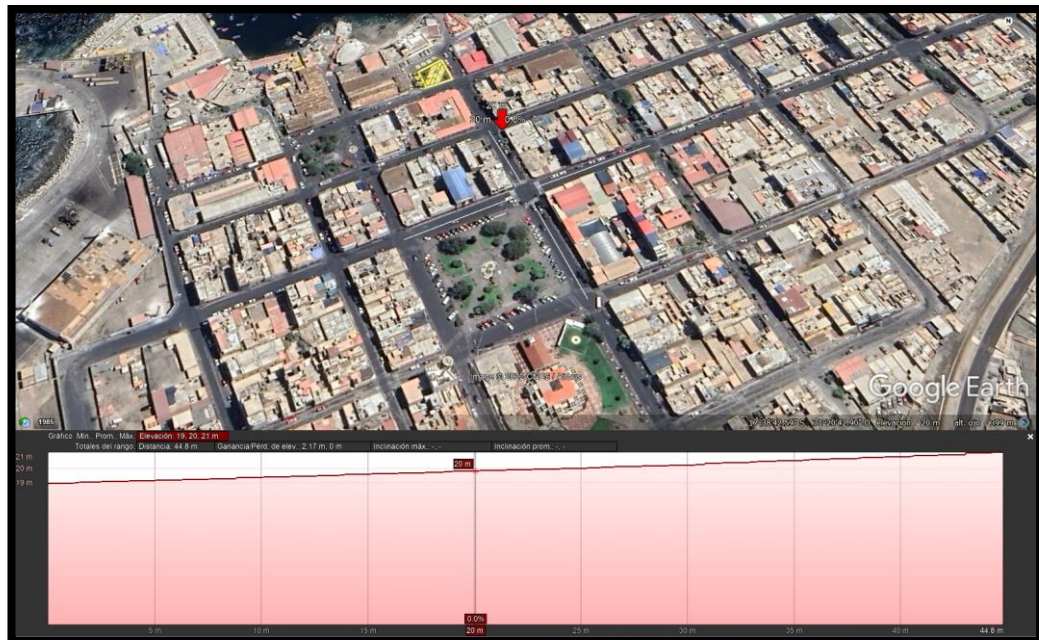
Día/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizó tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del 5,60%. Viéndose lo descrito en la Figura 16.

Figura 16

Pendiente de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Nota. Fuente: Google Earth.

- **Resumen de los parámetros de entrada**

Tabla 15

Parámetros de entradas de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	1
	Ancho de carril, W (m)	4,00
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	5,60
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	No
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	76
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	0
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	No




Semafóricas	Velocidad de aproximación, (km/h)	10
	Longitud de ciclo, C (s)	88
	Tiempo de verde, G (s)	20
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	20
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	3
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.2.5. Estación C

- **Aforo vehicular**

Tabla 16

Conteo Vehicular de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	7	28	30	120	11	44
Lunes 11:00 h – 13:00 h	18	72	68	272	24	96
Lunes 17:45 h – 19:45 h	6	24	60	240	25	100
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	8	32	38	152	15	60
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	14	56	69	276	22	88
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	7	28	65	260	23	92
Viernes 07:00 h – 09:00 h	10	40	28	112	15	60
Viernes 11:00 h – 13:00 h	13	52	72	288	28	112
Viernes 17:45 h – 19:45 h	9	36	60	240	23	92
Mayor		72		288		112

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 17

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Dia/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizo tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del 0,00%. Viéndose lo descrito en la Figura 17.

Figura 17

Pendiente de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Nota: Fuente: Google Earth.

- **Resumen de los parámetros de entrada**

Tabla 18

Parámetros de entradas de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	1
	Ancho de carril, W (m)	4,75
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % G (%)	0,00
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	Si
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	76
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	0
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	12




Semafóricas	Velocidad de aproximación, (km/h)	20
	Longitud de ciclo, C (s)	88
	Tiempo de verde, G (s)	22
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	3
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	1
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.2.6. Aplicación de la Metodología del HCM 2010

Primeramente, se tuvo que determinar la demanda. Luego se ajustó los volúmenes vehiculares a través del factor de hora pico (FHP) y se calcularon las proporciones de movimiento según su tipo para cada estación. Esto se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19




Planilla de ajuste de la demanda

Ajuste de volumen	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Volumen, V (veh/h)	348	284	472
Volumen izquierdo, V_{izq} (veh/h)	52	100	72
Volumen directo, V_{dir} (veh/h)	136	156	288
Volumen derecho, V_{der} (veh/h)	160	28	112
Factor de hora pico, PHF	0,958	0,958	0,958
Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, $v_p = V/PHF$ (veh/h)	363	296	493
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	54	104	75
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	142	163	301
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	167	29	117
Proporción de giros LT o RT (P_{LT} o P_{RT})			
Proporción de giros izquierda P_{LT}	0,149	0,351	0,152
Proporción de giros derecha P_{RT}	0,460	0,098	0,237

A continuación, se encontró los valores para cada factor de ajuste para así obtener el flujo de saturación ajustado “s”. No hay presencia de bloqueo por bicicleta o peatones. Esto se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Plantilla de ajuste de la oferta




Tasa de flujo de saturación	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900	1900	1900
Número de carriles, N	1	1	1
Ancho de carril, W	4,325	4	4,75
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	1,081	1,044	1,128
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
Porcentaje de vehículos pesados, $\%HV = 100 * HV/V$	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, $Et = 2,0$	2,0	2,0	2,0
Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV}	1,000	1,000	1,000
Pendiente en el grupo de carriles, $\%G$	-6,00%	5,60%	0,00%
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1,030	0,972	1,000
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	No	No	12
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p \geq 0,50$	1,000	1,000	0,840
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0,050$	1,000	1,000	1,000
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	0,900	0,900	0,900
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, v_g (veh/h)	348	284	472
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, v_{g1} (veh/h)	-	-	-
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	1,000	1,000	1,000
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	0,993	0,983	0,992
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0,050$	0,931	0,985	0,964
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1	1	1

Factor de ajuste por peat/bic para giros a la derecha, f_{Rpb}	1	1	1
Flujo de saturación ajustado, s	1759	1681	1550

Como tercer paso, se realizó la estimación y análisis de la capacidad en una intersección semaforizada, donde se calculó las capacidades “ c ” de los grupos de carriles, de igual forma los grados de saturación “ X ”. Esto se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21




Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada

Análisis de capacidad	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Fase	2	3	1
Tipo de fase	Pre	Pre	Pre
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	363	296	493
Tasa de flujo de saturación ajustado, s (veh/h)	1759	1681	1550
Tiempo perdido, t_L (s)	3	20	3
Longitud de ciclo, C (s)	88	88	88
Tiempo de verde efectivo, g (s)	20	20	22
Proporción de verde, g/C	0,227	0,227	0,250
Capacidad del grupo de carriles, $c = s(g/C)$, (veh/h)	400	382	388
Relación $v/c, X$	0,908	0,775	1,271
Relación de flujo, v/s	0,206	0,176	0,318
Grupo de carriles/fase crítica (*)	*	*	*
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, $Y_c = \sum(v/s)$		0,701	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		26	
Grado de saturación crítico, $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$		0,994	

Para seguir con la metodología del HCM 2010, necesitamos calcular las demoras, para lo cual, primero tuvimos que calcular la demora por cola inicial “ d_3 ”, y, por consiguiente, la demora uniforme “ d_1 ”, ya que estas se relacionan directamente. Esto se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Plantilla de estimación de la demora por cola inicial




Parámetros de entrada	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Periodo de análisis	De 11:30 h hasta 11:45 h		
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, C (s)	88	88	88
Proporción de verde, g/C	0,227	0,227	0,250
Relación $v/c, X$	0,908	0,775	1,271
Cola inicial, Q_b (veh)	7	5	8
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	400	382	388
Relación de pelotón, R_p	1,000	0,333	1,000
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,227	0,076	0,250
Factor de ajuste suplementario, f_{PA}	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordiación, PF	1,000	1,196	1,000
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)	0,189	0,058	0,250
$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right]$			
Parámetro de demora, u			
$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Q_b} \right]$	-	-	1,000
Caso de análisis	CASO III	CASO III	CASO V
Caso I (no saturado) y II (saturado) ($Q_b = 0$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No	No	No
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} = 0$	cumple	cumple	cumple
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No	No	No
$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$	cumple	cumple	cumple
Caso III ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)			No
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * t}{cT}$	23,838	5,479	cumple
Demore uniforme, d_1 (s/veh)			No
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} * \frac{T - t}{T}$	33,781	37,180	cumple
* PF			

Caso IV ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)}{c}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$			
Caso V ($Q_b > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No cumple	No cumple	74,227
$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No cumple	No cumple	33,000
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$			

Por último, solo quedó calcular la demora incremental “ d_2 ” y posteriormente, se determinó el nivel de servicio “NS” para los grupos de carriles, de igual manera para los accesos y la intersección. Esto se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Planilla de estimación de la demora por control y el NS

Capacidad del grupo de carriles, demora por control y determinación del nivel de servicio	Estación A	Estación B	Estación C
			
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	363	296	493
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	400	382	388
Relación v/c , X	0,908	0,775	1,271
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d_2 (s/veh)			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right]$	26,841	14,222	140,639
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	23,838	5,479	74,227
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	33,781	37,180	33,000
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,000	1,196	1,000
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	84,460	64,175	247,866

Nivel de servicio NS por grupo de carriles	F	E	F
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	84,460	64,175	247,866
Nivel de servicio NS por acceso	F	E	F
Tasa de flujo del acceso, V_A (veh/h)	363	296	493
Demora de la intersección, $d_I = \sum(d_A)(v_A)/\sum v_A$ (s/veh)		149,18	
Nivel de servicio NS de la intersección		F	

Finalmente pudimos determinar que el nivel de servicio de la intersección Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua es equivalente a F.

4.3. Intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

4.3.1. Descripción de la intersección

Para esta segunda intersección, formada en el cruce la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita, constatamos que esta pertenece a una zona céntrica, ya que se encuentra cerca de la Plaza de Armas del distrito de Ilo, donde podemos observar que la intersección es una conexión principal con las zonas comerciales del distrito de Ilo, lo que conlleva a que se produzca un gran número de movimientos de vehículos en hora pico.

- **Ubicación**

Para la ubicación, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos permite tener una vista satelital completa de la intersección estudiada. Viéndose lo descrito en la Figura 18.

Figura 18

Vista satelital de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

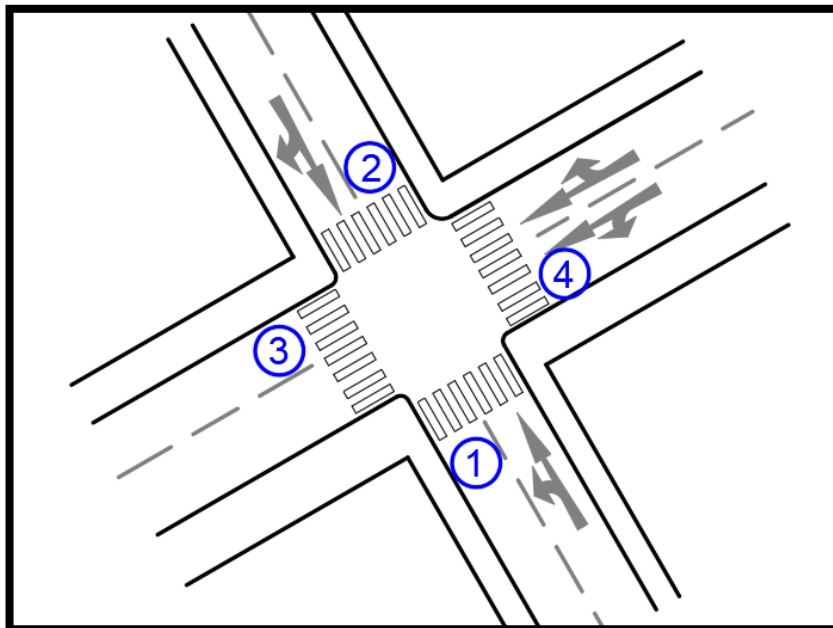


Nota. Fuente: Google Earth.

- **Sección vial**

Figura 19

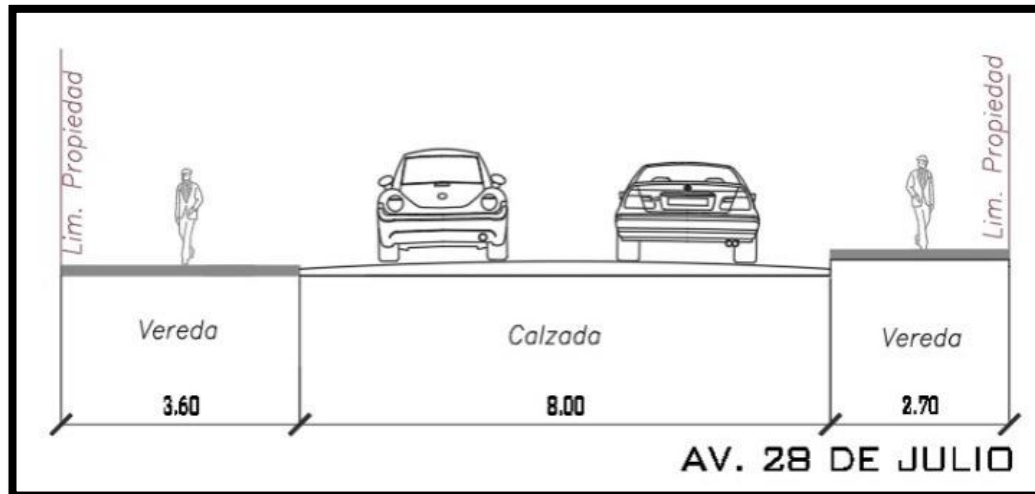
*Identificación de accesos en la intersección Avenida 28 de Julio
– Calle Zepita*



Para el acceso 1 encontramos una única calzada de 8,00 m que contiene dos carriles, uno por cada sentido. Son de medida homogénea de 4,00 m. Viéndose lo descrito en la Figura 20.

Figura 20

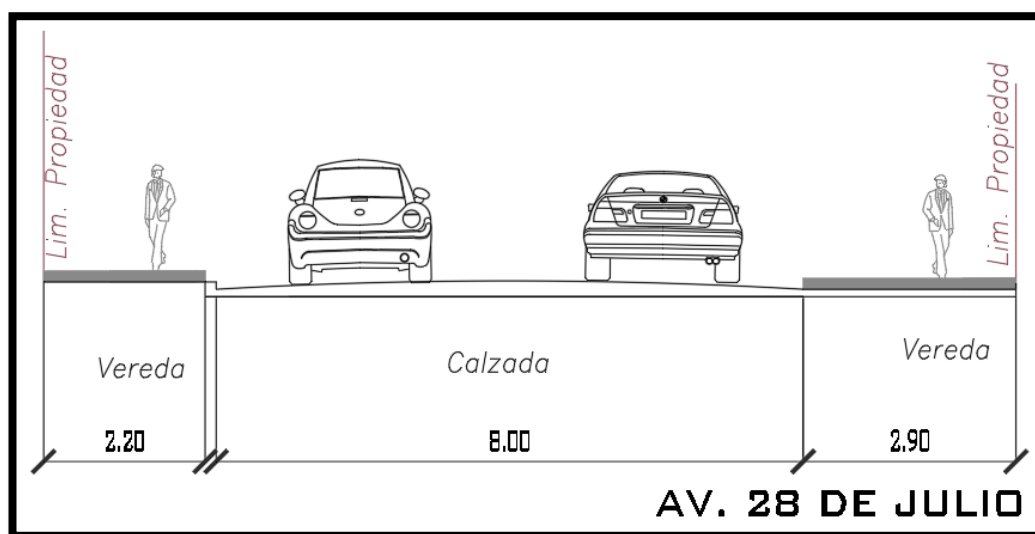
Sección Vial de Acceso 1 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Para el acceso 2 encontramos una única calzada de 8,00 m que contiene dos carriles, uno por cada sentido. Son de medida homogénea de 4,00 m. Viéndose lo descrito en la Figura 21.

Figura 21

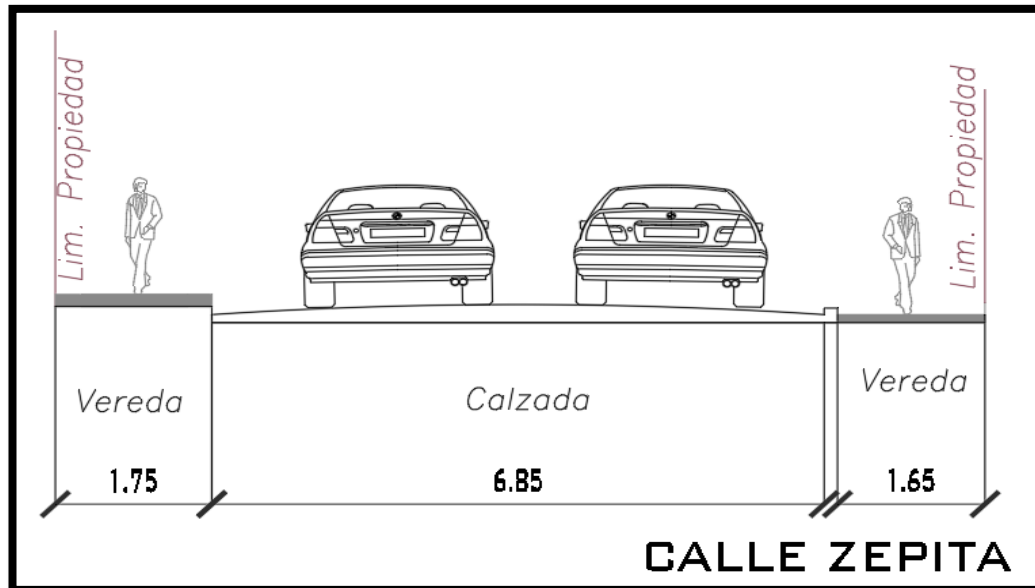
Sección Vial de Acceso 2 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Para el acceso 3 encontramos una única calzada de 6,85 m que contiene dos carriles que van en el mismo sentido. Son de medida homogénea de 3,425 m. Viéndose lo descrito en la Figura 22.

Figura 22

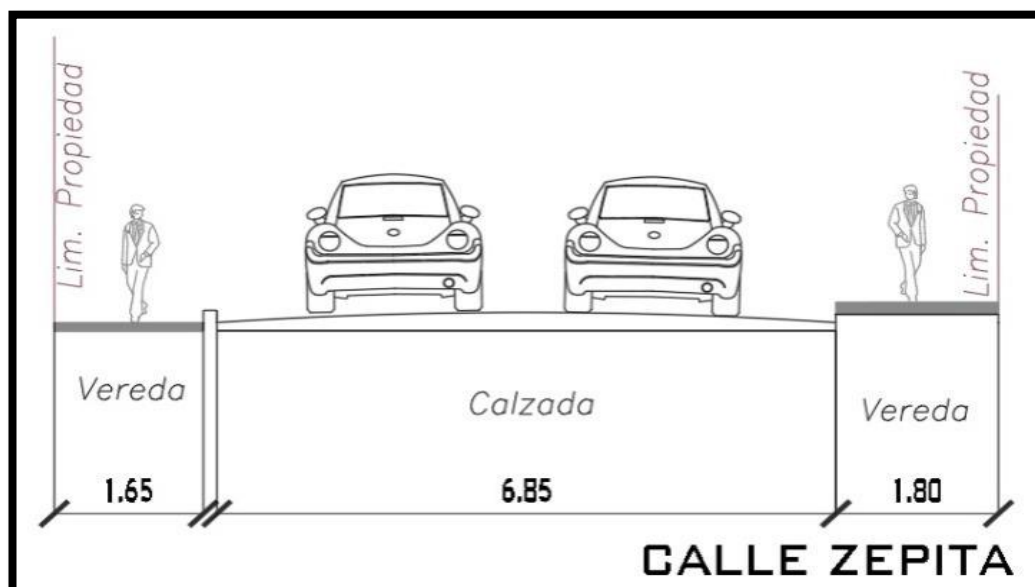
Sección Vial de Acceso 3 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Para el acceso 4 encontramos una única calzada de 6,85 m que contiene dos carriles que van en el mismo sentido. Son de medida homogénea de 3,425 m. Viéndose lo descrito en la Figura 23.

Figura 23

Sección Vial de Acceso 4 en la intersección de la Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



- **Estaciones de conteo**

La intersección será distribuida en 3 estaciones de conteo A, B, C:

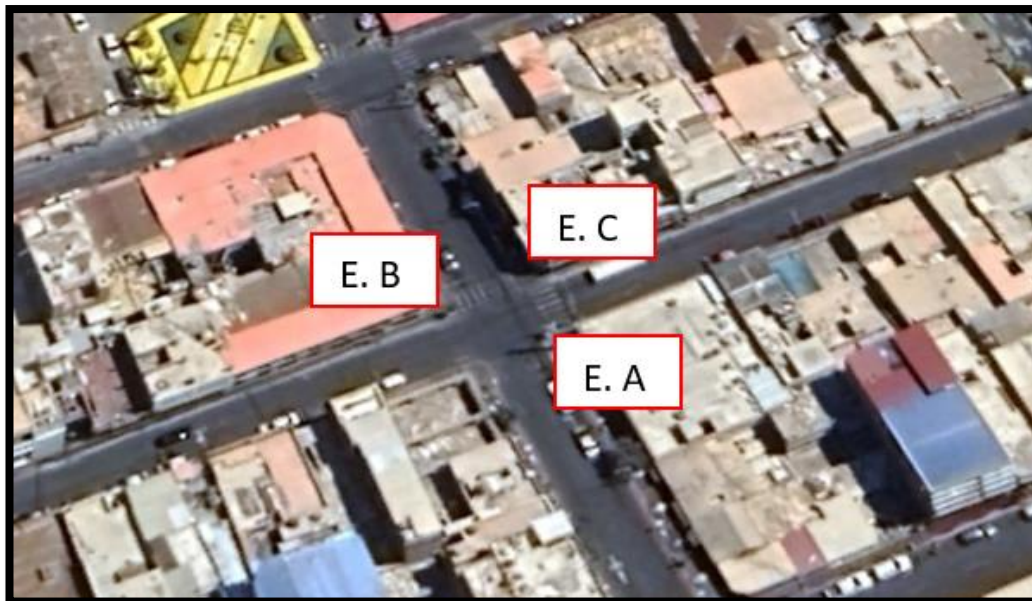
Estación A en la Avenida 28 de Julio de sur a norte.

Estación B en la Avenida 28 de Julio de norte a sur.

Estación C en la Calle Zepita de este a oeste.

Figura 24

Estaciones de conteo en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

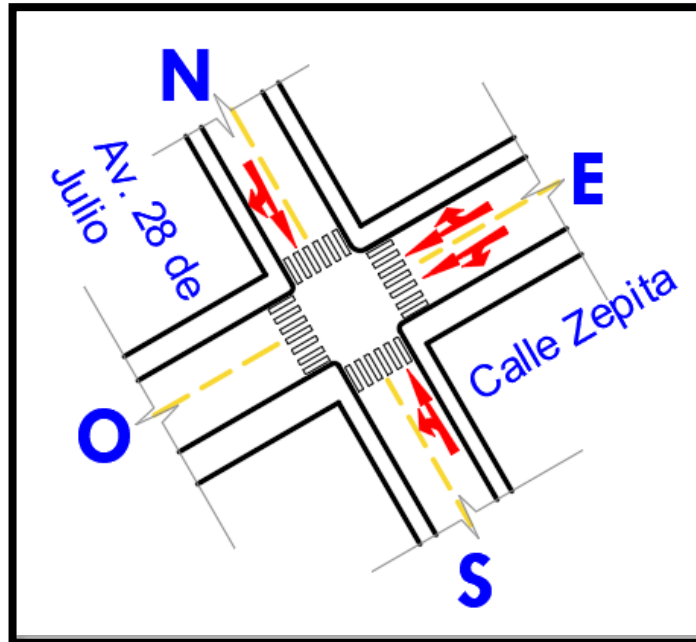


Nota. Fuente: Google Earth.

- **Esquema de carriles y giros**

Figura 25

Esquema de giros en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

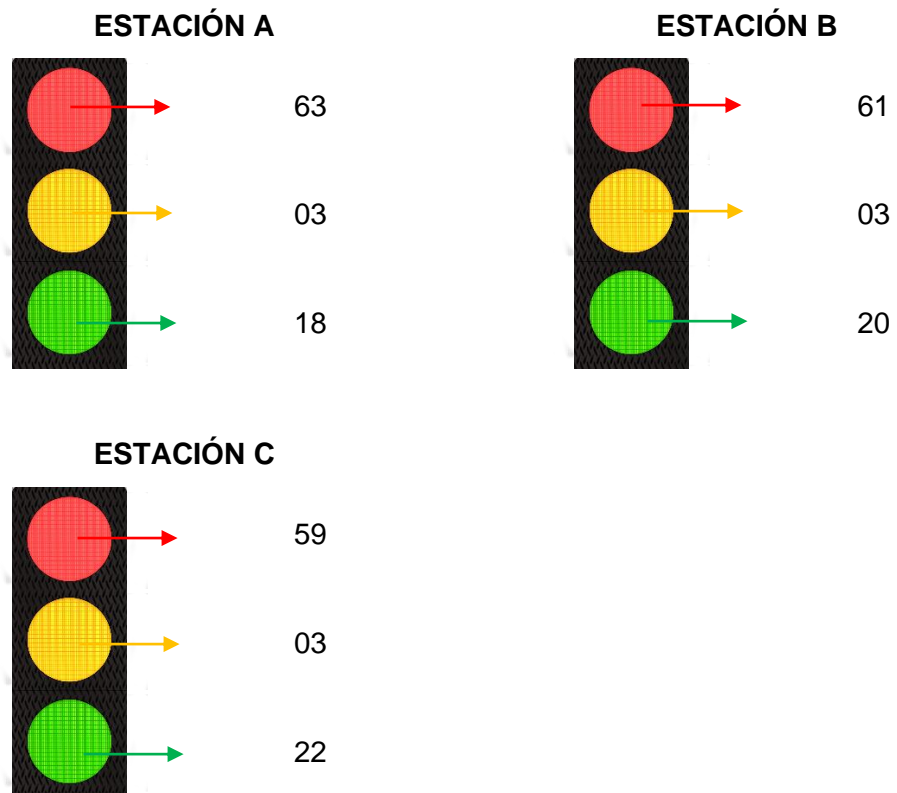


- **Tiempos de semaforización en la intersección**

Se presentan los tiempos y fases semafóricas que fueron obtenidas en campo. En la cual se pudo reconocer que el semáforo cuenta con 3 fases semafóricas, sin contar que el semáforo peatonal puede ser considerado una fase más, ya que todos los vehículos se detienen para que los transeúntes circulen de forma segura. Viéndose lo descrito en la Figura 26.

Figura 26

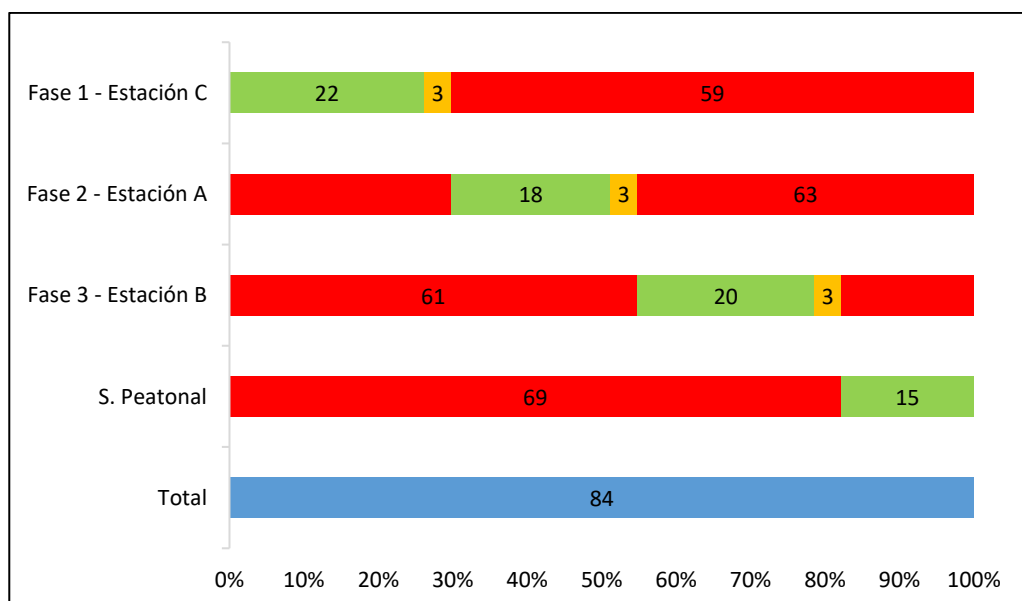
Tiempo de semaforización en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



- **Fases y ciclo semafórico**

Figura 27

Diagrama de fases de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Una vez reconocido los tiempos de verde, rojo y ámbar (como se muestra en la Figura 27), se procedió a aplicar las ecuaciones necesarias, antes explicadas, para la obtención de los valores necesarios de verde efectivo y rojo efectivo del semáforo para cada estación. Debido a que no se pudo obtener de manera eficiente los valores de L_1 y e , se decidió emplear los valores típicos de 2,5 s y 2,5 s respectivamente. Podemos observarlo más detalladamente en la Tabla 24.

Tabla 24

Cálculo de los intervalos del ciclo del semáforo

Parámetro	Estación A	Estación B	Estación C
G	18	20	22
R	63	61	59
Y	3	18	3
L_1	2,5	2,5	2,5
$L_2 = Y - e$	0,5	15,5	0,5
$t_L = L_1 + L_2$	3	18	3
e	2,5	2,5	2,5
$g = G + Y - t_L$	18	20	22
$r = R - TR + t_L$	66	64	62

4.3.2. Aforo vehicular y selección de los periodos de análisis

Se presentan los aforos vehiculares mixtos, que los encontramos más detalladamente en el Anexo 2, para los accesos de la intersección para los 3 días de recolección de datos que se realizó, así como también, los volúmenes totales para periodo de análisis y de estos se resaltó los volúmenes más cargados para el periodo de 15 minutos. Todo esto está representado en las siguientes Tablas 25, 26 y 27.

Tabla 25

Aforo del Lunes 21 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	23	9	33	65	
07:15 h – 07:30 h	30	8	36	74	
07:30 h – 07:45 h	26	11	36	73	
07:45 h – 08:00 h	21	12	41	74	286
08:00 h – 08:15 h	27	16	52	95	316
08:15 h – 08:30 h	28	17	46	91	333
08:30 h – 08:45 h	31	17	50	98	358
08:45 h – 09:00 h	38	28	55	121	405
11:00 h – 11:15 h	31	29	60	120	
11:15 h – 11:30 h	22	24	86	132	
11:30 h – 11:45 h	33	41	88	162	
11:45 h – 12:00 h	32	31	80	143	557
12:00 h – 12:15 h	24	21	74	119	556
12:15 h – 12:30 h	36	37	83	156	580
12:30 h – 12:45 h	32	31	64	127	545
12:45 h – 13:00 h	31	26	62	119	521
17:45 h – 18:00 h	23	30	76	129	
18:00 h – 18:15 h	18	35	78	131	
18:15 h – 18:30 h	16	37	80	133	
18:30 h – 18:45 h	17	28	90	135	528
18:45 h – 19:00 h	19	25	69	113	512
19:00 h – 19:15 h	13	26	71	110	491
19:15 h – 19:30 h	18	22	81	121	479
19:30 h – 19:45 h	15	33	77	125	469

Tabla 26

Aforo del Miércoles 23 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	26	12	34	72	
07:15 h – 07:30 h	30	10	33	73	
07:30 h – 07:45 h	32	13	31	76	
07:45 h – 08:00 h	37	21	39	97	318
08:00 h – 08:15 h	32	21	53	106	352
08:15 h – 08:30 h	31	16	48	95	374
08:30 h – 08:45 h	32	12	51	95	393
08:45 h – 09:00 h	27	25	54	106	402
11:00 h – 11:15 h	37	25	60	122	
11:15 h – 11:30 h	28	29	80	137	
11:30 h – 11:45 h	31	34	66	131	
11:45 h – 12:00 h	24	41	78	143	533
12:00 h – 12:15 h	36	29	78	143	554
12:15 h – 12:30 h	29	46	82	157	574
12:30 h – 12:45 h	28	36	68	132	575
12:45 h – 13:00 h	28	32	64	124	556
17:45 h – 18:00 h	25	30	75	130	
18:00 h – 18:15 h	19	38	86	143	
18:15 h – 18:30 h	17	40	78	135	
18:30 h – 18:45 h	23	27	81	131	539
18:45 h – 19:00 h	16	23	84	123	532
19:00 h – 19:15 h	13	24	79	116	505
19:15 h – 19:30 h	14	25	77	116	486
19:30 h – 19:45 h	16	30	77	123	478

Tabla 27

Aforo del Viernes 25 en vehículos mixtos para los accesos de la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Periodo	Estación A	Estación B	Estación C	Total	60 min consecutivos
07:00 h – 07:15 h	24	12	32	68	
07:15 h – 07:30 h	31	10	33	74	
07:30 h – 07:45 h	35	12	37	84	
07:45 h – 08:00 h	32	21	34	87	313
08:00 h – 08:15 h	31	21	48	100	345
08:15 h – 08:30 h	31	18	50	99	370
08:30 h – 08:45 h	30	17	46	93	379
08:45 h – 09:00 h	40	25	52	117	409
11:00 h – 11:15 h	35	26	61	122	
11:15 h – 11:30 h	34	28	76	138	
11:30 h – 11:45 h	29	38	77	144	
11:45 h – 12:00 h	30	35	89	154	558
12:00 h – 12:15 h	23	37	65	125	561
12:15 h – 12:30 h	26	37	69	132	555
12:30 h – 12:45 h	25	36	75	136	547
12:45 h – 13:00 h	20	32	66	118	511
17:45 h – 18:00 h	14	32	82	128	
18:00 h – 18:15 h	28	32	77	137	
18:15 h – 18:30 h	14	35	88	137	
18:30 h – 18:45 h	28	32	77	137	539
18:45 h – 19:00 h	14	28	79	121	532
19:00 h – 19:15 h	19	28	78	125	520
19:15 h – 19:30 h	16	26	83	125	508
19:30 h – 19:45 h	24	30	76	130	501

Con la información obtenida de las 3 anteriores tablas, se llegó a la conclusión del periodo a utilizar para obtener el factor de hora pico (FHP) será el rango de 11:30 h – 11:45 h del día Lunes 21 de febrero del 2022. Para esto se ha aplicado la Ecuación 2, de manera conveniente, utilizando los datos que ya obtuvimos y ordenándolos para calcular correctamente este factor.

Factor de hora pico “FHP”:

$$FHP = \frac{V}{v_p}$$

$$FHP = \frac{580}{4 * 162}$$




$$FHP = 0,895$$

4.3.3. Estación A

- **Aforo vehicular**

Tabla 28

Conteo Vehicular de la Estación “A” en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	12	48	27	108	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	13	52	28	112	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	9	36	17	68	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	11	44	28	112	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	10	40	27	108	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	7	28	20	80	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	10	40	32	128	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	11	44	26	104	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	9	36	21	84	0	0
Mayor		52		128		0

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 29

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Dia/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizo tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del -5,60%. Viéndose lo descrito en la Figura 28.

Figura 28

Pendiente de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Nota. Fuente: Google Earth.

- **Resumen de los parámetros de entrada**

Tabla 30

Parámetros de entradas de la Estación "A" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	1
	Ancho de carril, W (m)	4,00
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % G (%)	-5,60
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	No
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	68
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	0
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	No
	Velocidad de aproximación, (km/h)	10




Semafóricas	Longitud de ciclo, C (s)	84
	Tiempo de verde, G (s)	18
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	3
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	2
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.4. Estación B

- **Aforo vehicular**

Tabla 31

Conteo Vehicular de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	23	92	5	20
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	29	116	12	48
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	31	124	14	56
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	22	88	5	20
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	42	168	10	40
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	30	120	11	44
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	21	84	4	16
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	33	132	12	48
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	30	120	11	44
Mayor		0		168		56

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 32

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

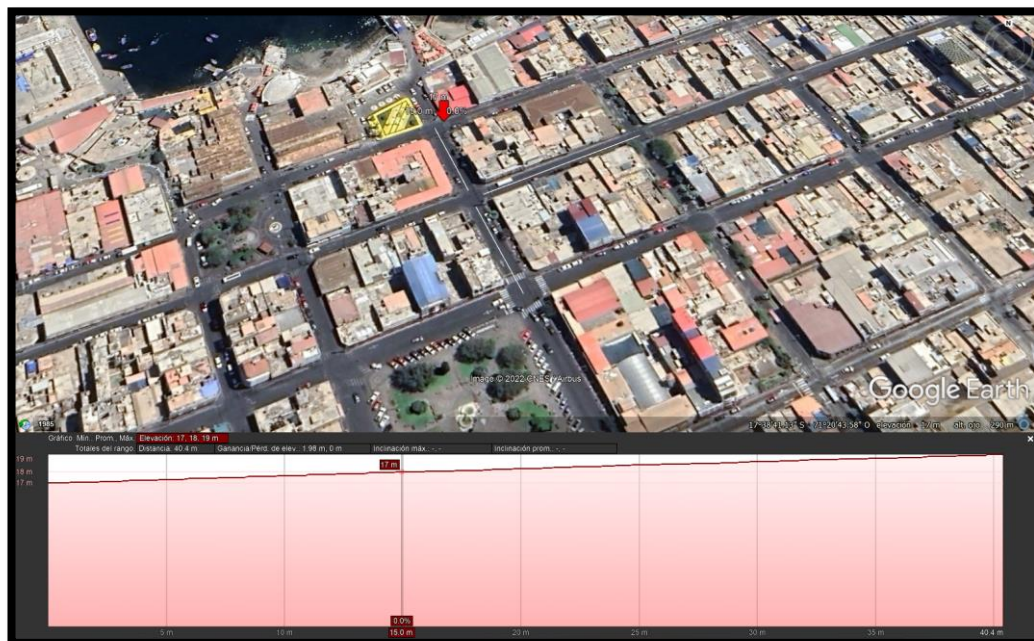
Día/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizo tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del 4,90%. Viéndose lo descrito en la Figura 29.

Figura 29

Pendiente de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Nota. Fuente: Google Earth.

- Resumen de los parámetros de entrada

Tabla 33

Parámetros de entradas de la Estación "B" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	1
	Ancho de carril, W (m)	4,00
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % G (%)	4,90
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	No
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	80
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	0
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	No
	Velocidad de aproximación, (km/h)	15




Semafóricas	Longitud de ciclo, C (s)	84
	Tiempo de verde, G (s)	20
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	18
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	3
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.5. Estación C

- **Aforo vehicular**

Tabla 34

Conteo Vehicular de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Dia/Hora						
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	18	72	39	156	1	4
Lunes 11:00 h – 13:00 h	36	144	59	236	3	12
Lunes 17:45 h – 19:45 h	29	116	62	248	2	8
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	22	88	38	152	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	29	116	65	260	3	12
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	32	128	57	228	2	8
Viernes 07:00 h – 09:00 h	19	76	36	144	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	30	120	56	224	3	12
Viernes 17:45 h – 19:45 h	31	124	58	232	3	12
Mayor		144		260		12

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Tabla 35

Porcentaje de vehículos pesados de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

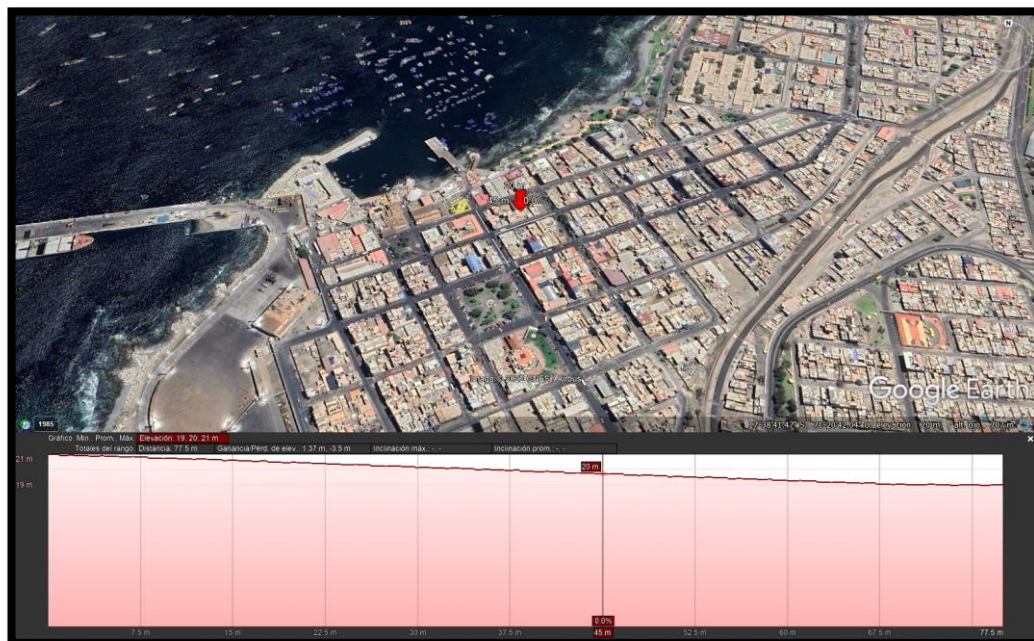
Dia/Hora	Izquierda (%)	Directo (%)	Derecha (%)
Lunes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Lunes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Lunes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Miércoles 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Miércoles 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Miércoles 17:45 h – 19:45 h	0	0	0
Viernes 07:00 h – 09:00 h	0	0	0
Viernes 11:00 h – 13:00 h	0	0	0
Viernes 17:45 h – 19:45 h	0	0	0

- **Pendiente**

Para la pendiente, fue necesario la utilización del programa Google Earth, ya que este nos facilita mucho la obtención de este tipo de datos. Se analizo tramo por tramo y concluimos que para este caso contamos con una pendiente apreciable del -2,50%. Viéndose lo descrito en la Figura 30.

Figura 30

Pendiente de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Nota. Fuente: Google Earth.

- **Resumen de los parámetros de entrada**

Tabla 36

Parámetros de entradas de la Estación "C" en la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

Tipo de condición	Parámetro	EB
Geométricas	Tipo de área	CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, N	2
	Ancho de carril, W (m)	3,425
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % G (%)	-2,50
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Estacionamiento	No
De tránsito	Tasa de flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	84
	Numero de parada de buses/hora, N_B (vehículos/h)	48
	Numero de maniobras de parqueo/hora, N_m (parqueo/h)	No
	Velocidad de aproximación, (km/h)	30




Semafóricas	Longitud de ciclo, C (s)	84
	Tiempo de verde, G (s)	22
	Ámbar (s)	3
	Intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, Y (s)	3
	Operación accionada o prefija	Pre
	Botón peatonal	No
	Fase o plan de fase	1
	Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.6. Aplicación de la Metodología del HCM 2010

Primeramente, se tuvo que determinar la demanda. Luego se ajustó los volúmenes vehiculares a través del factor de hora pico (FHP) y se calcularon las proporciones de movimiento según su tipo para cada estación. Esto se muestra en la Tabla 37.




Tabla 37

Planilla de ajuste de la demanda

Ajuste de volumen	Estación A	Estación B	Estación C
			
Volumen, V (veh/h)	180	224	416
Volumen izquierdo, V_{izq} (veh/h)	52	0	144
Volumen directo, V_{dir} (veh/h)	128	168	260
Volumen derecho, V_{der} (veh/h)	0	56	12
Factor de hora pico, PHF	0,895	0,895	0,895
Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, $v_p = V/PHF$ (veh/h)	201	250	465
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	58	0	161
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	143	188	290
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	0	63	13
Proporción de giros LT o RT (P_{LT} o P_{RT})			
Proporción de giros izquierda P_{LT}	0,289	0,000	0,346
Proporción de giros derecha P_{RT}	0,000	0,252	0,028

A continuación, se encontró los valores para cada factor de ajuste para así obtener el flujo de saturación ajustado “s”. No hay presencia de bloqueo por bicicleta o peatones. Esto se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38*Plantilla de ajuste de la oferta*




Tasa de flujo de saturación	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900	1900	1900
Número de carriles, N	1	1	2
Ancho de carril, W	4	4	3,425
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	1,044	1,044	0,981
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
Porcentaje de vehículos pesados, $\%HV = 100 * HV/V$	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, $Et = 2,0$	2,0	2,0	2,0
Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV}	1,000	1,000	1,000
Pendiente en el grupo de carriles, $\%G$	-5,60%	4,90%	-2,50%
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1,028	0,976	1,013
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	no	no	no
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p \geq 0,50$	1,000	1,000	1,000
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	48
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0,050$	1,000	1,000	0,904
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	0,900	0,900	0,900
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, v_g (veh/h)	180	224	416
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, v_{g1} (veh/h)	-	-	-
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	1,000	1,000	1,000
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	0,986	1,000	0,983
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0,050$	1,000	0,962	0,996
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1	1	1

Factor de ajuste por peat/bic para giros a la derecha, f_{Rpb}	1	1	1
Flujo de saturación ajustado, s	1810	1676	3005

Como tercer paso, se realizó la estimación y análisis de la capacidad en una intersección semaforizada, donde se calculó las capacidades “ c ” de los grupos de carriles, de igual forma los grados de saturación “ X ”. Esto se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39




Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada

Análisis de capacidad	Estación A	Estación B	Estación C
			
Fase	2	3	1
Tipo de fase	Pre	Pre	Pre
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	201	250	465
Tasa de flujo de saturación ajustado, s (veh/h)	1810	1676	3005
Tiempo perdido, t_L (s)	3	18	3
Longitud de ciclo, C (s)	84	84	84
Tiempo de verde efectivo, g (s)	18	20	22
Proporción de verde, g/C	0,214	0,238	0,262
Capacidad del grupo de carriles, $c = s(g/C)$, (veh/h)	388	399	787
Relación $v/c, X$	0,518	0,627	0,591
Relación de flujo, v/s	0,111	0,149	0,155
Grupo de carriles/fase crítica (*)	*	*	*
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, $Y_c = \sum(v/s)$		0,415	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		24	
Grado de saturación crítico, $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$		0,581	

Para seguir con la metodología del HCM 2010, necesitamos calcular las demoras, para lo cual, primero tuvimos que calcular la demora por cola inicial “ d_3 ”, y, por consiguiente, la demora uniforme “ d_1 ”, ya que estas se relacionan directamente. Esto se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40

Plantilla de estimación de la demora por cola inicial




Parámetros de entrada	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Periodo de análisis	De 11:30 h hasta 11:45 h		
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, C (s)	84	84	84
Proporción de verde, g/C	0,214	0,238	0,262
Relación $v/c, X$	0,518	0,627	0,591
Cola inicial, Q_b (veh)	5	6	10
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	388	399	787
Relación de pelotón, R_p	1,000	1,000	0,667
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,214	0,238	0,175
Factor de ajuste suplementario, f_{PA}	1	1	0,93
Factor de ajuste por progresión/coordiación, PF	1,000	1,000	1,040
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)	0,027	0,040	0,031
$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right]$			
Parámetro de demora, u	-	-	-
$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Q_b} \right]$			
Caso de análisis	CASO III	CASO III	CASO III
Caso I (no saturado) y II (saturado) ($Q_b = 0$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No	No	No
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} = 0$	cumple	cumple	cumple
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No	No	No
$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$	cumple	cumple	cumple
Caso III ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	2,481	4,360	2,841
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * t}{cT}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	29,576	29,195	28,504
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} * \frac{T - t}{T}$			
* PF			

Caso IV ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)}{c}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$			
Caso V ($Q_b > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$			

Por último, solo quedó calcular la demora incremental “ d_2 ” y posteriormente, se determinó el nivel de servicio “NS” para los grupos de carriles, de igual manera para los accesos y la intersección. Esto se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41

Planilla de estimación de la demora por control y el NS

Capacidad del grupo de carriles, demora por control y determinación del nivel de servicio	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	201	250	465
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	388	399	787
Relación v/c , X	0,518	0,627	0,591
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d_2 (s/veh)			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right]$	4,877	7,256	3,246
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	2,481	4,360	2,841
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	29,576	29,195	28,504
Factor de ajuste por progresión/coordiación, PF	1,000	1,000	1,040
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	36,934	40,810	35,728

Nivel de servicio NS por grupo de carriles	D	D	D
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	36,934	40,810	35,728
Nivel de servicio NS por acceso	D	D	D
Tasa de flujo del acceso, V_A (veh/h)	201	250	465
Demora de la intersección, $d_I = \sum(d_A)(v_A)/\sum v_A$ (s/veh)		37,38	
Nivel de servicio NS de la intersección		D	

Finalmente pudimos determinar que el nivel de servicio de la intersección Avenida 28 de Julio con la Calle Zepita es equivalente a D.

4.4. Propuesta de solución para la intersección Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua

4.4.1. Explicación de la propuesta

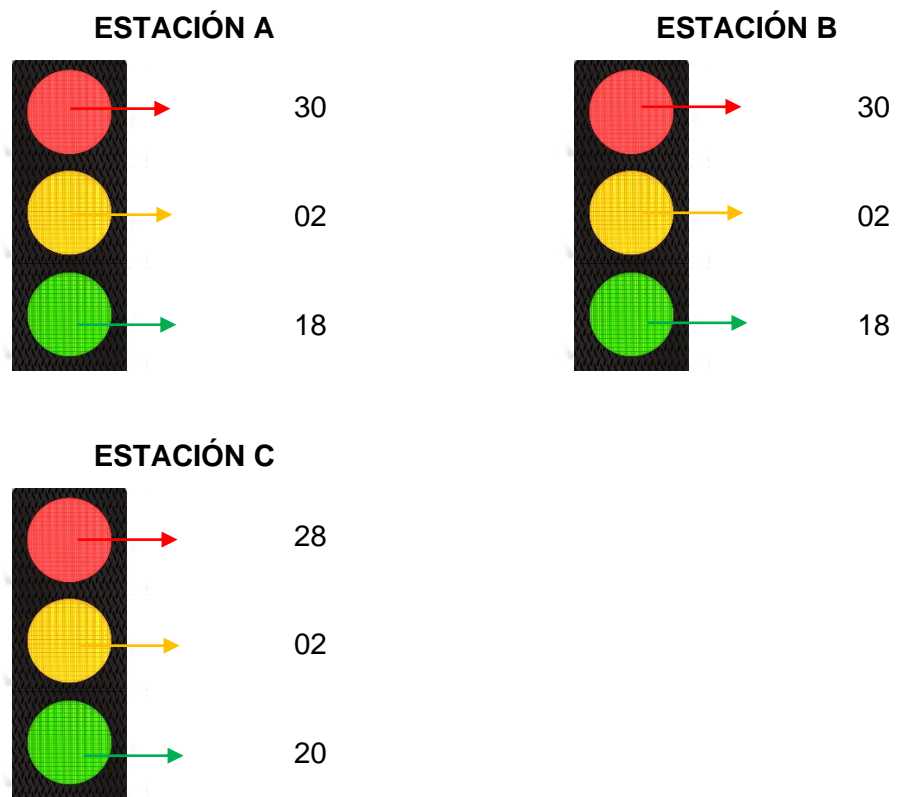
Una vez obtenido un deficiente nivel de servicio “F” en la intersección, se pensó en muchas opciones para la optimización y la mejora del congestionamiento vehicular, siendo la propuesta la siguiente:

- **Nuevas restricciones en giros permitidos**
Para la estación A y B, restringir su giro a la izquierda.
- **Nuevas fases semafóricas**
Cambiar las fases semafóricas de 3 fases a 2, sin incluir el paso peatonal.
- **Nuevos tiempos de semáforo**
Disminuir el ciclo semafórico total, incluye ajustes en los tiempos de semáforo como en el peatonal.

A continuación, se presentan los nuevos tiempos y fases semafóricas. En la cual se muestran las nuevas 2 fases semafóricas y el nuevo tiempo de paso peatonal, el cual fue disminuido, para que haya una circulación más rápida. El tiempo propuesto se muestra a continuación en la Figura 31.

Figura 31

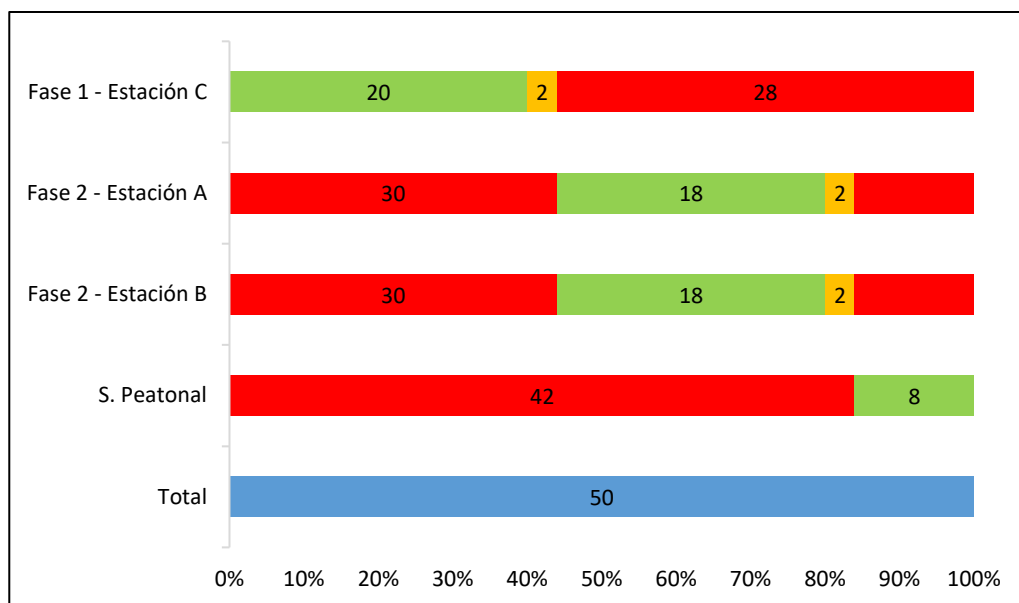
Tiempo de semaforización propuesto en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Nota: Al no estar normada la duración que puede tener el tiempo de ámbar, este se ha reducido a criterio y experiencias en campo. Al reducir de 3 fases a 2 fases semafóricas, se decidió reducir el ámbar un segundo, esto a su vez, no perjudicaría a la reacción de frenado de los conductores, ya que esta es una intersección de velocidades lentas.

Figura 32

Diagrama de fases propuesto de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua



Con los tiempos de verde, rojo y ámbar propuesto (como se muestra en la Figura 32), se procedió a aplicar las ecuaciones necesarias, antes explicadas, para la obtención de los valores de verde efectivo y rojo efectivo del semáforo para cada estación. Debido a que no se pudo obtener de manera eficiente los valores de L_1 y e , se decidió emplear los valores típicos de 2,5 s y 2,5 s respectivamente. Podemos observarlo más detalladamente en la Tabla 42.

Tabla 42

Cálculo de los nuevos intervalos del ciclo del semáforo




Parámetro	Estación A	Estación B	Estación C
G	18	18	20
R	30	30	28
Y	10	10	2
L_1	2,5	2,5	2,5
$L_2 = Y - e$	7,5	7,5	-
$t_L = L_1 + L_2$	10	10	2
e	2,5	2,5	2,5
$g = G + Y - t_L$	18	18	20
$r = R - TR + t_L$	32	32	30

4.4.2. Aplicación de la Metodología del HCM 2010 en la propuesta

En primer lugar, fue necesario distribuir los vehículos que antes tenían el giro hacia la izquierda para las estaciones A y B. Para esto, se consideró que estos vehículos no harían uso del giro a la derecha y se dirigirán directamente en la Estación A y para la Estación B, que el 80% de vehículos se dirigen directamente y el 20% haría uso del giro a la derecha. Para el análisis hicimos uso de la planilla de ajuste de la demanda. Esto se muestra en la Tabla 43.

Tabla 43




Planilla de ajuste de la demanda

Ajuste de volumen	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Volumen, V (veh/h)	348	284	472
Volumen izquierdo, V_{izq} (veh/h)	0	0	72
Volumen directo, V_{dir} (veh/h)	188	236	288
Volumen derecho, V_{der} (veh/h)	160	48	112
Factor de hora pico, PHF	0,958	0,958	0,958
Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, $v_p = V/PHF$ (veh/h)	363	296	493
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0	0	75
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	196	246	301
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	167	50	117
Proporción de giros LT o RT (P_{LT} o P_{RT})			
Proporción de giros izquierda P_{LT}	0,000	0,000	0,152
Proporción de giros derecha P_{RT}	0,460	0,169	0,237

A continuación, aplicamos la plantilla de ajuste de la oferta donde se observó unos cambios no tan significativos en la Estación A y B, ya que solo se les elimino un tipo de giro, en cambio en la Estación C, no se observa ningún cambio debido a que no modifíco ningún aspecto de este acceso. No hay presencia de bloqueo por bicicleta o peatones. Esto se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44




Plantilla de ajuste de la oferta

Tasa de flujo de saturación	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900	1900	1900
Número de carriles, N	1	1	1
Ancho de carril, W	4,325	4	4,75
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	1,081	1,044	1,128
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
Porcentaje de vehículos pesados, $\%HV = 100 * HV/V$	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, $Et = 2,0$	2,0	2,0	2,0
Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV}	1,000	1,000	1,000
Pendiente en el grupo de carriles, $\%G$	-6,00%	5,60%	0,00%
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1,030	0,972	1,000
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	no	no	12
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p \geq 0,50$	1,000	1,000	0,840
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0,050$	1,000	1,000	1,000
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	0,900	0,900	0,900
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, v_g (veh/h)	348	284	472
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, v_{g1} (veh/h)	-	-	-
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	1,000	1,000	1,000
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	1,000	1,000	0,992
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0,050$	0,931	0,975	0,964
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1	1	1
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la derecha, f_{Rpb}	1	1	1
Flujo de saturación ajustado, s	1772	1692	1550

Como tercer paso, aplicamos la plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada donde se obtuvo la nueva relación v/c , la cual intentamos mantener en un margen menor a 1, ya que, esto nos indica que nuestras vías son aptas y sin una demanda mayor a la capacidad para la cual fueron diseñadas. Esto se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45




Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada

Análisis de capacidad	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Fase	2	2	1
Tipo de fase	Pre	Pre	Pre
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	363	296	493
Tasa de flujo de saturación ajustado, s (veh/h)	1772	1692	1550
Tiempo perdido, t_L (s)	10	10	2
Longitud de ciclo, C (s)	50	50	50
Tiempo de verde efectivo, g (s)	18	18	20
Proporción de verde, g/C	0,360	0,360	0,400
Capacidad del grupo de carriles, $c = s(g/C)$, (veh/h)	638	609	620
Relación v/c, X	0,569	0,486	0,795
Relación de flujo, v/s	0,205	0,175	0,318
Grupo de carriles/fase crítica (*)	*		*
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, $Y_c = \sum(v/s)$		0,523	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		12	
Grado de saturación crítico, $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$		0,688	

Continuando con la metodología del HCM 2010, aplicamos la plantilla de estimación de la demora por cola inicial donde se obtuvo las nuevas demoras para la propuesta presentada. Para este análisis en las 3 estaciones cumplen el Caso III, el cual, al ser aplicado, se obtuvo mejores resultados como también mejoras en el tiempo de demora. Esto se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46

Plantilla de estimación de la demora por cola inicial

Parámetros de entrada	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
			
Periodo de análisis	De 11:30 h hasta 11:45 h		
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, C (s)	50	50	50
Proporción de verde, g/C	0,360	0,360	0,400
Relación v/c, X	0,569	0,486	0,795
Cola inicial, Q_b (veh)	7	5	8
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	638	609	620
Relación de pelotón, R_p	1,000	0,667	1,000
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,360	0,240	0,400
Factor de ajuste suplementario, f_{PA}	1	0,93	1
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,000	1,104	1,000
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)	0,025	0,016	0,063
$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right]$			
Parámetro de demora, u	-	-	-
$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Q_b} \right]$			
Caso de análisis	CASO III	CASO III	CASO III
Caso I (no saturado) y II (saturado) ($Q_b = 0$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} = 0$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$			
Caso III ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	2,011	0,944	5,852
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * t}{cT}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	13,196	13,852	13,652
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} * \frac{T - t}{T}$			
* PF			

Caso IV ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)}{c}$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Caso V ($Q_b > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c}$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Por último, aplicamos la plantilla de estimación de la demora por control y el NS donde se calculó la demora incremental, y con lo visto en la Tabla 46, se obtuvieron los nuevos resultados de los niveles de servicio utilizando la solución propuesta, en el cual se observó mejoras respecto a los niveles de servicio actuales. Esto se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47

Planilla de estimación de la demora por control y el NS

Capacidad del grupo de carriles, demora por control y determinación del nivel de servicio	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	363	296	493
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	638	609	620
Relación v/c , X	0,569	0,486	0,795
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d_2 (s/veh)			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right]$	3,655	2,762	10,152
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	2,011	0,944	5,852
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	13,196	13,852	13,652

Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,000	1,104	1,000
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	18,862	19,002	29,656
Nivel de servicio NS por grupo de carriles	B	B	C
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	18,862	19,002	29,656
Nivel de servicio NS por acceso	B	B	C
Tasa de flujo del acceso, V_A (veh/h)	363	296	493
Demora de la intersección, $d_I = \sum(d_A)(v_A)/\sum v_A$ (s/veh)		23,52	
Nivel de servicio NS de la intersección		C	

Luego de haber realizado todos los cálculos con la propuesta de solución, se obtuvo una mejora en el nivel de servicio de la intersección Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua, en la cual mejoró a un NS equivalente a C.

4.5. Propuesta de solución para la intersección Avenida 28 de Julio – Calle Zepita

4.5.1. Explicación de la propuesta

Una vez obtenidos los resultados y al comprobar un poco deficiente el nivel de servicio “D” en la intersección estudiada, se pensó y analizó muchas opciones para poder optimizar y poder mejorar el congestionamiento vehicular, se optó por la siguiente propuesta.

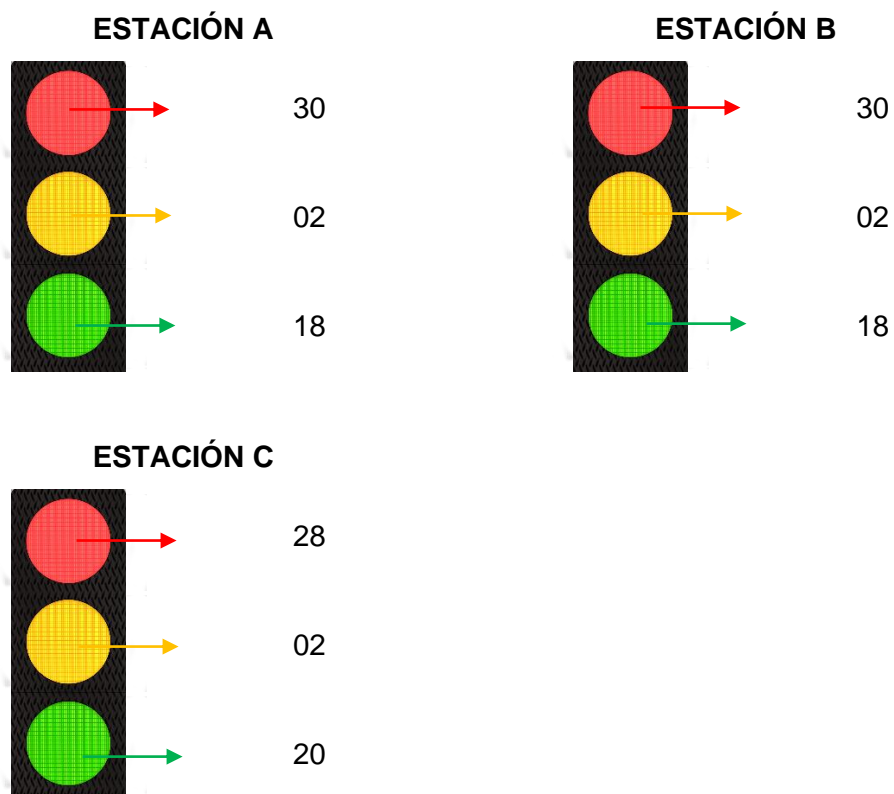
- **Nuevas restricciones en giros permitidos**
Para la estación A, restringir su giro a la izquierda.
- **Nuevas fases semafóricas**
Cambiar las fases semafóricas de 3 fases a 2, sin incluir el paso peatonal.
- **Nuevos tiempos de semáforo**
Disminuir el ciclo semafórico total, incluye ajustes en los tiempos de semáforo como en el peatonal.

A continuación, se presentan los nuevos tiempos y fases semafóricas. En la cual se muestran las nuevas 2 fases semafóricas y el nuevo tiempo de paso

peatonal, el cual fue disminuido, para que haya una circulación más rápida. El tiempo propuesto se muestra a continuación en la Figura 33.

Figura 33

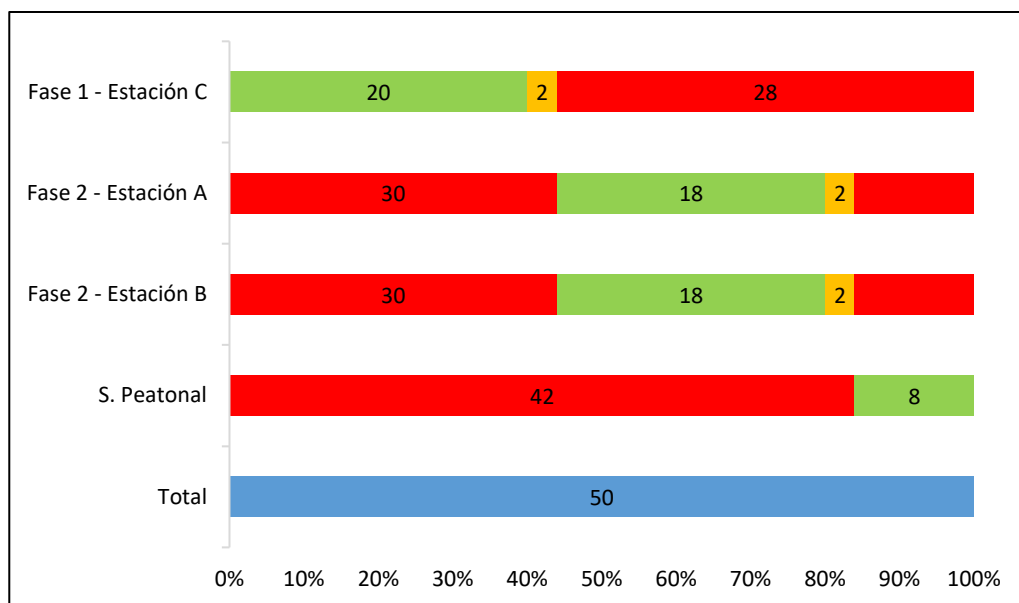
Tiempo de semaforización propuesto en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Nota: Al no estar normada la duración que puede tener el tiempo de ámbar, este se ha reducido a criterio y experiencias en campo. Al reducir de 3 fases a 2 fases semaforísticas, se decidió reducir el ámbar un segundo, esto a su vez, no perjudicaría a la reacción de frenado de los conductores, ya que esta es una intersección de velocidades lentas.

Figura 34

Diagrama de fases propuesto de los semáforos en la intersección de Avenida 28 de Julio – Calle Zepita



Con los tiempos de verde, rojo y ámbar propuesto (como se muestra en la Figura 34), se procedió a aplicar las ecuaciones necesarias, antes explicadas, para la obtención de los valores de verde efectivo y rojo efectivo del semáforo para cada estación. Debido a que no se pudo obtener de manera eficiente los valores de L_1 y e , se decidió emplear los valores típicos de 2,5 s y 2,5 s respectivamente. Podemos observarlo más detalladamente en la Tabla 48.

Tabla 48

Cálculo de los nuevos intervalos del ciclo del semáforo

Parámetro	Estación A	Estación B	Estación C
G	18	18	20
R	30	30	28
Y	10	10	2
L_1	2,5	2,5	2,5
$L_2 = Y - e$	7,5	7,5	-
$t_L = L_1 + L_2$	10	10	2
e	2,5	2,5	2,5
$g = G + Y - t_L$	18	18	20
$r = R - TR + t_L$	32	32	30

4.5.2. Aplicación de la Metodología del HCM 2010 en la propuesta

En primer lugar, fue necesario considerar para la Estación A la llegada de los nuevos vehículos de la intersección de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua y, como también se le restringió el giro a la izquierda, asumir que estos vehículos irán directamente. Para el análisis hicimos uso de la planilla de ajuste de la demanda. Esto se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49

Planilla de ajuste de la demanda

Ajuste de volumen	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
	↑	↓	↕
Volumen, V (veh/h)	232	224	416
Volumen izquierdo, V_{izq} (veh/h)	0	0	144
Volumen directo, V_{dir} (veh/h)	232	168	260
Volumen derecho, V_{der} (veh/h)	0	56	12
Factor de hora pico, PHF	0,895	0,895	0,895
Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, $v_p = V/PHF$ (veh/h)	259	250	465
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0	0	161
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	259	188	290
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	0	63	13
Proporción de giros LT o RT (P_{LT} o P_{RT})			
Proporción de giros izquierda P_{LT}	0,000	0,000	0,346
Proporción de giros derecha P_{RT}	0,000	0,252	0,028

Seguidamente, aplicamos la plantilla de ajuste de la oferta donde se observó que para las estaciones B y C se mantiene el mismo flujo de saturación ajustado, ya que, no se realizó ningún cambio en giros permitidos, sentido de los carriles o aumento de algún carril. Para la Estación A, hubo cambios poco significativos ya que solo se restringió el giro a la izquierda. No hay presencia de bloqueo por bicicleta o peatones. Esto se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50

Plantilla de ajuste de la oferta

Tasa de flujo de saturación	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
	↑	↓	↕
Flujo de saturación ideal, s_o (veh/h)	1900	1900	1900
Número de carriles, N	1	1	2
Ancho de carril, W	4	4	3,425
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	1,044	1,044	0,981
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
Porcentaje de vehículos pesados, $\%HV = 100 * HV/V$	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, $Et = 2,0$	2,0	2,0	2,0
Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV}	1,000	1,000	1,000
Pendiente en el grupo de carriles, $\%G$	-5,60%	4,90%	-2,50%
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1,028	0,976	1,013
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	no	no	no
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p \geq 0,50$	1,000	1,000	1,000
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	48
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0,050$	1,000	1,000	0,904
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	0,900	0,900	0,900
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, v_g (veh/h)	232	224	416
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, v_{g1} (veh/h)	-	-	-
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	1,000	1,000	1,000
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	1,000	1,000	0,983
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0,050$	1,000	0,962	0,996
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1	1	1
Factor de ajuste por peat/bic para giros a la derecha, f_{Rpb}	1	1	1
Flujo de saturación ajustado, s	1836	1676	3005

Como tercer paso, aplicamos la plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada donde se obtuvo la nueva relación v/c , la cual intentamos mantener en un margen menor a 1, ya que, esto nos indica que nuestras vías son aptas y sin una demanda mayor a la capacidad de uso para las cuales están diseñadas. Esto se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51

Plantilla de análisis y estimación de la capacidad en una intersección semaforizada

Análisis de capacidad	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
	↑	↓ ←	← ↑ ↓ →
Fase	2	2	1
Tipo de fase	Pre	Pre	Pre
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	259	250	465
Tasa de flujo de saturación ajustado, s (veh/h)	1836	1676	3005
Tiempo perdido, t_L (s)	10	10	2
Longitud de ciclo, C (s)	50	50	50
Tiempo de verde efectivo, g (s)	18	18	20
Proporción de verde, g/C	0,360	0,360	0,400
Capacidad del grupo de carriles, $c = s(g/C)$, (veh/h)	661	603	1202
Relación $v/c, X$	0,392	0,415	0,387
Relación de flujo, v/s	0,141	0,149	0,155
Grupo de carriles/fase crítica (*)		*	*
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, $Y_c = \sum(v/s)$		0,304	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		12	
Grado de saturación crítico, $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$		0,400	

Continuando con la metodología del HCM 2010, aplicamos la plantilla de estimación de la demora por cola inicial donde se obtuvo las nuevas demoras para la propuesta de solución presentada. Para este análisis en las 3 estaciones cumplen el Caso III, el cual, al ser aplicado, nos dio mejores resultados como también mejoras en el tiempo de demora. Esto se muestra en la Tabla 52.

Tabla 52

Plantilla de estimación de la demora por cola inicial

Parámetros de entrada	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
	↑	↓ ←	↕ ←
Periodo de análisis	De 11:30 h hasta 11:45 h		
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, C (s)	50	50	50
Proporción de verde, g/C	0,360	0,360	0,400
Relación v/c, X	0,392	0,415	0,387
Cola inicial, Q_b (veh)	5	6	10
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	661	603	1202
Relación de pelotón, R_p	1,000	1,000	1,000
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,360	0,360	0,400
Factor de ajuste suplementario, f_{PA}	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,000	1,000	1,000
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)	0,012	0,017	0,014
$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right]$			
Parámetro de demora, u	-	-	-
$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Q_b} \right]$			
Caso de análisis	CASO III	CASO III	CASO III
Caso I (no saturado) y II (saturado) ($Q_b = 0$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	No	No	No
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)t}{cT} = 0$	cumple	cumple	cumple
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	No	No	No
$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$	cumple	cumple	cumple
Caso III ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$)			
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	0,677	1,218	0,813
$d_3 = \frac{1800 * Q_b * t}{cT}$			
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	12,125	12,306	10,884
$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} * \frac{T - t}{T}$			
* PF			

Caso IV ($Q_b > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)}{c}$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Caso V ($Q_b > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c}$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Demore uniforme, d_1 (s/veh)

$$d_1 = 0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

No cumple	No cumple	No cumple
-----------	-----------	-----------

Por último, aplicamos la plantilla de estimación de la demora por control y el NS donde se calculó la demora incremental, y con lo visto en la Tabla 52, se obtuvo los nuevos resultados de los niveles de servicio utilizando la solución propuesta, en el cual se observó mejoras respecto a los niveles de servicio actuales. Esto se muestra en la Tabla 53.

Tabla 53

Planilla de estimación de la demora por control y el NS

Capacidad del grupo de carriles, demora por control y determinación del nivel de servicio	Estación	Estación	Estación
	A	B	C
Tasa de flujo ajustado, v_p (veh/h)	259	250	465
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	661	603	1202
Relación v/c , X	0,392	0,415	0,387
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d_2 (s/veh)			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right]$	1,743	2,097	0,942
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	0,677	1,218	0,813
Demore uniforme, d_1 (s/veh)	12,125	12,306	10,884

Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,000	1,000	1,000
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	14,545	15,621	12,638
Nivel de servicio NS por grupo de carriles	B	B	B
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	14,545	15,621	12,638
Nivel de servicio NS por acceso	B	B	B
Tasa de flujo del acceso, V_A (veh/h)	259	250	465
Demora de la intersección, $d_I = \sum(d_A)(v_A)/\sum v_A$ (s/veh)		13,91	
Nivel de servicio NS de la intersección		B	

Luego de haber realizado todos los cálculos con la propuesta de solución, se observó una mejora en el nivel de servicio de la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita, en la cual mejoro a un NS equivalente a B.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Se verifico el cumplimiento de la hipótesis planteada a inicios de la presente investigación, considerando que optimizando los flujos vehiculares en las intersecciones semaforizadas analizadas se disminuyó considerablemente el congestionamiento vehicular que esta ocasionaba aplicando la metodología de análisis operacional propuesta por el HCM 2010. Luego de obtener los resultados deficientes, se propuso una solución para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

Luego de aplicar correctamente y en orden la metodología HCM 2010 se determinó los niveles de servicio deficientes en los diferentes accesos nombrados, así como también se consiguió obtener el nivel de servicio de toda la intersección de estudio.

- **Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua**

El acceso 1 (Estación A) tiene actualmente un nivel de servicio de “F”

El acceso 2 (Estación B) tiene actualmente un nivel de servicio de “E”

El acceso 3 (Estación C) tiene actualmente un nivel de servicio de “F”

Para la intersección, conjunto, tiene actualmente un nivel de servicio de “F”

- **Avenida 28 de Julio – Calle Zepita**

El acceso 1 (Estación A) tiene actualmente un nivel de servicio de “D”

El acceso 2 (Estación B) tiene actualmente un nivel de servicio de “D”

El acceso 4 (Estación C) tiene actualmente un nivel de servicio de “D”

Para la intersección, conjunto, tiene actualmente un nivel de servicio de “D”

En primer lugar, se modificó el acceso 1 y 2 (Estación A y B respectivamente, Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua) y el acceso 1 (Estación A, Avenida 28 de Julio – Calle Zepita) en los cuales se le restringió el giro a la izquierda, ya que, esto nos permite cambiar las fases semafóricas de ambas intersecciones de 3 a 2 fases, sin incluir el tiempo de semáforo peatonal. Esta modificación afecta directamente al acceso 1 (Estación A, Avenida 28 de Julio – Calle Zepita) debido a que recibe más cantidad de vehículos, sin embargo, se pudo mejorar en estas circunstancias su nivel de servicio.

Se modificaron las fases y tiempos de semáforo para ambas intersecciones, las cuales ahora se encuentran sincronizadas optimizando el congestionamiento vehicular que era apreciable en estas.

- **Avenida 28 de Julio – Jirón Moquegua**

El acceso 1 (Estación A) mejora su nivel de servicio de “F” a “B”

El acceso 2 (Estación B) mejora su nivel de servicio de “E” a “B”

El acceso 3 (Estación C) mejora su nivel de servicio de “F” a “C”

Para la intersección, conjunto, ve mejorado su nivel de servicio de “F” a “C”

- **Avenida 28 de Julio – Calle Zepita**

El acceso 1 (Estación A) mejora su nivel de servicio de “D” a “B”

El acceso 2 (Estación B) mejora su nivel de servicio de “D” a “B”

El acceso 4 (Estación C) mejora su nivel de servicio de “D” a “B”

Para la intersección, conjunto, ve mejorado su nivel de servicio de “D” a “B”

CONCLUSIONES

Se optimizaron los flujos vehiculares, con la propuesta presentada, y se obtuvo inmediatamente la disminución del congestionamiento de tránsito en las intersecciones semaforizadas Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.

Se determinó que el flujo vehicular influye directamente en el nivel de servicio en las intersecciones, debido a que, al realizar los trabajos en gabinete, se observó que la tasa de flujo vehicular está directamente relacionada con la capacidad del grupo de carriles que contenga la estación.

Se planteó un rediseño a las fases semaforicas, como también el ciclo semaforico total, ya que ambas intersecciones contaban con 3 fases semaforicas y 1 fase de paso peatonal (86 s de ciclo semaforico promedio), lo que generaba que cada estación tenga siempre una cola inicial al esperar su turno de verde. En el rediseño se propuso prioritariamente la sincronización de ambas intersecciones, para que tengan un mismo tiempo de ciclo semaforico (50 s), el cual mejoro el nivel de servicio en las intersecciones de estudio al no contar con un tiempo de ciclo semaforico tan extenso.

Se realizó y aplicó, con resultados positivos, la propuesta para disminuir el congestionamiento de tránsito. Para esto se utilizó los niveles de servicio mejorados para las intersecciones semaforizadas, que, una vez terminado el trabajo en gabinete, para la intersección Avenida 28 de Julio con Calle Zepita pasó de tener una demora de la intersección de 37,38 s/veh a 13,91 s/veh equivalente a un NS de "D" a "B" respectivamente y para la intersección Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua, una demora de la intersección de 149,18 s/veh a 23,52 s/veh equivalente a un NS de "F" a "C" respectivamente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades pertinentes evaluar nuestra propuesta de solución y aplicarla en la intersección de la Avenida 28 de julio con Calle Zepita y Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua debido a que esta propuesta optimiza los flujos vehiculares lo que ayudaría a la disminuir el congestionamiento vehicular que se genera en las horas punta.

Se recomienda a las autoridades pertinentes evaluar constantemente el crecimiento vehicular del Distrito de Ilo y realizar estudios en las zonas críticas donde exista mayor flujo de saturación vehicular, para conocer el flujo de las intersecciones y poder plantear medidas de solución adecuadas.

Se recomienda a las autoridades pertinentes la difusión de información sobre vías alternas que puedan satisfacer las necesidades de los conductores, como también, la instrucción para tener una buena cultura vial. De esta forma también se vela por la salud física como psicológica del peatón.

Se recomienda a las autoridades pertinentes hacer un mantenimiento general, en la zona de estudio, a todas las señales de tránsito tanto peatonales como vehiculares, debido a que, con el pasar del tiempo, estas se encuentran en un estado deficientes y es necesario garantizar la seguridad de los usuarios.

Se recomienda que para futuras investigaciones y/o aplicación de la metodología HCM 2010, los aforos vehiculares se realicen, también, en diferentes épocas del año, debido a que la presente investigación, se realizó con ciertas restricciones del volumen vehicular por épocas de pandemia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashhad, Cabrera & Roa. (2020). *Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador*. Guayaquil, Ecuador.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael, & Cárdenas Grisales, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones*.
- Fairlie, D. (14 de Enero de 2022). El tráfico: un problema con solución técnica. *El Comercio*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima.
- Nureña Diaz, M. (2019). *Evaluación y propuestas para mitigar la congestión vehicular en la Avenida Sáenz Peña, distrito de Chiclayo 2019*. Chiclayo.
- Quiroz García, S. E. (2011). *El flujo vehicular y su incidencia en el bienestar de los moradores de la intersección de la Vía Panamericana y la Calle César Dávila Andrade en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Latacunga.
- Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid.
- Reyna Peña, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones*.
- Ríos Cardich, E. M. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con INFRAWORKS y SYNCHRO 8*. Piura.
- Sanchez Salazar, F. d. (2017). *Sistemas de estacionamientos subterráneos y su influencia en el congestionamiento vehicular en el centro histórico de Moquegua, 2017*. Moquegua.
- Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile.
- Vera Lino, F. J. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima*. Lima.
- Villaverde Ospinal, A. J. (2018). *Validación del factor por obstrucción de buses (fbb) para las condiciones del distrito de Huancayo - Junín- 2018*. Huancayo.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores	Tipo de Investigación
¿Optimizando los flujos vehiculares se puede disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, Distrito de Ilo, 2022?	Optimizar los flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua, Distrito de Ilo, 2022	Optimizando los flujos vehiculares disminuye considerablemente el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.	Flujos Vehiculares	Flujo Peatonal (Escala de medición Numero de peatones por hora)	Cuantitativa
				Clasificación vehicular (Escala de medición tipo de vehículo)	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Indicadores	Nivel de Investigación
¿El flujo vehicular influirá en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?	Determinar si el flujo vehicular influye en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua	El flujo vehicular influye negativamente en el nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua	Congestionamiento de Tránsito	Tiempo semafórico (Escala de medición: fases semafóricas)	Explicativo Correlacional
¿Podría un rediseño de fases semafóricas mejorar el nivel de	Plantear un rediseño de fases semafóricas para mejorar el nivel	El rediseño de fases semafóricas mejora significativamente el		Giros vehiculares (Escala de	

servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?	de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.	nivel de servicio en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.		medición Numero de vehículos que realizan el giro)	en la intersección de las Avenidas C. Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio, Distrito de Ilo.
¿Es posible realizar una propuesta para disminuir el congestionamiento de tránsito utilizando el nivel de servicio mejorado en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua?	Realizar una propuesta para disminuir el congestionamiento de tránsito utilizando el nivel de servicio mejorado en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.	La propuesta, utilizando el nivel de servicio mejorado, disminuye considerablemente el congestionamiento de tránsito en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita y Jirón Moquegua.		Nivel de Servicio (Escala de medición: Categorías: A, B, C, D, E, F)	<p>Muestra</p> <p>La muestra es de tipo censal, ya que, para determinar el tamaño de esta, se analizará toda la población que corresponde a los flujos vehiculares en la intersección de las Avenidas C. Zepita y Jirón Moquegua con la Av. 28 de Julio, Distrito de Ilo.</p>

TRAMO	Avenida 28 de Julio - Jirón Moquegua				ESTACION	B			
SENTIDO	Norte a Sur				CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACIÓN	Distrito de Ilo				DIA Y FECHA	Lunes	21	2	22

HORA	AUTO		STATION WAGON			PICK UP			PANEL		RURAL Combi		MICRO		BUS		CAMION			SEMI TRAVLER		SUBTOTAL	
	↔	↑	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔		↑
MAÑANA	↔	↑	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	
7:00 - 7:15 a.m	2	6			8		2																18
7:15 - 7:30 a.m	1	7	2	1	1		2	1															15
7:30 - 7:45 a.m		8		2	5	1		3				1	1										21
7:45 - 8:00 a.m	4	11			5		1	2															23
8:00 - 8:15 a.m	4	11		1	4		1	2	1		1		1										26
8:15 - 8:30 a.m	7	16	2	1	3		1	2	1			1											34
8:30 - 8:45 a.m	3	13	3	3	5		2	3															32
8:45 - 9:00 a.m	5	11		6	8		1	4		1	1		1	2									40
PARCIAL	26	83	7	14	39	1	8	18	3	1	2	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	209
SUMATORIA	116		54			29			3		7		0		0		0			0		209	

TARDE	↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		SUBTOTAL
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	
11:00 - 11:15	10	14			7	12		1															44
11:15 - 11:30	11	18	4	7	11	1																	52
11:30 - 11:45	14	19	2	5	9			3		1		1	1										55
11:45 - 12:00	11	16	1	3	14		2	4		1		2											54
12:00 - 12:15	4	12	5	8	5	1	1	2															38
12:15 - 12:30	8	18	2	5	7	2	1	1	1														45
12:30 - 12:45	10	20	3	6	8		1	5															53
12:45 - 13:00	7	18	3	7	8		2	2				2											49
PARCIAL	75	135	20	48	74	4	8	17	1	0	2	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	390
SUMATORIA	230		126			26			2		5		1		0		0			0		390	

NOCHE	↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		SUBTOTAL
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	
17:45 - 18:00	15	19	1	4	12			2	1		1												55
18:00 - 18:15	11	18		3	11	2	1	1				1	1										49
18:15 - 18:30	13	16	2	4	9	2		2															48
18:30 - 18:45	10	17	1	4	9	1	3	2		2			2										51
18:45 - 19:00	7	21	1	5	9	1	1	2															47
19:00 - 19:15	7	19	6	2	6	1	2	5				4											52
19:15 - 19:30	7	17	2	3	12	2	2	1															46
19:30 - 19:45	6	21	1	2	7	1		3				2											43
PARCIAL	76	148	14	27	75	10	9	18	1	2	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	391
SUMATORIA	238		112			28			3		10		0		0		0			0		391	

TRAMO	Avenida 28 de Julio - Jirón Moquegua					ESTACION			C			
SENTIDO	Oeste a Este					CODIGO DE LA ESTACION						
UBICACIÓN	Distrito de Ilo					DIA Y FECHA			Mier.	23	2	22

HORA	AUTO			STATION WAGON			PICK UP			PANEL			RURAL Combi			MICRO			BUS			CAMION			SEMI TRAVLER			SUBTOTAL			
	2	5	2	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 E	2 E	2 E	2 E	3 E	3 E	2S1/2S2	2S1/2S2	2S1/2S2				
7:00 - 7:15 a.m	2	5	2	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
7:15 - 7:30 a.m	2	8	2	2	7	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
7:30 - 7:45 a.m	3	11	5	1	3	2	3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
7:45 - 8:00 a.m	3	14	4	2	7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
8:00 - 8:15 a.m	3	10	6	5	10	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
8:15 - 8:30 a.m	5	14	7	12	2	1	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
8:30 - 8:45 a.m	3	18	5	1	10	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
8:45 - 9:00 a.m	3	18	9	3	14	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
PARCIAL	21	98	40	15	67	25	2	20	6	1	4	0	4	7	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316
SUMATORIA	159			107			28			5			13			4			0			0			0			0			316

TARDE	2	5	2	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 E	2 E	2 E	2 E	3 E	3 E	2S1/2S2	2S1/2S2	2S1/2S2	SUBTOTAL			
11:00 - 11:15	5	22	12	7	11	4	1	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73			
11:15 - 11:30	3	30	13	4	15	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74			
11:30 - 11:45	2	35	12	17	1	1	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75			
11:45 - 12:00	1	44	10	12	9	1	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86			
12:00 - 12:15	2	45	6	4	17	9	2	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96			
12:15 - 12:30	3	47	10	2	14	4	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91			
12:30 - 12:45	2	26	16	3	27	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83			
12:45 - 13:00	2	23	11	3	15	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65			
PARCIAL	18	272	90	23	128	33	6	37	15	0	2	0	4	8	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	643
SUMATORIA	380			184			58			2			16			3			0			0			0			0			643

NOCHE	2	5	2	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 E	2 E	2 E	2 E	3 E	3 E	2S1/2S2	2S1/2S2	2S1/2S2	SUBTOTAL			
17:45 - 18:00	3	39	10	1	16	6	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81			
18:00 - 18:15	1	38	9	1	17	2	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77			
18:15 - 18:30	1	39	12	1	20	3	1	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85			
18:30 - 18:45	5	36	7	13	11	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80			
18:45 - 19:00	2	37	10	2	17	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78			
19:00 - 19:15	2	20	15	2	15	8	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67			
19:15 - 19:30	1	30	11	2	18	9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75			
19:30 - 19:45	3	22	13	2	16	7	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72			
PARCIAL	18	261	87	11	132	49	4	28	9	0	2	0	2	7	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	615
SUMATORIA	366			192			41			2			11			3			0			0			0			0			615

TRAMO	Avenida 28 de Julio - Calle Zepita				ESTACION		B		
SENTIDO	Norte a Sur				CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACIÓN	Distrito de Ilo				DIA Y FECHA		Vier. 25 2 22		

HORA	AUTO			STATION WAGON			PICK UP			PANEL			RURAL Combi			MICRO			BUS 2 E			CAMION 2 E 3 E			SEMI TRAVLER 2S1/2S2			SUBTOTAL			
	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔				
MAÑANA	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	
7:00 - 7:15 a.m		4	1		4	1		1	1																						12
7:15 - 7:30 a.m		5			1	2		2																							10
7:30 - 7:45 a.m		4	1		4	1			2																						12
7:45 - 8:00 a.m		11			7			3																							21
8:00 - 8:15 a.m		12	2		5			2																							21
8:15 - 8:30 a.m		14			2			2																							18
8:30 - 8:45 a.m		8	3		2	1		3																							17
8:45 - 9:00 a.m		6	4		9			5				1																			25
PARCIAL	0	64	11	0	34	5	0	18	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136
SUMATORIA		75			39			21			0			1			0			0			0			0					

TARDE	↔			↑			↔			↔			↑			↔			↔			↑			↔			SUBTOTAL			
	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔				
11:00 - 11:15		11	2		9	2					1			1																	26
11:15 - 11:30		13			12	2		1																							28
11:30 - 11:45		13	7		6	3		5	1		1	1		1																	38
11:45 - 12:00		21	8		6																										35
12:00 - 12:15		17	3		12	1		4																							37
12:15 - 12:30		18	4		8	3		1	1					1	1																37
12:30 - 12:45		17	2		12	1		1						1	1			1													36
12:45 - 13:00		15	3		10			2	1		1																				32
PARCIAL	0	125	29	0	75	12	0	14	3	0	2	2	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269
SUMATORIA		154			87			17			4			6			1			0			0			0					

NOCHE	↔			↑			↔			↔			↑			↔			↔			↑			↔			SUBTOTAL			
	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔				
17:45 - 18:00		11	3		10	3		2			1			1	1																32
18:00 - 18:15		18			8	2		2			1			1																	32
18:15 - 18:30		15	3		7	6		2	1			1																			35
18:30 - 18:45		15	1		10	3		2			1																				32
18:45 - 19:00		14	5		5	3		1																							28
19:00 - 19:15		15	1		8	1		1						2																	28
19:15 - 19:30		14	3		3			4	1					1																	26
19:30 - 19:45		15	2		8	2		2						1																	30
PARCIAL	0	117	18	0	59	20	0	16	2	0	3	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243
SUMATORIA		135			79			18			4			7			0			0			0			0					

TRAMO	Avenida 28 de Julio - Calle Zepita				ESTACION			C		
SENTIDO	Este a Oeste				CODIGO DE LA ESTACION					
UBICACIÓN	Distrito de Ilo				DIA Y FECHA			Lunes 21 2 22		

HORA	AUTO		STATION WAGON			PICK UP			PANEL			RURAL Combi			MICRO			BUS			CAMION			SEMI TRAVLER 2S1/2S2			SUBTOTAL				
	↔	↑	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔		↔	↑		
7:00 - 7:15 a.m	4	8	6	1	1	1	1							12																33	
7:15 - 7:30 a.m	4	6	1	4	1	3					1			16																36	
7:30 - 7:45 a.m	5	5	4	3	1	1								17																36	
7:45 - 8:00 a.m	11	7	2	6										15																41	
8:00 - 8:15 a.m	7	14	3	5	2	2					1	2		16																52	
8:15 - 8:30 a.m	13	10	4	2	1						1			15																46	
8:30 - 8:45 a.m	12	12	5	2	1	1					1			16																50	
8:45 - 9:00 a.m	10	15	5	3		2		1			1	2		16																55	
PARCIAL	66	77	0	30	26	1	9	7	0	1	0	0	2	7	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349
SUMATORIA	143		57			16			1			9			123			0			0			0			0				

TARDE	↔		↑		↔			↑			↔			↑			↔			↑			↔			↑			SUBTOTAL		
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔		↔	↑
11:00 - 11:15	10	12	1	6	11	1	1	4			1		1	12																	60
11:15 - 11:30	18	24		7	15	2		2			2		1	15																	86
11:30 - 11:45	22	32		10	4		2	1		1		1	1	14																	88
11:45 - 12:00	16	20	2	5	15	1	3	4			1		1	12																	80
12:00 - 12:15	16	12	1	8	13	2	2	1			1		2	16																	74
12:15 - 12:30	19	20	1	2	16	2	3	3			3			14																	83
12:30 - 12:45	18	14	1	5	7	2	2	2					1	12																	64
12:45 - 13:00	13	16	1	4	9	1	4	1					1	11																	62
PARCIAL	132	150	7	47	90	9	17	19	1	1	8	0	2	7	0	1	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	597
SUMATORIA	289		146			37			9			9			107			0			0			0			0				

NOCHE	↔		↑		↔			↑			↔			↑			↔			↑			↔			↑			SUBTOTAL		
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔		↔	↑
17:45 - 18:00	18	21		10	6		1	3					2	15																	76
18:00 - 18:15	16	20		8	10		4					1	1	18																	78
18:15 - 18:30	15	22		8	13	2					2		3	15																	80
18:30 - 18:45	16	22	2	7	17	1	2		1	1		1	1	19																	90
18:45 - 19:00	16	15		7	14	3	2							12																	69
19:00 - 19:15	14	17		6	13	1	1	2	1	1			2	13																	71
19:15 - 19:30	18	25		5	12	2	2				1		1	15																	81
19:30 - 19:45	13	21		6	17	2	2				1		1	12																	77
PARCIAL	126	163	2	57	102	1	12	17	1	2	5	0	3	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	622
SUMATORIA	291		160			30			7			15			119			0			0			0			0				

TRAMO	Avenida 28 de Julio - Calle Zepita				ESTACION			C		
SENTIDO	Este a Oeste				CODIGO DE LA ESTACION					
UBICACIÓN	Distrito de Ilo				DIA Y FECHA			Vier. 25 2 22		

HORA	AUTO		STATION WAGON		PICK UP			PANEL		RURAL Combi		MICRO		BUS		CAMION			SEMI TRAVLER		SUBTOTAL				
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑		↔	↑		
MAÑANA	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑			
7:00 - 7:15 a.m	3	6		5	1		1	1			1			13										32	
7:15 - 7:30 a.m	5	7		3	2		1	1						14										33	
7:30 - 7:45 a.m	6	4		4	4		2				1			16										37	
7:45 - 8:00 a.m	5	4		3	5		2	1				1		13										34	
8:00 - 8:15 a.m	6	13		5	5		1	2						16										48	
8:15 - 8:30 a.m	10	11		4	4		2					2		17										50	
8:30 - 8:45 a.m	13	10		3	5		1							14										46	
8:45 - 9:00 a.m	10	13		6	4		2	1				1		15										52	
PARCIAL	58	68	0	33	30	0	11	7	0	0	1	0	2	4	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	332
SUMATORIA	126		63		18			1		6		118		0		0			0		0				

TARDE	↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		SUBTOTAL	
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑		
11:00 - 11:15	15	10		9	11		1	1						14											61	
11:15 - 11:30	21	18		8	12			3			1			13											76	
11:30 - 11:45	20	18		1	12		2	6				2	1	15											77	
11:45 - 12:00	24	27	1	3	11	2	3	2			1			15											89	
12:00 - 12:15	15	15		3	13		2	5				1	1	10											65	
12:15 - 12:30	14	14	2	4	15		1	1				1		17											69	
12:30 - 12:45	16	21		5	10		3	2	1	1			2	14											75	
12:45 - 13:00	14	18		4	13		1	1		1	1			13											66	
PARCIAL	139	141	3	37	97	2	13	21	1	2	3	1	3	4	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0	578
SUMATORIA	283		136		35			6		7		111		0		0			0		0					

NOCHE	↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		↔		↑		SUBTOTAL	
	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑	↔	↑		
17:45 - 18:00	20	20	2	6	6	1	2	6		1			1	2											82	
18:00 - 18:15	15	22		5	12	1		6					1	15											77	
18:15 - 18:30	22	23		5	17		2	3					1	1											88	
18:30 - 18:45	16	26		4	13	1	1						1	1											77	
18:45 - 19:00	17	19		5	13		4	5			1			15											79	
19:00 - 19:15	15	20		8	14		3	1			1			15											78	
19:15 - 19:30	18	24		6	13		4			1			2	1											83	
19:30 - 19:45	16	19		4	18		3						1	2											76	
PARCIAL	139	173	2	43	106	3	16	24	0	2	2	0	6	9	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0	640
SUMATORIA	314		152		40			4		15		115		0		0			0		0					

Anexo 3. Panel fotográfico

Figura 35

Conteo de vehículos en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua



Figura 36

Conteo de vehículos en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Calle Zepita

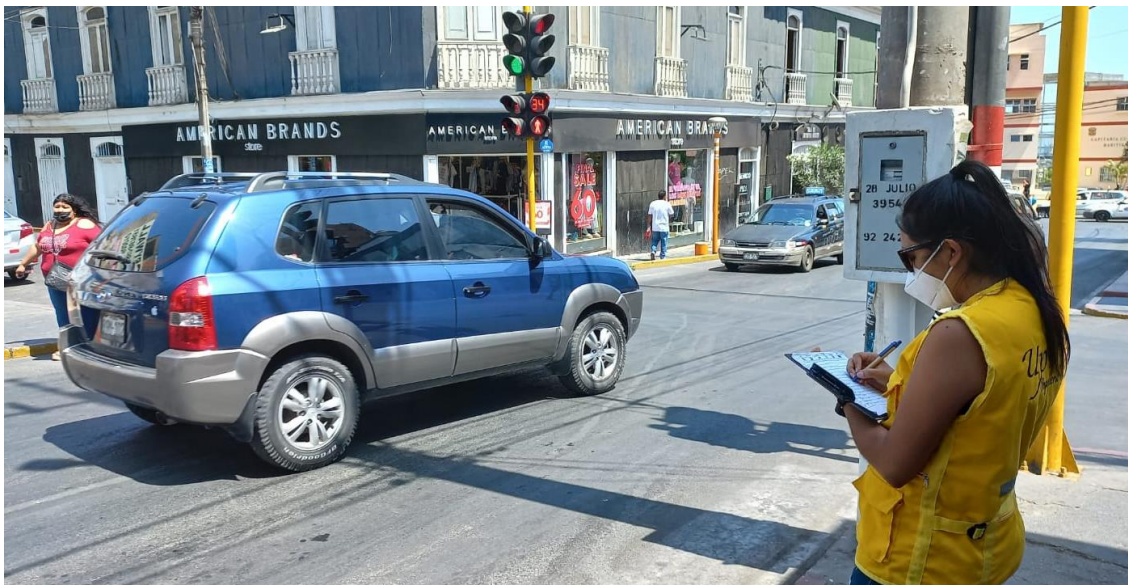


Figura 37

Medición de veredas en la intersección de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua

**Figura 38**

Medición del ancho de carril de la Avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua



Figura 39

Vista frontal de la Avenida 28 de Julio

**Figura 40**

Vista frontal del Jirón Moquegua



Figura 41

Vista frontal de la Avenida 28 de Julio

**Figura 42**

Vista frontal de la Calle Zepita

