

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**CONEXIÓN ENTRE LAS CICLOVÍAS DE LA AVENIDA AREQUIPA
Y LA AVENIDA SALA VERRY MEDIANTE EL REDISEÑO DEL
JIRÓN PABLO BERMUDEZ**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Jeff Kevin Munarriz Noa

ASESOR:

Felix Israel Cabrera Vega

Lima, Setiembre, 2020

RESUMEN

El presente proyecto de ingeniería se enfoca en el estudio del jirón Pablo Bermudez ubicado en el distrito de Jesús María con el objetivo de mejorar las condiciones de circulación de los ciclistas y peatones dentro de ella. Se analizaron los diversos problemas actuales de la vía relacionados a la gestión de tráfico y posteriormente se buscó plantear mejoras. Asimismo, se planteó el rediseño de la intersección e implementación de un sistema de semaforización entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Máximo Abril. Este estudio fue desarrollado en 5 etapas.

En primer lugar, se recolectaron los datos de campo (flujo vehicular, flujo de ciclistas, flujo peatonal, geometría, etc.) mediante filmaciones y mediciones. Con los datos de campo se determinó el tipo de vía adecuado para ciclistas a implementarse. En segundo lugar, se procesaron los datos de campo en el programa computacional Vissim 8 para la construcción del modelo de la intersección semaforizada. En tercer lugar, se realizó la calibración del modelo mediante un análisis estadístico con el objetivo de comprobar si el programa representaba correctamente la intersección en estudio. En cuarto lugar, se efectuó la validación del programa mediante un nuevo análisis estadístico ante nuevos datos de campo con el fin de evaluar si el modelo funcionaría para replicar condiciones en diversos escenarios en el lugar de estudio. En quinto lugar, se procedió a evaluar los resultados con respecto a la geometría y gestión de tránsito.

El análisis geométrico de la vía (distribución de carriles, cruces peatonales, islas de refugios, etc.) se realizó mediante el uso de manuales y guías de diseño. El análisis de las condiciones de circulación de la intersección en estudio fue mediante parámetros importantes que brinda el programa mencionado tales como tiempos de viaje, demora y velocidad promedio. Luego de los resultados obtenidos se puede concluir que un correcto estudio del diseño vial puede evitar el congestionamiento vehicular como también posteriores rediseños que satisfagan las necesidades de cada usuario de la vía. Finalmente, el modelo realizado en el programa Vissim 8 fue representativo a las condiciones de circulación del lugar de estudio y sirvió para poder analizar los diseños anteriores a la construcción vía virtual evitando así posibles problemas o deficiencias.

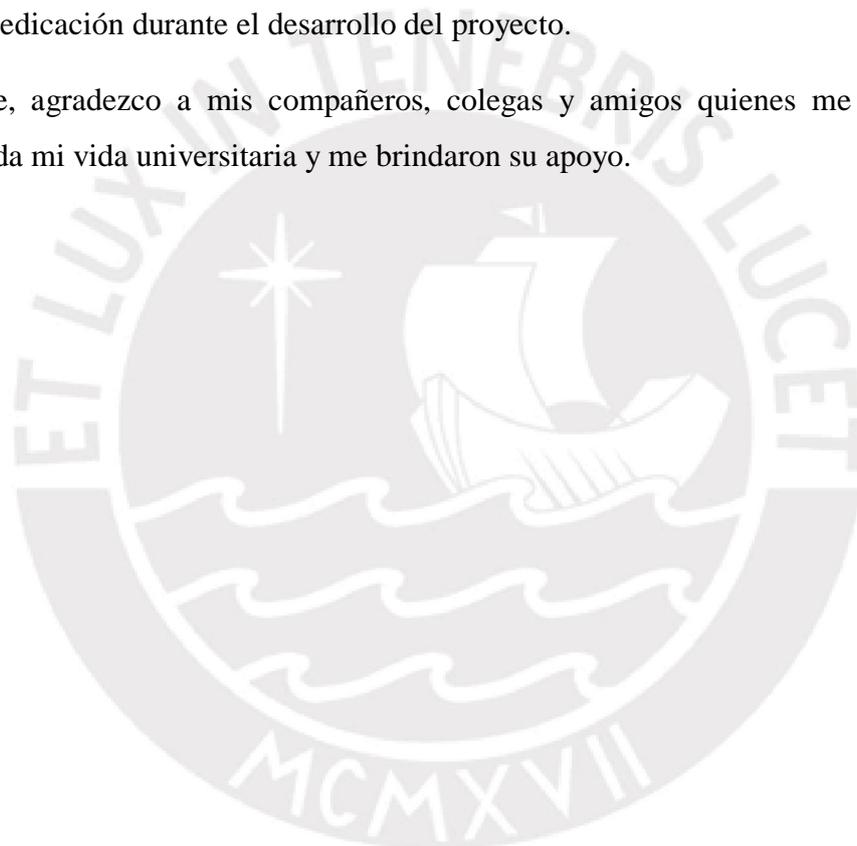
AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por brindarme salud y permitirme tener a mi lado a todas las personas que me brindaron su apoyo.

Un especial agradecimiento a mis padres por brindarme su apoyo incondicional, sus oraciones y consejos en todo momento. A mis hermanos por guiarme. A mis tíos y abuelos por cuidarme.

Así mismo, agradezco al Ing. Felix Cabrera, asesor de mi tesis, por brindarme su apoyo, tiempo y dedicación durante el desarrollo del proyecto.

Finalmente, agradezco a mis compañeros, colegas y amigos quienes me acompañaron durante toda mi vida universitaria y me brindaron su apoyo.

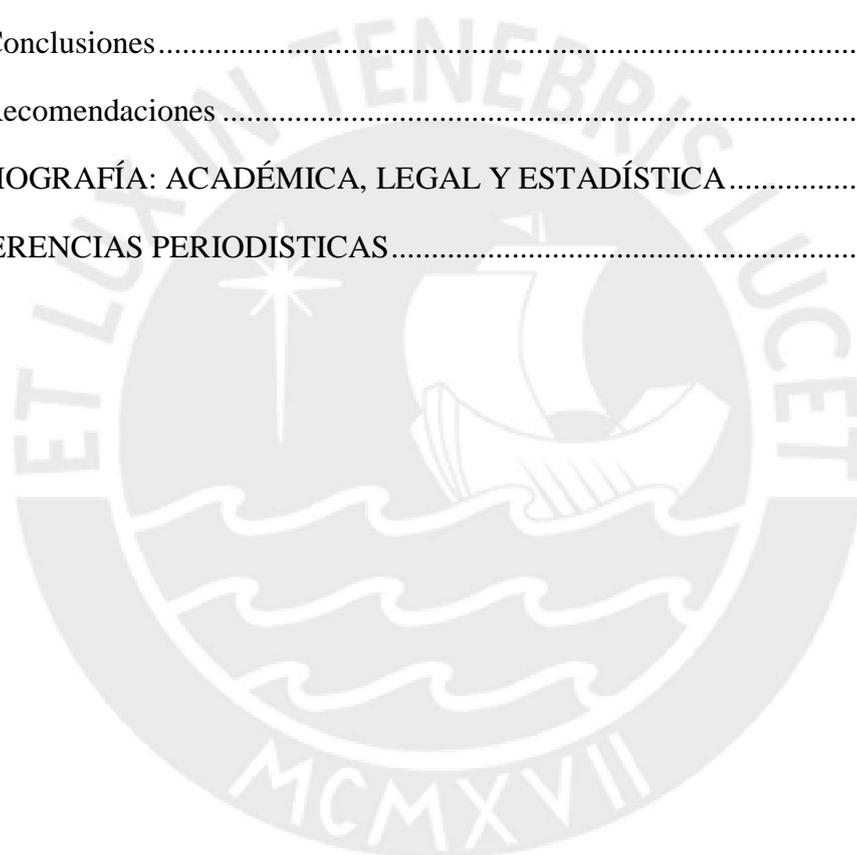


ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	5
1.2. Objetivo Específicos	5
1.3. Justificación	5
1.4. Alcance y limitaciones	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Conceptos generales	10
2.1.1. Espacio público	10
2.1.2. Bicicleta	11
2.1.3. Red de infraestructura ciclovial	12
2.1.4. Vías no segregadas o compartidas	15
2.1.5. Vías segregadas	17
2.1.6. Intersecciones	19
2.2. Consideraciones generales en intersecciones	26
2.2.1. Campo de visión	26
2.2.2. Línea de deseo del ciclista	26
2.3. Manuales y guías de diseño de vías urbanas	27
2.3.1. Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva	27
2.3.2. National Association of City Transportation Officials (NACTO)	27
2.4. Comparación y análisis de criterios de manuales y guías presentados	29
2.4.1. Parámetros generales	29
2.4.2. Espacios mínimos de vías	31
2.4.3. Espacios recomendados de vías	32
2.4.4. Velocidad máxima permitida y volumen vehicular por día	33

2.5.	Consideraciones de Señalización y Semaforización.....	33
2.6.	Casos ejemplares de rediseño de vías e implementación de ciclovía	35
2.6.1.	Fulton Street, Berkeley, California, EE.UU	35
2.6.2.	Avenida Larco, Lima, Perú	36
2.6.3.	Avenida Acueducto, Morelia, México	38
3.	METODOLOGÍA	39
3.1.	Herramientas.....	40
3.1.1.	Videograbación.....	41
3.2.	Procedimientos.....	41
3.2.1.	Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva	42
3.2.2.	Urban Bikeway Design Guide - NACTO.....	42
3.2.3.	Modelo de intersección seleccionada en VISSIM 8.....	43
4.	ANÁLISIS VIAL.....	46
4.1.	Características propias de la vía.....	46
4.2.	Problemas actuales.....	47
4.3.	Mediciones.....	51
4.3.1.	Flujo peatonal.....	52
4.3.2.	Flujo de ciclistas.....	53
4.3.3.	Flujo vehicular.....	53
4.4.	Planificación	54
4.5.	Consideraciones.....	56
5.	MODELO ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO CON VISSIM.....	57
5.1.	Análisis y ordenamiento de datos	57
5.1.1.	Datos de entrada	57
5.1.2.	Tiempos del semáforo	59
5.1.3.	Reglas de prioridades	59
5.2.	Calibración del modelo.....	60

5.3. Validación del modelo	63
6. PROPUESTA DE REDISEÑO	64
6.1. Rediseño geométrico del jirón Pablo Bermudez.....	64
6.2. Propuesta de semaforización	65
6.3. Rediseño de la intersección de estudio	66
7. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS	68
Evaluación y análisis de resultados.....	68
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
8.1. Conclusiones.....	73
8.2. Recomendaciones	75
9. BIBLIOGRAFÍA: ACADÉMICA, LEGAL Y ESTADÍSTICA.....	76
10. REFERENCIAS PERIODÍSTICAS.....	80



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Perú: Producto Bruto Interno y tasa promedio anual de crecimiento 1950-2016..	1
Figura 2. Venta de vehículos nuevos en la última década (Unidades y variación anual)	2
Figura 3. Ciclovías actuales dentro del área de estudio y propuesta de implementación de ciclovía en el Jirón Pablo Bermudez – Jesús María.....	4
Figura 4. Ciclovías actuales en Lima, exclusivas y compartidas.....	6
Figura 5. Resultados de modos de transporte en Lima y Callao.....	7
Figura 6. Situación actual del jirón Pablo Bermudez	8
Figura 7. Vista actual del jirón Pablo Bermudez	9
Figura 8. Jerarquía de importancia de la movilidad urbana.....	11
Figura 9. Modelo de red de infraestructura ciclovial.....	12
Figura 10. Creación intuitiva y ponderación de líneas de deseo origen destino.....	13
Figura 11. Recomendaciones para decisiones de segregación o integración.....	14
Figura 12. Porcentajes de viajes realizados en bicicleta y km de infraestructura ciclista ...	15
Figura 13. Vía compartida, Calle de Postas, Vitoria-Gasteiz, España.....	16
Figura 14. Valencia St. San Francisco, California.....	16
Figura 15. Hornby St 800, Vancouver Downtown, Canadá.....	17
Figura 16. Cicloacera unidireccional, Bulevar H. C. Andersens, Copenhague, Dinamarca	18
Figura 17. Ciclosenda - Cycle Trails Great Rides, New Zealand.....	18
Figura 18. Principios de las intersecciones.....	20
Figura 19. Intersecciones principales existentes.....	21
Figura 20. Intersecciones principales reconstruidas	21
Figura 21. Intersección de una vía principal (1) con una vía secundaria (2).....	22
Figura 22. Intersecciones secundarias reconstruidas	22
Figura 23. Intersecciones elevadas	22

Figura 24. Intersecciones con mini rotonda.....	24
Figura 25. Intersecciones complejas.....	24
Figura 26. Variedad de tipos de intersección a nivel.....	24
Figura 27. Campo de visión libre de obstáculos en intersecciones	25
Figura 28. Línea de deseo (giro directo) vs ruta obligada (giro indirecto).....	26
Figura 29. Propuesta (NACTO, 2011).....	28
Figura 30. Guías de diseño NACTO	29
Figura 31. Espacio libre requerido por un ciclista urbano.....	29
Figura 32. Espacio libre requerido por dos o más ciclistas urbanos.....	30
Figura 33. Fulton Street N°2300	34
Figura 34. Rediseño de Fulton Street N°2300.....	35
Figura 35. Modelo de rediseño de Fulton Street N°2300.....	35
Figura 36. Avenida Larco 700.....	36
Figura 37. Rediseño de Avenida Larco 700	36
Figura 38. Avenida Acueducto antes y después del rediseño (distancias en metros).....	38
Figura 39. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto	39
Figura 40. Videocámara Sony HDR-CX405	40
Figura 41. Diagrama de flujos VISSIM aplicada	43
Figura 42. Metodología propuesta para la microsimulación del proyecto	44
Figura 43. Fases del modelo de Wiedemann.....	45
Figura 44. Vista satelital del jirón Pablo Bermudez.....	46
Figura 45. Panadero en triciclo.....	47
Figura 46. Líneas de deseo	47
Figura 47. Problemas actuales	48
Figura 48. Automóviles estacionados en el carril derecho.....	48
Figura 49. Automóvil abandonado tiempo indefinido.....	48
Figura 50. Tráfico generado por ingreso de vehículo de emergencia al policlínico.....	49

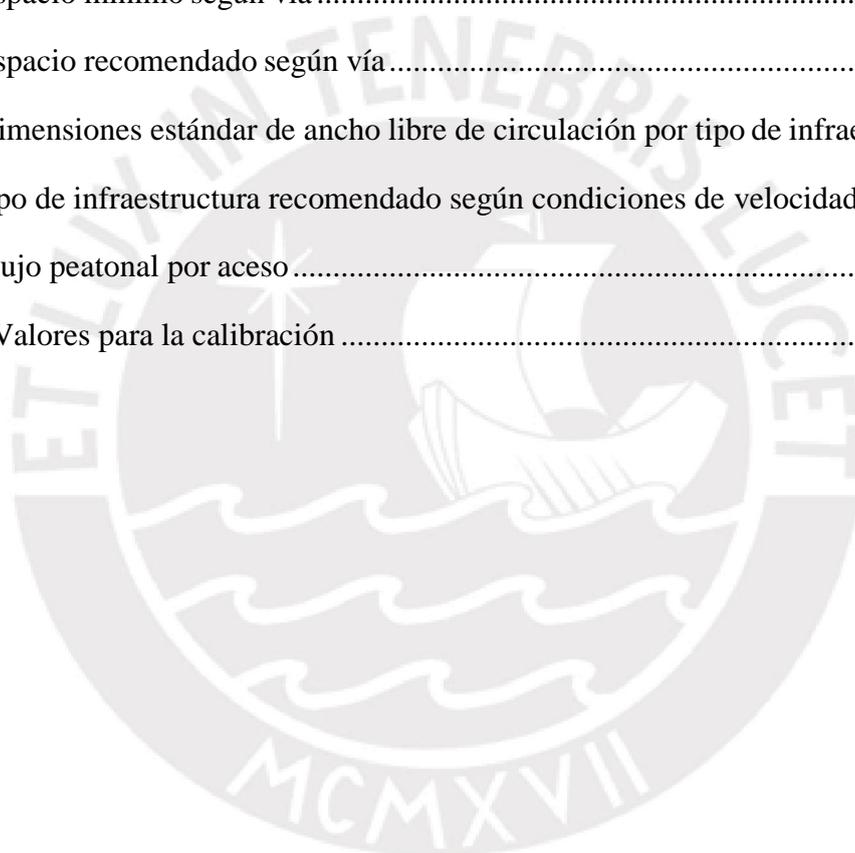
Figura 51. Falta de mantenimiento en señalización horizontal	49
Figura 52. Discontinuidad de vía para personas de movilidad reducida	50
Figura 53. Congestión vehicular en la intersección jirón Pablo Bermudez.....	51
Figura 54. Distribución actual del jirón Pablo Bermudez	51
Figura 55. Líneas de cruce peatonal por accesos.....	52
Figura 56. Gráfico de dispersión del flujo de ciclistas registrado	53
Figura 57. Gráfico de dispersión del flujo vehicular registrado	54
Figura 58. Señalización de ciclovía.....	55
Figura 59. Medidas consideradas para la señalización.....	55
Figura 60. Señales reguladoras o de reglamentación.....	56
Figura 61. Señales preventivas al conductor motorizado y al ciclista respectivamente	57
Figura 62. Entrada de vehículos	58
Figura 63. Entrada de peatones.....	58
Figura 64. Asignación de ruta del jirón Pablo Bermudez.....	58
Figura 65. Ciclo semafórico	59
Figura 70. Tramo elegido para la calibración.....	60
Figura 71. Análisis estadístico para la calibración	62
Figura 72. Análisis estadístico para la validación	63
Figura 73. Sección transversal actual del jirón Pablo Bermudez	64
Figura 74. Sección transversal rediseñada del jirón Pablo Bermudez.....	65
Figura 75. Fases y tiempos de semáforo de la propuesta	65
Figura 76. Intersección estudiada actual.....	66
Figura 77. Rediseño de la intersección estudiada.....	66
Figura 78. Intersección rediseñada en Vissim.....	67
Figura 79. Tiempos de viaje (s) en el jirón Pablo Bermudez	68
Figura 80. Análisis estadístico de tiempos de viaje de vehículos y peatones.....	69
Figura 81. Análisis estadístico de tiempos de viaje de ciclistas	69

Figura 82. Demoras en el jirón Pablo Bermudez.....	70
Figura 83. Análisis estadístico de demoras de vehículos y peatones respectivamente.....	70
Figura 84. Análisis estadístico de demoras de ciclistas	70
Figura 85. Velocidad promedio en el jirón Pablo Bermudez	71
Figura 86. Análisis estadístico de velocidad promedio de vehículos y peatones	72
Figura 87. Análisis estadístico de velocidad promedio de ciclistas.....	72



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lima Metropolitana: población total censada y población inmigrante.....	3
Tabla 2. Principales actores en el desarrollo del uso de bicicletas en Lima, Perú.....	6
Tabla 3. Tipo de intersección a nivel.....	25
Tabla 4. Espacio requerido independiente del tipo de vía	31
Tabla 5. Espacio mínimo según vía	31
Tabla 6. Espacio recomendado según vía.....	32
Tabla 7. Dimensiones estándar de ancho libre de circulación por tipo de infraestructura ..	33
Tabla 8. Tipo de infraestructura recomendado según condiciones de velocidad y volumen	33
Tabla 9. Flujo peatonal por aceso	52
Tabla 10. Valores para la calibración	61



1. INTRODUCCIÓN

Lima, la capital del Perú, es una ciudad que presenta deficiencias con respecto al planeamiento vehicular en el ámbito urbano. En los últimos años, el parque automotor ha crecido de manera acelerada (Scotiabank, 2018), y esto se debe, principalmente, a que está directamente relacionado al incremento del Producto Bruto Interno – PBI detallado en INEI (2017).

En la figura 1 se muestra el PBI de la economía peruana entre los años 1950 y 2016 en el cual se presenta un crecimiento de un 3.9% a tasa promedio anual. Además, se observa que hubo un decremento de la tasa PBI desde el 2013 al 2016.

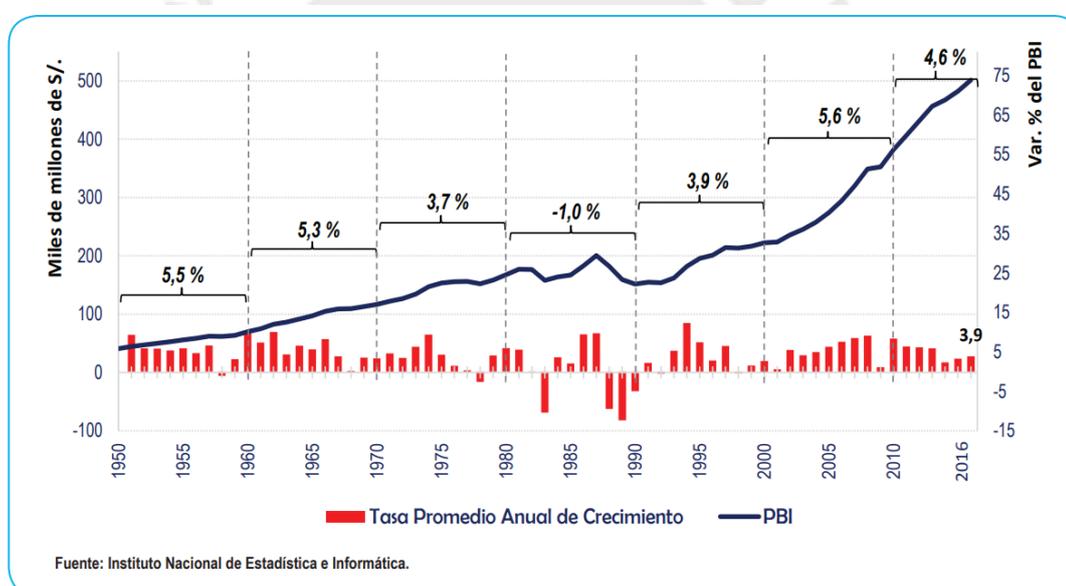


Figura 1. Perú: Producto Bruto Interno y tasa promedio anual de crecimiento 1950-2016

Fuente: INEI (2017)

En la figura 2 se puede observar, asimismo, una reducción en ventas de vehículos durante los mismos años reflejando una relación directa mencionada previamente.

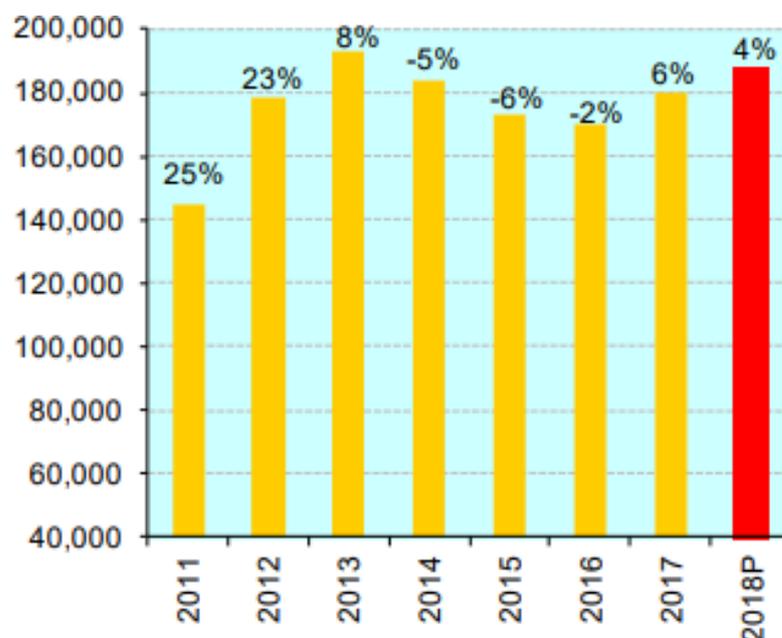


Figura 2. Venta de vehículos nuevos en la última década (Unidades y variación anual)

Fuente: Scotiabank (2018)

Por otro lado, el movimiento migratorio desde los departamentos del interior del país hacia Lima Metropolitana desde los años 70 originó que más individuos se trasladen por diferentes medios de transporte hacia sus lugares de residencia, trabajo, ocio, entre otros (De Rus, Campos y Nombela, 2003).

Algunas empresas, por contraste, empezaron a necesitar más transporte para el envío o recepción de materias primas, productos procesados o finales, así como también para desarrollar alguna actividad en específico. El crecimiento poblacional, la demanda de transporte por parte de las empresas y el movimiento de las personas mediante el turismo definieron al transporte como uno de los elementos principales en la vida diaria (De Rus et al., 2003).

A continuación, se muestra, en la tabla 1, el movimiento migratorio hacia Lima Metropolitana durante los años 1940 y 2007. Se puede observar una tasa de crecimiento importante del 6.2% hacia la década de los 70.

Tabla 1. Lima Metropolitana: población total censada y población inmigrante de toda la vida, 1940-2007

Años	Población	Inmigrante		
		Absoluto	%	Tasa de crecimiento
1940	645 712	231 000	35.8	
1961	1 845 910	822 598	44.6	6.2
1972	3 302 523	1 512 093	45.8	5.7
1981	4 573 227	1 883 242	41.2	2.4
1993	6 321 173	2 390 422	37.8	2.0
2007	8 472 925	2 755 222	32.5	1.0

Fuente: Adaptado de INEI (2009)

Lima Metropolitana resulta la ciudad con más vehículos motorizados circulando (1'752.91), representando el 66% de vehículos del parque automotor al 2016 en todo el Perú. Es decir, más de la mitad de vehículos que circulan en el país por vías y carreteras se presentan en la capital (Posada, 2018).

El aumento del parque automotor agravia a su vez la contaminación ambiental y sonora del lugar; y su planificación es cuestionable, en efecto se observa industrias próximas a zonas residenciales (Posada, 2018).

El crecimiento del parque automotor implicó, en un inicio, consideró ampliar la capacidad de las vías mediante su replanteo con el fin de reducir la congestión vehicular, en muchas ocasiones aumentar carriles y en otras, limitar el tránsito de vehículos mediante carriles exclusivos (Bull, 2013).

Si se define un número determinado de usuarios que usan una infraestructura y se aumentase la capacidad de la misma no necesariamente se reducirá la congestión vehicular por más intuitivo que parezca (Sánchez y De Palma, 2013). A este fenómeno se le denominó la paradoja de Braess (1968) y (Braess et al., 2005).

El aumento de la capacidad de infraestructura vial en la capital no consideró el uso de vehículos no motorizados como las bicicletas hasta antes de los años ochenta.

El primer gran acontecimiento para el desarrollo de la movilidad en bicicleta en Lima Metropolitana fue la inauguración de la primera ciclovía de Lima en la Panamericana Norte en el año 1989 a cargo del Dr. Luis Castañeda Lossio (MTC, 2015).

En vías secundarias como avenidas de menor tránsito, calles, jirones y pasajes, se percibe en ocasiones la ampliación de las mismas mas no el respectivo seguimiento. En estas vías se encuentran carriles por los cuales no circulan vehículos debido al uso incorrecto de los mismos como estacionamientos informales, estacionamientos para vehículos abandonados, paraderos informales de taxis, entre otros.

El jirón Pablo Bermudez, en el distrito de Jesús María, es un claro ejemplo de una vía secundaria con un carril no utilizado correctamente, en donde potencialmente se podría implementar una ciclovía a modo de mejorar el nivel de servicio de los ciclistas que transitan entre las avenidas Arequipa y Salaverry.

En el presente proyecto de ingeniería se plantea rediseñar esta vía de 510 metros modificando un carril inutilizado mediante la implementación de una ciclovía del sentido este-oeste con su respectiva protección física para los ciclistas, además del análisis y propuesta de semaforización de la intersección con la Avenida Maximo Abril.



Figura 3. Ciclovías actuales dentro del área de estudio y propuesta de implementación de ciclovía en el Jirón Pablo Bermudez – Jesús María

Fuente: Adaptado de Google Maps (visitado 27/10/18)

1.1. Objetivo General

Mejorar las condiciones de circulación de los ciclistas y peatones en el jirón Pablo Bermudez en el distrito de Jesús María, Lima, Perú.

1.2. Objetivo Específicos

En primer lugar, brindar continuidad a las ciclovías de la avenida Arequipa y la avenida Salaverry mediante el replanteo del diseño actual de la vía estudiada. En segundo lugar, mejorar la intersección entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Máximo Abril a través de su rediseño, señalización e implementación de fase semafórica.

1.3. Justificación

El rediseño del jirón Pablo Bermudez se sustenta principalmente en la mejora del servicio brindado a los peatones y ciclistas de la vía mediante el fortalecimiento de la red de infraestructura ciclovial con la conexión entre las ciclovías de la avenida Arequipa y Salaverry beneficiándose todos los usuarios de estas vías.

Debido al incremento del parque automotor, cada vez más las personas buscan medios de transporte alternativos. Debido a esto, el uso de la bicicleta como medio de transporte no motorizado en Lima se ha incrementado mediante su incentivación por medio de proyectos y planes. Los aportes que contribuyen a este desarrollo provienen de vertientes técnicas, financieras, civiles, gubernamentales y no gubernamentales (MTC, 2015), los cuales se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Principales actores en el desarrollo del uso de bicicletas en Lima, Perú

Internacionales	Nacionales	ONG y activistas
Banco mundial	FONAM, Fondo Fondo Nacional del Ambiente	Ciclored, Centro de Asesoría y Capacitación para el Transporte y Ambiente
Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF)	Programa Especial Metropolitano de Transporte No Motorizado, Municipalidad de Lima (PEMTNM)	Cicloaxion, colectivo de ciclistas
Organización Panamericana de la Salud (OPS)		Fundación Transitemos
GIZ, Agencia alemana de cooperación internacional		Lima Como Vamos
CAF-banco de desarrollo de América Latina		Mobilis
		Cruzada Vial

Fuente: Adaptado de MTC (2015)

A finales de año 2017, Lima presentaba 55 ciclovías desconectadas en total en sus 14 distritos. Asimismo, el 47,1% de las personas tardaban en desplazarse a su trabajo u oficio entre 31 minutos a una hora y media (Lima Cómo Vamos, 2017).

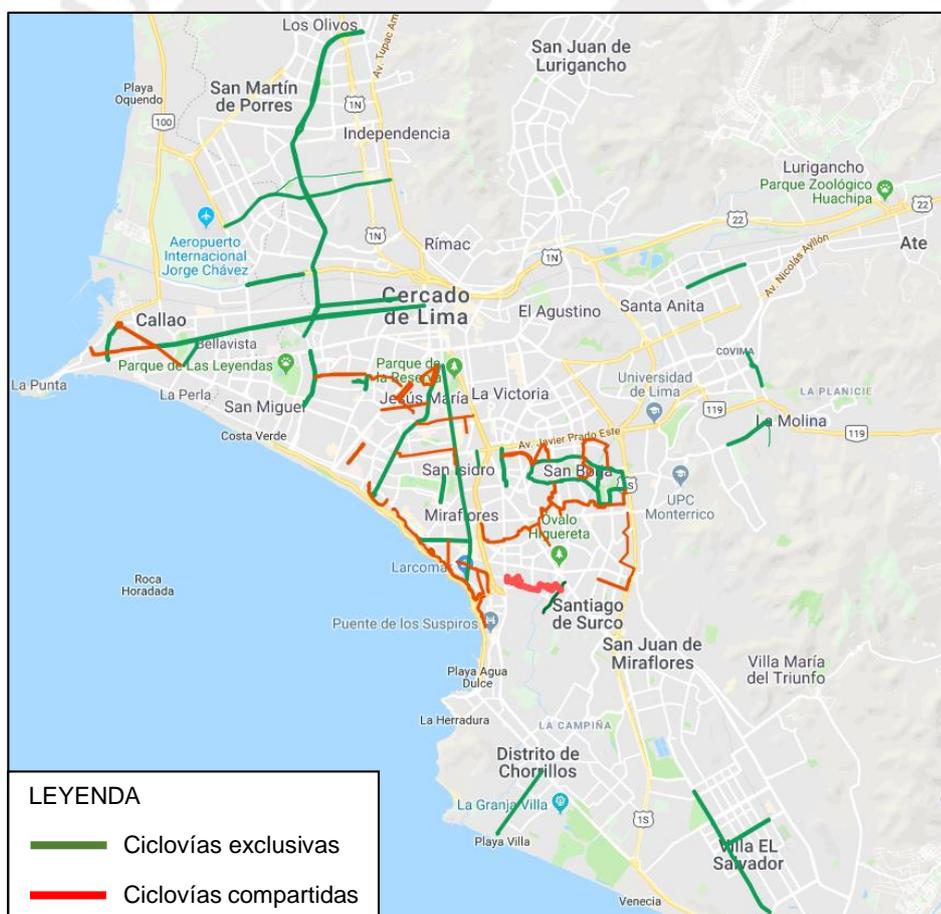


Figura 4. Ciclovías actuales en Lima, exclusivas y compartidas (de color verde y rojo respectivamente)

Fuente: Google Maps Ciclovías de Lima y Callao 2017 (visitado 29/10/18)

Además, los resultados de la encuesta de Lima Cómo Vamos (2017) indicaron que el principal modo de transporte en Lima Metropolitana es el transporte público como se muestra en la figura 5; sin embargo, si se considera el modo de transporte empleado para trasladarse por estudio o trabajo, la caminata es el más utilizado seguido por la bicicleta. Esto incita a brindar importancia en considerar una mejora sustancial del espacio público.

¿Cómo se moviliza principalmente para ir a su trabajo, oficina o centro de estudio? Lima Metropolitana y Callao, 2017.						
	Transporte colectivo		Transporte individual		Transporte no motorizado	
LIMA	73.4%		16.3%		8.9%	
	Bus	37.4%	Automóvil propio	10.4%	Caminata	8.1%
	Combi o cúster	28.3%	Mototaxi	2.8%	Bicicleta	0.8%
	Metropolitano	2.6%	Motocicleta	1.7%		
	Colectivo	2.2%	Taxi	1.4%		
	Corredores Complementarios	1.6%				
	Metro de Lima	1.5%				
CALLAO	67.5%		18.7%		13.8%	
	Bus	31.1%	Automóvil propio	9.6%	Caminata	12.4%
	Combi o cúster	30.1%	Mototaxi	3.8%	Bicicleta	1.4%
	Colectivo	5.3%	Taxi	2.9%		

Base: Total de entrevistados que estudia y/o trabaja fuera de casa

Nota: Los porcentajes menores a 2.24% se encuentran dentro del margen de error. En Callao, los viajes principales en Metro de Lima y Corredores Complementarios no fueron mencionados como modo principal, lo que no implica que no se den, sino que se encuentran dentro del margen de error.

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 5. Resultados de modos de transporte en Lima y Callao

Fuente: Encuesta "Lima Cómo Vamos" 2017

A continuación, en la figura 6 se muestra la situación actual del jirón Pablo Bermudez y se observa que un carril no es utilizado correctamente. La propuesta de diseño de la vía estudiada se presenta con más detalle en el capítulo 6.



Figura 6. Situación actual del jirón Pablo Bermúdez

Fuente: Fotografía propia

1.4. Alcance y limitaciones

El presente proyecto contempla el rediseño del jirón Pablo Bermúdez de 10.8m de ancho con 4 carriles. Se plantea modificar un carril no utilizado de 2.7m de ancho de la vía mediante la implementación de una ciclovía por el lado derecho con sentido este-oeste. La ciclovía implementada mide 2 metros de ancho y 70 cm de protección física. Esta ciclovía es de un solo sentido, con punto de partida la Avenida Arequipa y de punto de llegada la Avenida Salaverry. Además de la propuesta de semaforización de la intersección con la avenida Maximo Abril.

La recolección de datos para el nuevo diseño de vía se obtuvo del estudio vial del jirón Pablo Bermúdez durante los primeros dos meses del año 2019. Debido a que durante este periodo de tiempo se presenta la etapa de vacaciones académicas, la demanda vehicular, el tránsito de peatones y ciclistas es diferente al resto del año. En este sentido es posible variar la semaforización propuesta para una diferente demanda para el resto del año.

Sin embargo, la demanda vehicular presente en la vía no variará considerablemente por el rediseño, debido a que el proyecto se enfoca en la modificación de un carril no utilizado potencialmente apto para su sustitución e incorporación de una ciclovía.

El rediseño del jirón Pablo Bermudez respeta la disposición actual de las áreas verdes, postes, jardines laterales, límites de propiedad, accesos, estacionamientos, ancho de veredas y carriles existentes. Además, se contempla como alcance el ciclo semafórico de la intersección de la vía en mención con la Avenida Maximo Abril.



Figura 7. Vista actual del jirón Pablo Bermudez
Fuente: Extraído de Google Maps (visitado 27/11/18)

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La justificación, el análisis y la propuesta en mención utilizan diversos principios, y conceptos que, a manera de situar al lector, serán definidos a continuación.

2.1. Conceptos generales

2.1.1. Espacio público

El espacio público es aquel espacio ordenado por la autoridad pública que administra las condiciones para la correcta utilización del mismo, asegurando la accesibilidad y movilidad de todos los usuarios (Borja, 2003).

Este concepto se relaciona directamente en el ambiente urbanístico y político. Por un lado, el ambiente urbanístico comprende todo tipo de infraestructura no privada tales como calles, plazas y parques. Por otro lado, el ambiente político asocia un entorno de discusión democrática libre para todos los usuarios (Aramburu, 2008).

Según Borja y Muxí (2000), se puede definir la calidad de una ciudad y su población partiendo desde la calidad de sus espacios públicos hasta como los usuarios los mantienen y cuidan, así como las autoridades delegadas en su conservación.

Es importante que el espacio público se interprete como una obra de calidad de entorno, la visibilidad de sus formas, su diseño y materiales, así como también la adaptabilidad de su función en el transcurso del tiempo (Borja, 2003).

De esta manera, podemos definir como espacio público a todo elemento que es parte del entorno construido como las calles, edificios, plazas o barreras. Mientras que la vida pública abarca de manera más amplia toda actividad que tenga como lugar un espacio público (Gehl y Svarre, 2013).

Por ello, la nueva concepción de la movilidad establece la existencia de una jerarquía de la movilidad urbana, como se puede observar en la figura 8, en la cual se prioriza a los peatones como principales usuarios y sitúa a los automóviles como movilidad urbana menos deseable.

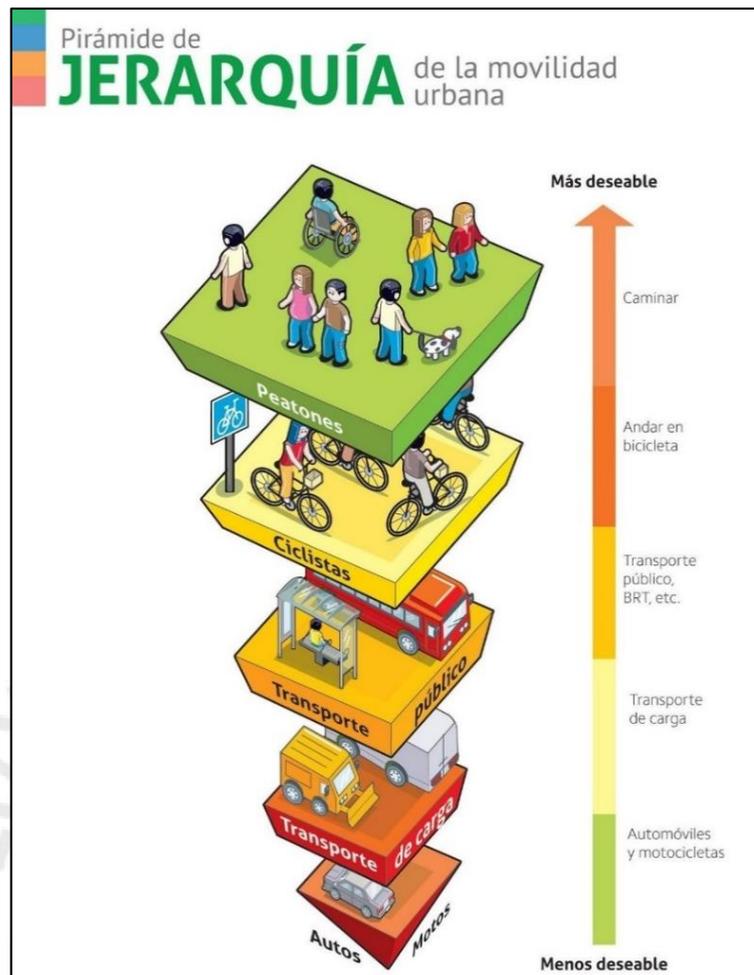


Figura 8. Jerarquía de importancia de la movilidad urbana

Fuente: Adaptado de Ciclovías México – ITDP (2014)

2.1.2. Bicicleta

La bicicleta es un tipo de vehículo que no requiere de espacios grandes para su respectivo uso, además de ser versátil y liviano. Dependiendo de las características y dimensiones de las bicicletas se define el espacio necesario para su correcta circulación (MML, 2017).

La bicicleta puede ser utilizado como medio de transporte en condiciones de congestionamiento vehicular y brinda diversos beneficios por ser saludable, económico, accesible, ecológico y de fácil manejo. Con respecto al ámbito ecológico, este medio de transporte utiliza un bajo consumo de energía. Al trasladarse en bicicleta por la ciudad, una persona utiliza 25 veces menos energía en comparación al transporte público y 53 veces menos, al transporte motorizado (Lowe, 1989).

Con respecto al ámbito de la salud, el uso de la bicicleta entre 20 y 60 minutos al día durante tres a cinco días por semana brinda al usuario un buen estado físico. El deporte o ejercicio que se practica con la bicicleta bajo diversos ambientes como carreteras, pistas o montañas se define como ciclismo (Carmichael y Burke, 2004).

2.1.3. Red de infraestructura ciclovial

Según el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista (MML, 2017), una red de infraestructura ciclovial se define como el conjunto de vías, espacios urbanos e intersecciones que admiten un tránsito apropiado para la bicicleta. Este tipo de red comprende diversos tipos de vías agrupados según entorno, función y jerarquía, y admiten una conexión consistente entre vías locales, arteriales y colectoras.

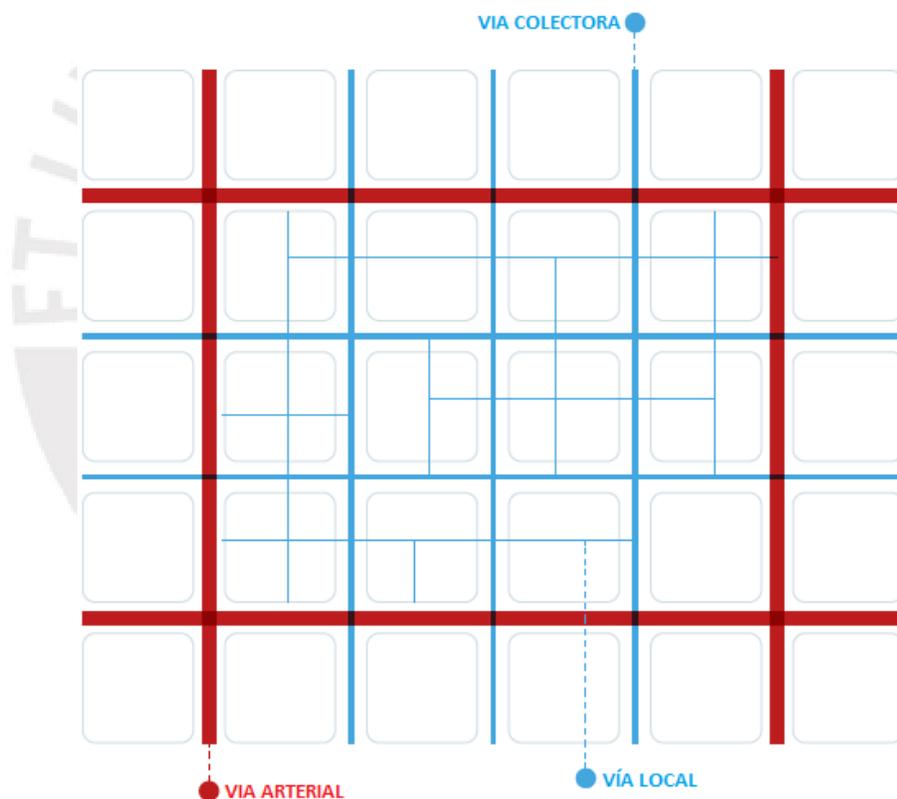


Figura 9. Modelo de red de infraestructura ciclovial

Fuente: Adaptado de MML (2017)

La definición, identificación y priorización de esta red se desarrollan a detalle por la autoridad de seguridad del transporte terrestre de Nueva Zelanda – *New Zealand Land Transport Safety Authority* (LTSA, 2004) y el planeamiento de integración de la bicicleta en el tráfico se resume en los siguientes cinco pasos importantes (Pettinga et al., 2009).

En primer lugar, elaborar un mapa base de viajes origen-destino, mostrado en la figura 10, en el cual además se incluya información sobre las zonas de uso de suelo, áreas de atracción como zonas comerciales, residenciales o de servicio público que generen viajes y líneas de deseo de los usuarios, es decir, tendencia de rutas transitadas por diversos factores.

En segundo lugar, identificar la infraestructura (ciclovías, parqueos de bicicletas, estaciones de bicicletas públicas), la cantidad de usuarios por zonas y además los lugares que involucren más accidentes en ciclistas.

En tercer lugar, identificar las principales barreras de infraestructura como autopistas, líneas de ferrocarril, áreas inseguras, entre otros e identificar las conexiones faltantes entre vías.

En cuarto lugar, evaluar y entender la demanda potencial de nuevos usuarios, mediante encuestas para el registro de perfiles de ciclistas (edad, género, intención de viaje, seguridad al viajar, origen-destino, distancia recorrida, entre otros).

En quinto lugar, definir y establecer las prioridades de una estructura de red de ciclovías utilizando métodos cuantitativos y cualitativos.

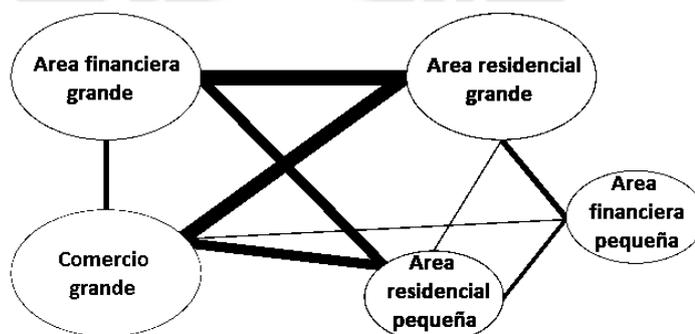


Figura 10. Creación intuitiva y ponderación de líneas de deseo origen destino

Fuente: Adaptado de Pettinga et al. (2009)

Los tipos y secciones de vía son definidos de acuerdo a su forma, función, uso e intensidad de flujo de ciclistas y se agrupan con la velocidad y volumen del flujo vehicular motorizado, para garantizar la seguridad a los usuarios de la vía.

Además, siempre se debe apreciar las necesidades de flujo de peatones por encima de los demás modos. Luego de identificar la funcionalidad y el uso de la vía se define su diseño que considera una separación entre los modos ciclista y motorizado, y se relaciona directamente proporcional al volumen y velocidad del flujo vehicular. Se fundamenta lo mismo para los espacios compartidos con peatones (MML, 2017).

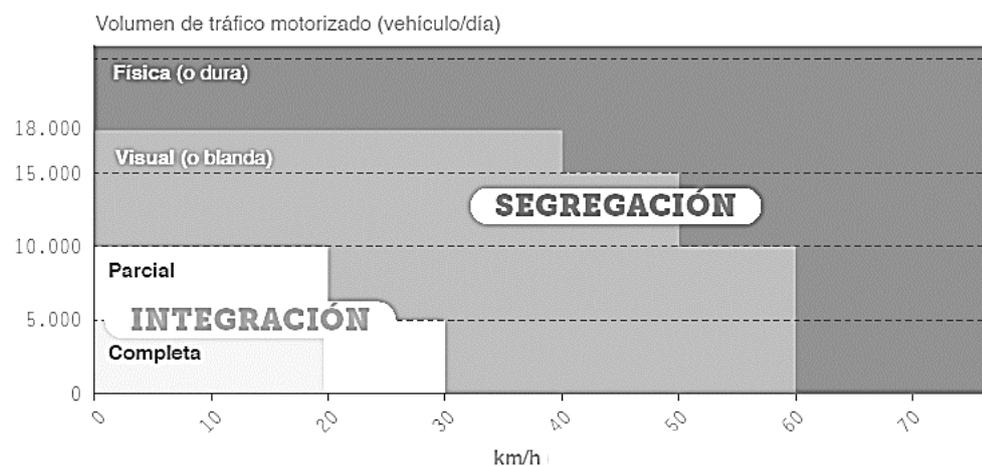


Figura 11. Recomendaciones para decisiones de segregación o integración según velocidad e intensidad de tráfico
Fuente: MML (2017)

La implementación de un tipo de infraestructura debe contemplar no solo las condiciones de entorno sino además la disposición del espacio (MML, 2017). Con respecto a una infraestructura ciclovial, se debe diseñar lo más próximo al carril de velocidad baja, deber ser unidireccional en el mismo sentido del flujo vehicular y poseer buena visibilidad en las intersecciones (ITDP y I-CE, 2011).

Según BID (2015), una infraestructura ciclovial debe tener un espacio libre, continuo, protegido de vehículos motorizados, y separado de los peatones con el fin de promover su respectivo uso.

De esta manera, es necesario mejorar la infraestructura ciclovial respetando las condiciones del entorno en beneficio de los usuarios. En la figura 12 se puede observar el uso importante de este medio de transporte de manera cuantitativa hasta el año 2015 en diferentes ciudades de América Latina y el Caribe.

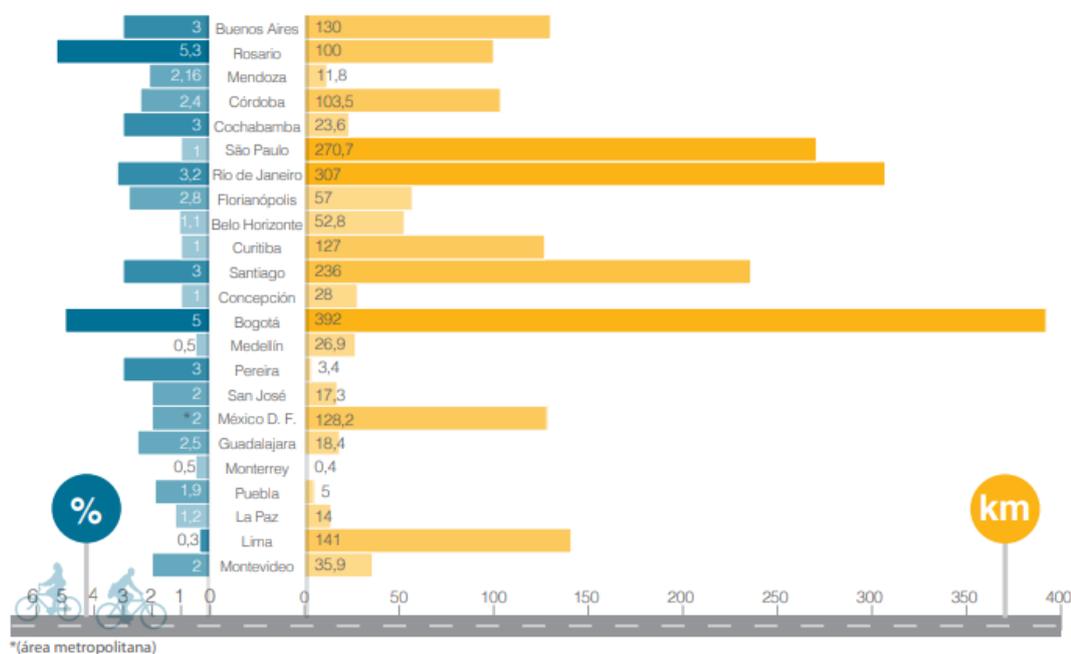


Figura 12. Porcentajes de viajes realizados en bicicleta y km de infraestructura ciclista

Fuente: BID (2015)

Es importante identificar y agrupar los tipos de vía que existen de acuerdo a las características del entorno. Las definiciones de los tipos de vías y su respectiva agrupación se realizan considerando la distribución planteada en el MML (2017) y complementada con la guía de diseño NACTO (2011). A continuación, se mencionan los dos grupos principales de vías.

2.1.4. Vías no segregadas o compartidas

Se denominan vías no segregadas o compartidas a aquellas vías en las cuales el ciclista puede trasladarse compartiendo el espacio con otros usuarios de vía y siempre en el sentido del flujo vehicular, también se consideran como las vías colectoras de la red principal (MML, 2017).

Vía compartida

La prioridad en ese tipo de vías es el ciclista, y este usuario puede circular por la calzada o centro del carril, sin necesidad de que los vehículos motorizados lo intenten sobrepasar a mayor velocidad o indicarle moverse hacia un extremo. Se requiere de señalización vertical y horizontal que muestre la velocidad y prioridad del ciclista (MML, 2017).



Figura 13. Vía compartida, Calle de Postas, Vitoria-Gasteiz, España

Fuente: Extraído de Google Maps (visitado 27/11/18)

Ciclocarril

El ciclocarril también se le denomina como carril bici o ciclobanda. Este tipo de vía es señalizado para el uso exclusivo o preferencial de los ciclistas. A diferencia de una cicloavía, no tiene barrera física (bordes elevados, postes, entre otros) que lo separe del carril de vehículos motorizados (NACTO, 2011), como se muestra a continuación en la figura 14.

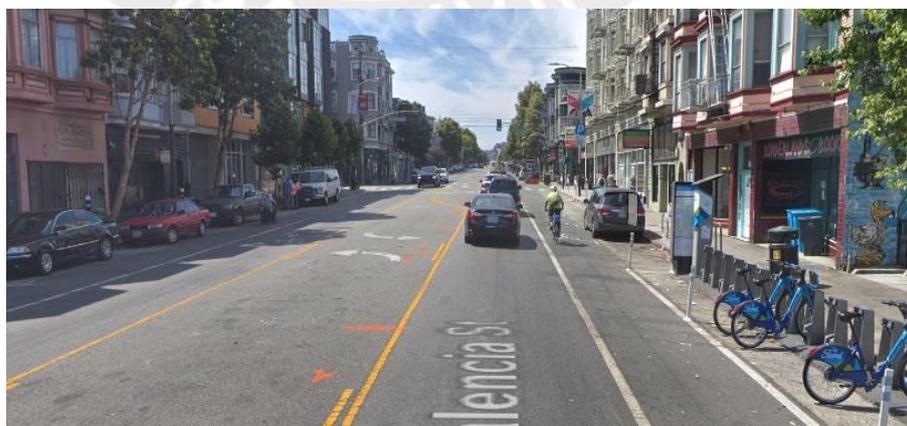


Figura 14. Valencia St. San Francisco, California

Fuente: Extraído de Google Maps (visitado 10/11/18)

Generalmente, un ciclocarril es diseñado en la misma dirección del flujo vehicular, sin embargo, en ocasiones, es posible diseñarlo en dirección de contraflujo solo en vías de bajo tráfico vehicular. Debido a la ausencia de protección física en esta vía se debe considerar cuidadosamente las características de la vía, así como su comportamiento con el fin de garantizar la seguridad de los ciclistas (NACTO, 2011).

2.1.5. Vías segregadas

Ciclovía

La ciclovía es una vía exclusiva para bicicleta separada físicamente de los demás modos de transporte, carriles de estacionamientos y aceras. Estas vías pueden ser de una sola dirección o bidireccionales, pueden estar al nivel de la calle, al nivel de la acera o a un nivel intermedio. Debido a que se encuentra separado brinda un mayor nivel de seguridad para los ciclistas y es más atractivo para un amplio público (NACTO, 2011).

Asimismo, ECF (2002) señala que la ciclovía se considera como carril de una vía pública independiente en la que se admite tránsito de bicicletas, señalizada adecuadamente para su función.



Figura 15. Hornby St 800, Vancouver Downtown, Canadá

Fuente: Extraído de Google Maps (visitado 10/11/18)

Cicloacera y Ciclosenda

Según lo indicado por el Reglamento Nacional de Edificaciones, la planificación de cicloaceras y ciclosendas deben ser en ambientes de bajo flujo peatonal y contar con unas dimensiones suficientes con el fin de garantizar el traslado cómodo y seguro para los ciclistas y peatones.

Por un lado, en la planificación de cicloaceras es importante disminuir en lo posible los cambios de nivel y desarrollar cada intersección para evitar conflictos con otros usuarios de vía. Por otro lado, las ciclosendas, a diferencia de las cicloaceras, no se disponen en vías que comprendan otros medios de transporte sino se establecen en entornos como parques, malecones, alamedas, campos abiertos, entre otros (MML, 2017).

A continuación, se presenta en la figura 16 un ejemplo de cicloacera y en la figura 17 un ejemplo de ciclosenda.



Figura 16. Cicloacera unidireccional, Bulevar H. C. Andersens, Copenhague, Dinamarca

Fuente: Extraído de Google Maps (visitado 27/11/18)



Figura 17. Ciclosenda - Cycle Trails Great Rides, New Zealand

Fuente: <http://leapbooking.com/blog/what-are-the-nz-cycle-trails/> (visitado 27/11/18)

2.1.6. Intersecciones

Una intersección se define según FHWA (2006) como el área donde dos o más calles se unen o cruzan al mismo nivel. La intersección incluye las áreas necesarias para todos los modos de viajes: peatones, bicicletas, vehículos motorizados y tránsito. Por lo tanto, la intersección no solo incluye el pavimento, sino también las aceras adyacentes y las rampas en los bordes peatonales.

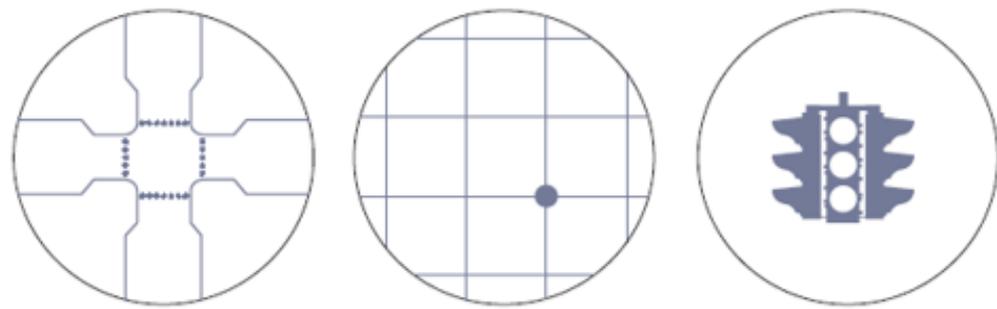
Según FHWA (2006), las intersecciones son una característica clave del diseño de calles debido a cuatro aspectos. En primer lugar, se tiene el enfoque de las actividades referidas a la regular concentración de viajes.

En segundo lugar, los movimientos en conflicto que indican centralización usual de cruce de peatones, movimientos de giro, vehículos y cruce de ciclistas. En tercer lugar, el control de tráfico asignado por dispositivos de control como señales de alto, ceda el paso y tráfico.

Finalmente, la capacidad referida al control de tráfico en la intersección que delimita la capacidad de vías de intersección, definida por el número de usuarios de vía que la utilizan dentro de un lapso de tiempo específico.

El diseño de una intersección debe ser de buena visibilidad para todos los usuarios, creando un ambiente en el cual los movimientos complejos del mismo se perciban seguros, intuitivos y fáciles. Este diseño debe promover el contacto visual entre peatones, ciclistas y conductores, y así de esta manera poder compartir efectivamente el espacio brindado (NACTO, 2011).

NACTO (2011) detalla los siguientes principios de las intersecciones, mostrados en la figura 18, como puntos de reuniones que funcionan correctamente para el uso de todos.



Diseñar intersecciones lo más compacto posible

Las intersecciones compactas reducen la exposición del peatón, disminuyen el tráfico cerca de los puntos de conflicto, e incrementan la visibilidad de todos los usuarios. Limitan la adición de líneas de giro dedicadas. Transforman largas y complejas intersecciones en una serie de pequeñas intersecciones. Use el comportamiento existente de los peatones y líneas de deseo para definir el diseño.

Analizar las intersecciones como parte de una red, no aislado

Las soluciones pueden ser encontradas a un nivel de corredor o red. Las compensaciones pueden algunas veces ser realizados entre la intersección y la red en términos de volumen de tráfico y capacidad.

Integrar tiempo y espacio

Reconfigurar las intersecciones en tiempo (a través de señalización) provee una alternativa frente a ensanchar intersecciones para resolver las demoras y congestión. Integre espacial y temporalmente estrategias de diseño de intersecciones a través de un proyecto.



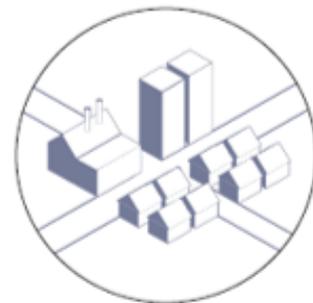
Las intersecciones son espacios compartidos

El objetivo de un diseño de intersección no es estrictamente reducir el número de conflictos para un usuario dado en un lugar seleccionado, sino crear un espacio en el que los usuarios son mutuamente cuidadosos con respecto al otro y visualmente y de manera predecible en sus acciones para reducir toda la tasa y severidad de colisiones.



Utilizar exceso de espacio como espacio público

Las plazas públicas provisionales y las mejoras de seguridad de bajo costo deberían ser utilizados para mejorar la vida pública y mitigar las preocupaciones de seguridad en el corto plazo.



Diseñar hacia el futuro

El diseño debe tener en cuenta los usos del suelo existente y futuro, así como la demanda proyectada e inducida de todos los usuarios. Los usuarios del suelo y generadores peatonales desempeñan un papel igualmente importante en la toma de decisiones sobre las intersecciones y se relacionan directamente con los deseos y objetivos de la comunidad circundante.

Figura 18. Principios de las intersecciones

Fuente: Adaptado de NACTO (2011)

La clasificación y definición de los tipos de intersecciones a continuación se basan en *The Urban Street Design Guide* de NACTO (2011).

Intersecciones principales

Se les denominan intersecciones principales a aquellas intersecciones entre dos vías principales que en su mayoría son vías arteriales. Esta intersección puede funcionar como un nodo y una barrera. Las longitudes de ciclo, las islas de seguridad para peatones y el diseño compacto presentados en la figura 20 son componentes preferibles de una intersección multimodal, sin embargo, se presenta dificultad para integrarlos al mismo tiempo.



Figura 19. Intersecciones principales existentes

Fuente: NACTO (2011)



Figura 20. Intersecciones principales reconstruidas

Fuente: NACTO (2011)

Intersecciones secundarias

Se definen como aquellas intersecciones entre vías generalmente colectoras.

Las intersecciones de las calles principales y secundarias usualmente carecen del mismo nivel de definición, claridad y seguridad que las intersecciones principales. Debido a esto se debe desarrollar un cambio tales como extensión de acera, redistribución de bordes en las esquinas y cruces elevados con el objetivo de situar al usuario en el tipo de vía que se encuentra como se observa en la figura 22.

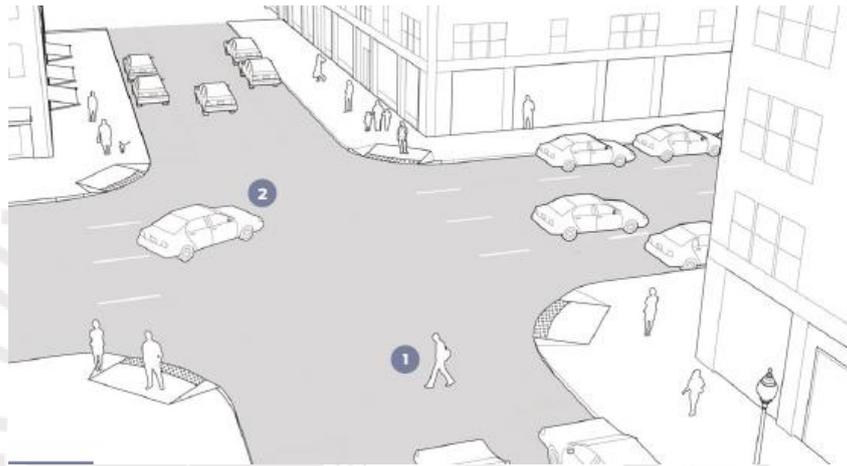


Figura 21. Intersección de una vía principal (1) con una vía secundaria (2)

Fuente: NACTO (2011)



Figura 22. Intersecciones secundarias reconstruidas

Fuente: NACTO (2011)

Intersecciones elevadas

Las intersecciones elevadas proveen un cruce seguro de baja velocidad y un espacio público en intersecciones menores. Así como los reductores de velocidad tipo resalto u otros elementos de control de velocidad, reducen las velocidades de los vehículos e incentivan a los conductores a ceder paso a los peatones tal como se observa en la figura 23.



Figura 23. Intersecciones elevadas

Fuente: NACTO (2011)

Intersecciones con mini rotonda

Las intersecciones con mini rotonda reducen las velocidades de los vehículos en los cruces de intersecciones menores como también de efectivos en intersecciones no controladas.

Estas intersecciones se pueden colocar en islas elevadas como también al nivel del pavimento. Sin embargo, se utilizan mejor junto a plantaciones o áreas verdes que embellecen la calle y el vecindario. Es importante tomar en consideración el radio de giro y ancho de carril disponible para la circulación del tráfico. Esta adaptación se puede observar en la figura 24 a continuación.



Figura 24. Intersecciones con mini rotonda

Fuente: NACTO (2011)

Intersecciones complejas

Las intersecciones complejas, en especial las ubicadas en centros urbanos o de cruce de varias avenidas principales, presentan un gran potencial para complacer la demanda de espacio público. No obstante, estas intersecciones, en su mayoría, presentan riesgo a la seguridad de todos los usuarios. El sistema de señalización para el flujo de tráfico tan complejo da como resultado retrasos para los usuarios, así como confusión a los conductores.

Debido a esto, se recomienda diseñar las intersecciones lo más posible a 90 grados, implementando calles en diferentes sentidos y restricciones de giro donde sea necesario. En la figura 25 se puede observar intersecciones complejas basados en situaciones reales.

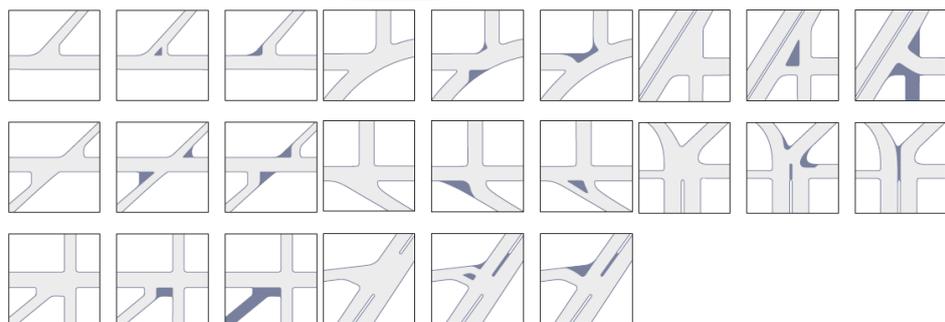


Figura 25. Intersecciones complejas

Fuente: NACTO (2011)

Asimismo, se presentan a continuación las características y la variedad de tipos de intersección a nivel según el manual de carreteras del Perú (DG, 2018).

Tabla 3. Tipo de intersección a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60° y 120°
En Y	tres	< 60° y > 120°
En X	cuatro	< 60°
En +	cuatro	> 60°
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Fuente: Adaptado de DG (2018)

		SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADAS	
DE TRES RAMALES	EMPALME EN T				
	EMPALME EN Y		CANALIZADAS		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +				
	INTERSECCION EN X				
				VEASE FIGURA 501.01	
ESPECIALES	EN ESTRELLA				
		ROTONDA			

Figura 26. Variedad de tipos de intersección a nivel

Fuente: (DG, 2018)

2.2. Consideraciones generales en intersecciones

De igual manera que para la definición de la red de infraestructura ciclovial y sus tipos de vías es fundamental tomar en cuenta los siguientes conceptos para el diseño de los diferentes tipos de intersecciones previamente detallados.

2.2.1. Campo de visión

Se define campo de visión al espacio necesario en las intersecciones para que los ciclistas puedan prever la aproximación de un vehículo. Este campo generalmente se diseña con una distancia entre 20 y 30 metros, y debe estar libre de cualquier obstáculo que limite o impida la visión de los usuarios que entren, se trasladen o crucen por la vía (MML, 2017).

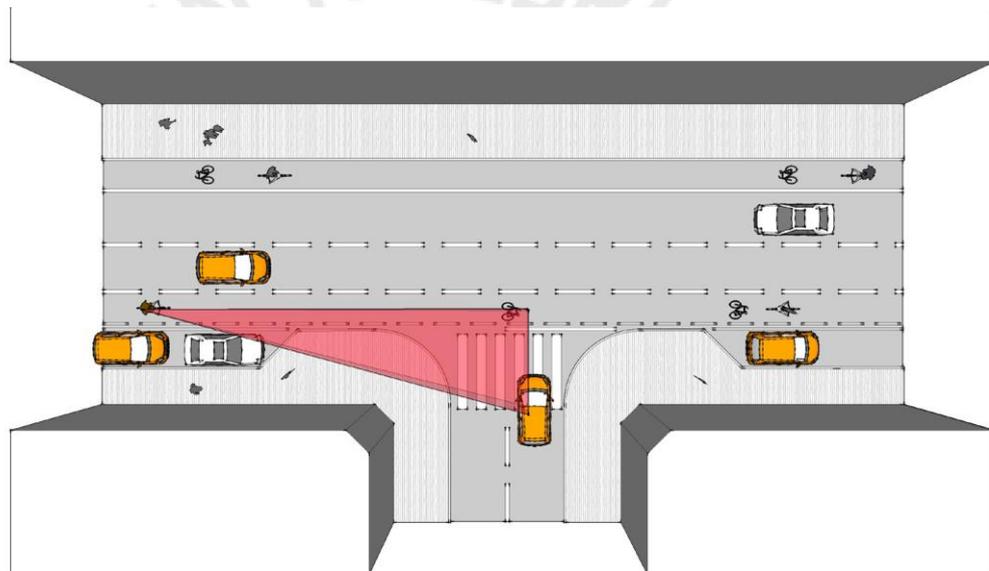


Figura 27. Campo de visión libre de obstáculos en intersecciones

Fuente: MML (2017)

2.2.2. Línea de deseo del ciclista

La línea de deseo del ciclista es aquella línea que considera el traslado requerido del ciclista, y que corresponde al cruce más apropiado y directo. Antes de desarrollar alguna modificación en una intersección es importante que las personas encargadas observen y analicen el comportamiento de los usuarios con el fin de comprender mejor sus necesidades de traslado (MML, 2017).

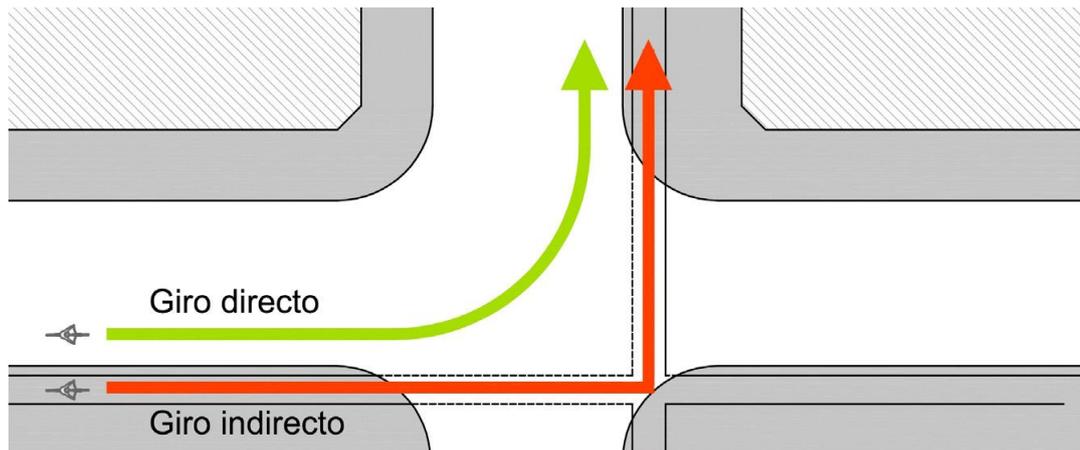


Figura 28. Línea de deseo (giro directo) vs ruta obligada (giro indirecto)

Fuente: MML (2017)

2.3. Manuales y guías de diseño de vías urbanas

Entre los diferentes manuales de diseño que se van a utilizar para el desarrollo de este proyecto de rediseño se tienen los siguientes:

2.3.1. Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista.

Este manual fue elaborado a pedido de la Municipalidad Metropolitana de Lima – MML con colaboración de la Cooperación Alemana mediante el proyecto TRANSfer (MML, 2017).

Además, este manual utiliza y adapta algunos elementos de diseño de vías de manuales de ITDP, I-CE, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, y el Ministerio de Transporte de Colombia.

En síntesis, se puede comentar que este manual considera los criterios y principios de guías internacionales de diseño de infraestructuras cicloviales con el fin de utilizarlos de una manera correcta en beneficio de los usuarios.

2.3.2. National Association of City Transportation Officials (NACTO)

NACTO (2011) es una asociación de 81 ciudades principales de Norte América y agencias de transporte público formadas para intercambiar ideas, visiones y prácticas de transporte y abordar de manera cooperativa los problemas de transporte nacional.

Según indica NACTO (2011) la propuesta de la asociación es construir ciudades como lugares óptimos para las personas, con opciones de transporte seguras, accesibles, sostenibles y equitativas que respalden una economía sólida y una calidad óptima de vida.

A continuación, se muestra su propuesta en la figura 29.



Figura 29. Propuesta (NACTO, 2011)

Fuente: <https://nacto.org/> (2003)

NACTO determina cuatro principales objetivos a realizarse con el fin de cumplir con su misión.

En primer lugar, comunicar una visión audaz para la movilidad urbana del siglo XXI y crear una fuerte capacidad de liderazgo entre las autoridades del transporte de la ciudad.

En segundo lugar, empoderar a una coalición de ciudades para liderar el camino de la política de transporte a nivel local, estatal y nacional. En tercer lugar, elevar el estado de la práctica para el diseño de calles que prioriza a las personas que caminan, van en bicicleta y toman el tránsito. Finalmente, ver la ciudad, conocer al personal a cargo y a las personas involucradas.

En síntesis, NACTO se define como una guía de diseño de vías y espacios públicos basados en análisis de los mismos considerando a las personas como principales en la jerarquía de movilidad urbana.

A continuación, se presentan las guías que brinda NACTO para diferentes estudios específicos.



Figura 30. Guías de diseño NACTO

Fuente: <https://nacto.org/> (2003)

2.4. Comparación y análisis de criterios de manuales y guías presentados

Los manuales y guías presentados desarrollan parámetros de diseño diferentes entre sí, debido a esto es conveniente realizar la comparación con el fin de establecer los criterios de diseño urbanos para diferentes casos.

2.4.1. Parámetros generales

A continuación, se presentan los espacios libres requeridos por ciclistas apto para cualquier tipo de vía segregada o no segregada mencionado anteriormente según MML (2017).

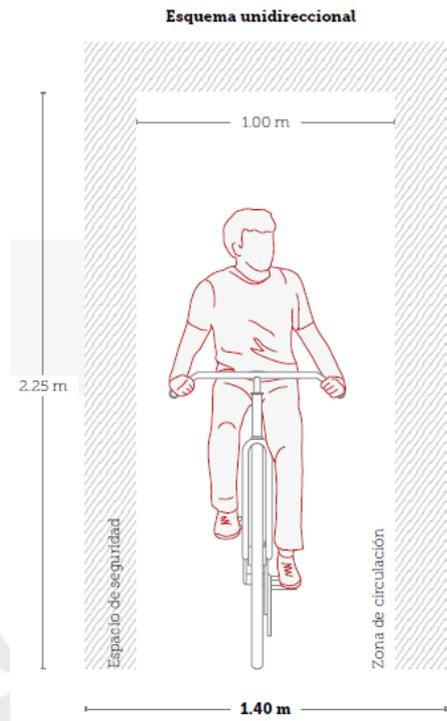


Figura 31. Espacio libre requerido por un ciclista urbano

Fuente: Elaboración (MML, 2017) con base en ITDP & I-CE, 2011 y Ministerio de Transporte de Colombia, 2016

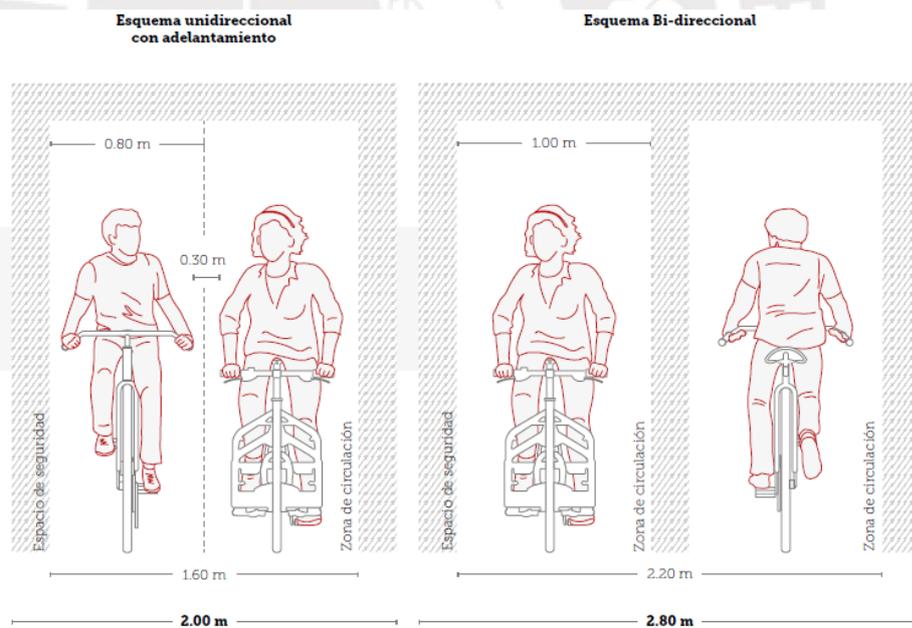


Figura 32. Espacio libre requerido por dos o más ciclistas urbanos

Fuente: Elaboración (MML, 2017) con base en ITDP & I-CE, 2011 y Ministerio de Transporte de Colombia, 2016

En comparación con (NACTO, 2011) se obtiene los siguientes espacios requeridos mostrados a continuación:

Tabla 4. Espacio requerido independiente del tipo de vía

Espacio requerido(m)	Número de carriles		MML (2017)	NACTO (2011)
Vía	Uno		1.4	1.4
	Más de uno	Unidireccional con adelantamiento	2	2
		Bidireccional	2.8	3

Fuente: Elaboración propia a partir MML (2017) y NACTO (2011)

2.4.2. Espacios mínimos de vías

De la tabla 5 se concluye que, en vías no segregadas, el espacio mínimo para vías compartidas es de 4m si es un carril de circulación y 2.7m si existen más de un carril de circulación; mientras que, en el espacio mínimo de un ciclocarril en total es de 2m considerando 0.6m de espacio de delimitación.

En vías segregadas, el espacio mínimo para una ciclovia es de 1.5m para un carril de circulación y de 2m si hay más de un carril de circulación. En las cicloaceras, el espacio mínimo de tránsito es de 1.5m para un carril de circulación y 2m si existe más de un carril de circulación. En las ciclosendas, el espacio mínimo es de 3.2m para uno o más carriles de circulación.

Tabla 5. Espacio mínimo según vía

Espacio mínimo(m)		Tipo de Espacio	MML (2017)		NACTO (2011)	
			Un carril de circulación	Más de un carril de circulación	Un carril de circulación	Más de un carril de circulación
Vías no segregadas	Vía compartida	De tránsito	4	2.7	-	-
	Ciclocarril	De tránsito	1.4	1.4	1.5*	1.5*
		De delimitación	0.6	0.6	0.6	0.6
Vías segregadas	Ciclovia	De tránsito	1.6	2.8	1.5	2
		De delimitación	0.6	0.6	0.9	0.9
	Cicloacera	De tránsito	1.6	2.8	1.5	2
		De delimitación	-	-	0.9	0.9
	Ciclosenda	De tránsito	3.2	3.2	-	-

* El espacio de tránsito para el ciclocarril en NACTO (2011) acepta valores desde 1.2m en caso no exista parqueo ilegal sobre ciclocarriles

* Los espacios de delimitación en vías no segregadas refieren a protección a los ciclistas, mientras que en las vías segregadas refieren a la señalización de la vía adyacente.

Fuente: Elaboración propia a partir MML (2017) y NACTO (2011)

2.4.3. Espacios recomendados de vías

De la tabla 6 se concluye que, en vías no segregadas, el espacio recomendado para vías compartidas es de 4.3m si es un carril de circulación y 3m si existen más de un carril de circulación; mientras que, en el espacio recomendado de un ciclocarril en total es de 2.4m considerando 0.8m de espacio de delimitación.

En vías segregadas, el espacio recomendado para una ciclovia es de 2m para un carril de circulación y de 3.2m si hay más de un carril de circulación.

En las cicloaceras, el espacio recomendado de tránsito es de 2m para un carril de circulación y 3.2m si existe más de un carril de circulación.

En las ciclosendas, el espacio recomendado es de 4m para uno o más carriles de circulación.

Tabla 6. Espacio recomendado según vía

Espacio recomendado(m)		Tipo de Espacio	MML (2017)		NACTO (2011)	
			Un carril de circulación	Más de un carril de circulación	Un carril de circulación	Más de un carril de circulación
Vías no segregadas	Vía compartida	De tránsito	4.3	3	-	-
	Ciclocarril	De tránsito	1.8	1.8	1.8*	1.8*
		De delimitación	0.6	0.6	0.6	0.6
Vías segregadas	Ciclovia	De tránsito	2	3.2	2	3
		De delimitación	0.8	0.8	0.9	0.9
	Cicloacera	De tránsito	2	3.2	2	3
		De delimitación	-	-	0.9	0.9
	Ciclosenda	De tránsito	4	4	-	-

* El espacio de tránsito para el ciclocarril en NACTO (2011) acepta valores hasta 2.1m en caso de tener demanda de ciclistas alta

Fuente: Propia a partir MML (2017) y NACTO (2011)

En la tabla 7 se muestran los espacios mínimos y recomendados para específicos tipos de vías mostrados en (MML, 2017) cuyas fuentes son el Ministerio de Transporte de Colombia (2016) y ITDP & I-CE (2011). Estas dimensiones, en particular, consideran vehículos como triciclos, así como también sobrepaso o adelantamiento de ciclistas.

Tabla 7. Dimensiones estándar de ancho libre de circulación por tipo de infraestructura

Ancho	Ciclocarril	Ciclovía unidireccional*	Ciclovía unidireccional (con sobrepaso)*	Ciclovía Bidireccional*
Mínimo (sin incluir resguardo)	1.40m	1.60m	2.00m	2.80m
Recomendado	1.80m	2.00m	2.40m	3.20m

(*) aplica para ciclosenda y cicloacera

Fuente: MML (2017)

2.4.4. Velocidad máxima permitida y volumen vehicular por día

En la tabla 8 se puede observar los tipos de infraestructura utilizado según condiciones del lugar limitados por velocidades (MML, 2017).

Tabla 8. Tipo de infraestructura recomendado según las condiciones de velocidad y volumen de los motorizados de la vía

Tipo de vía	Tipo de infraestructura recomendada	Velocidad (máxima permitida) km/h	Volumen vehicular/día
Vía local o de acceso	Vía compartida	Hasta 30	Hasta 10 000
Vía local o de acceso	Carril compartido	Hasta 30	Hasta 10 000
Vía colectora	Ciclocarril	Hasta 40	Hasta 18 000
Vía arterial	Ciclovía unidireccional	Hasta 60	Mayores a 18 000
Vía arterial	Ciclovía bidireccional (en ambos costados de la vía)	Hasta 60	Mayores a 18 000

Fuente: MML (2017)

2.5. Consideraciones de Señalización y Semaforización

La señalización de infraestructura ciclovial según NACTO (2011) comprende cualquier demarcación o mantenimiento de la misma, cuyo objetivo principal es indicar la presencia de bicicletas en la vía o diferenciarlas de los peatones y ciclistas. La señalización comprende varias subcategorías que incluyen señalización de rutas, normativa y de advertencia.

De acuerdo a MML (2017), una señalización apropiada y estándar ayuda y guía a los usuarios de la vía en el uso respectivo, se presenta mejoría de la seguridad en las intersecciones y mejora respecto al control de velocidad de vehículos motorizados.

El Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016) define los elementos de señalización obligatorios para el diseño de infraestructuras de ciclovías como dimensiones, características y colores.

La señalización se divide en dos partes, horizontal y vertical. Con respecto a la señalización vertical, se subdivide en tres grupos, reglamentaria, preventiva e informativa. La reglamentaria presenta velocidad de vehículos, sentido de tránsito, entre otros. La preventiva indica zonas de detención como también giros. La informativa presenta rutas, lugares de estacionamiento y distancias próximas (MML, 2017).

Con respecto a la señalización horizontal, este tipo de demarcación representa cualquier dispositivo aplicado sobre el pavimento destinado a denotar un derecho de paso, un área de conflicto potencial, una dirección y opción de rutas específicas. Esta demarcación debe considerar el uso de diseños particulares, colores y materiales, así como también la legibilidad de los mismos para los peatones y conductores. De cualquier modo, se debe lograr un alto nivel de visibilidad, identificación instantánea y adecuadas líneas de deseo de ciclistas (NACTO, 2011).

Es importante tener en cuenta la colocación de elementos segregadores como modo de delimitar los espacios de uso y prevención de posibles accidentes a los usuarios de la vía. Estos elementos están encargados de separar el flujo vehicular motorizado del flujo de ciclistas o peatones y pueden variar según el espacio disponible o la necesidad de separación. Estos elementos pueden ser de mobiliario urbano como bancas o estacionamientos de bicicletas, elementos metálicos como bordillos, hitos o tachones, y también como elementos de paisajismo como zonas verdes o arborización (MML, 2017).

2.6. Casos ejemplares de rediseño de vías e implementación de ciclovía

2.6.1. Fulton Street, Berkeley, California, EE.UU.

Este proyecto es de menor alcance que el jirón Pablo Bermudez con respecto a la longitud de vía rediseñada, ya que consta de solo dos bloques. El rediseño de Fulton Street se realizó mediante el uso de *The Urban Bikeway Design Guide* de NACTO (2011) como también manuales de diseño de vías urbanas locales (Fehr & Peers, 2016).

El jirón Pablo Bermudez y Fulton Street comparten el mismo objetivo, el cual se basa en conectar puntos importantes para las personas que faciliten su traslado para un bien o servicio, en particular Fulton Street conecta la estación de metro Berkeley Downtown con establecimientos comerciales.

Estos dos bloques fueron un hito importante hacia la construcción de una red completa de vías para bicicletas protegidas en el vecindario Southside de Berkeley (Bike East Bay, 2016). Asimismo, para el rediseño de esta vía se realizó una encuesta de preferencia de ciclismo que demostró que un nivel de estrés de tráfico es uno de los mayores desánimos para usar bicicleta.



Figura 33. Fulton Street N°2300

Fuente: Extraído de Google Maps Street View 2015 (visitado 24/11/18)

En la figura 34 y 35 se puede observar el rediseño de la vía que contempla el reemplazo del carril derecho de 3m por una ciclovía unidireccional de 2.1m con protección contra vehículos de 0.9m, en respuesta a una colisión casi fatal de bicicletas y automóviles en febrero del 2016 según lo indicado por Fehr & Peers (2016).



Figura 34. Rediseño de Fulton Street N°2300

Fuente: Extraído de Google Maps Street View 2018 (visitado 24/11/18)



Figura 35. Rediseño de Fulton Street N°2300 – vista en planta

Fuente: Adaptado de <http://www.fehrandpeers.com/berkeley-bikeways/> (visitado 25/11/18)

2.6.2. Avenida Larco, Lima, Perú

A modo de mejorar la red de infraestructura ciclovial, el distrito de Miraflores implementó una nueva ruta de dos kilómetros de ciclovía que inició a la altura del Puente Villena Rey, continuó por el Malecón de la Reserva y siguió por las trece cuadras de la avenida Larco para llegar al Parque Central (Municipalidad de Miraflores, 2012).

El proyecto se realizó sobre una sección transversal entre 1.20 metros y 1.80 metros que corresponde a la pintura antideslizante, señalización vertical y horizontal y tachas reflectoras. A modo de protección al medio ambiente, el diseño contempló el sembrado de árboles en toda la vía, además de iluminación natural por medio de paneles solares como se presentan en el primer parque ecológico del Perú, el parque Raúl Porras Barrenechea (Municipalidad de Miraflores, 2012)



Figura 36. Avenida Larco 700

Fuente: Extraído de Google Maps Street View 2013 (visitado 25/11/18)



Figura 37. Rediseño de Avenida Larco 700

Fuente: Extraído de Google Maps Street View 2014 (visitado 25/11/18)

2.6.3. Avenida Acueducto, Morelia, México

El proyecto de la Avenida Acueducto en Morelia, México, fue financiado por el Municipio de Morelia y la Secretaría Estatal de Comunicaciones y Obras Públicas – SCOP. Este proyecto comprende la implementación de una ciclovía en ambos sentidos, además del rediseño de las intersecciones e introducción de paraderos de buses. El proyecto desarrolla el óvalo de Las Tarascas en su intersección con Madero hasta el cruce con Lázaro Cárdenas. El proyecto responde a 2.2 kilómetros de longitud y es parte del Plan Integral de Modernización de Infraestructura de Morelia (Céntrico, 2017).

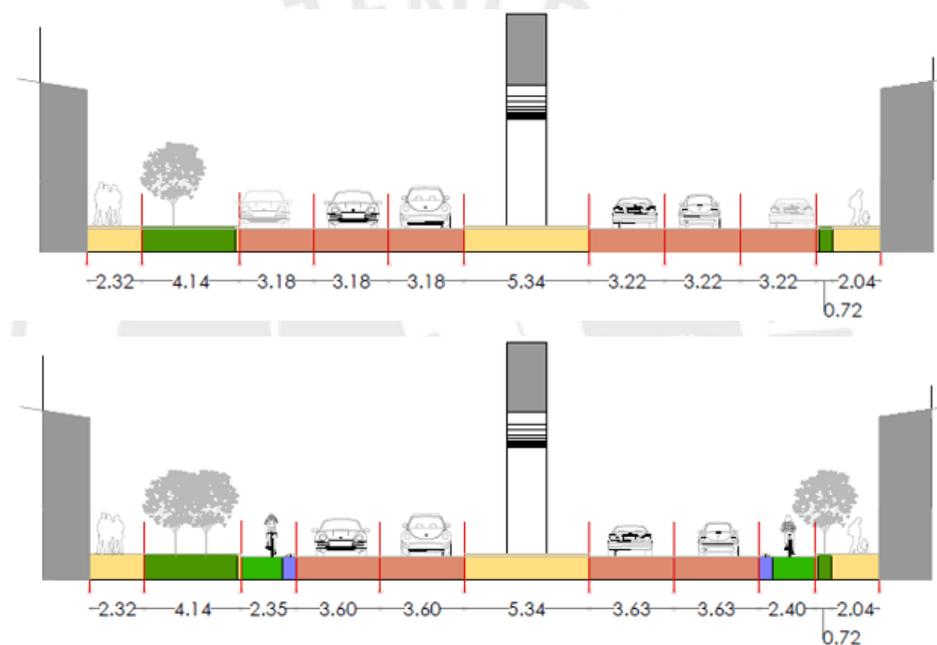


Figura 38. Avenida Acueducto antes y después del rediseño (distancias en metros)

Fuente: <https://www.centrico.mx/infraestructura-ciclista/rediseño-de-la-histórica-av-acueducto-en-morelia/> (visitado 25/11/18)

Además, Céntrico (2017) afirma que, en el proyecto, el carril derecho se dejara de ser utilizado como parqueo y se convirtiese en un carril el cual pueda ser circulado por vehículos no motorizados tales como bicicletas y triciclos.

El transporte público y vehículos particulares no se vieron afectados ya que seguían disponiendo de la misma cantidad de carriles. El principio esencial para el rediseño de las intersecciones fue garantizar la seguridad a los usuarios manteniendo el sistema de flujos sin generar congestión.

3. METODOLOGÍA

El proyecto de rediseño del jirón Pablo Bermúdez se desarrolla con técnicas cuantitativas y consta de 3 etapas importantes. A continuación, se indican los pasos a realizar para el adecuado rediseño vial del jirón Pablo Bermudez.

En primer lugar, se selecciona el sistema de diseño vial apropiado para la vía considerando su situación actual y características, para eso se definen los alcances y limitaciones del proyecto.

En segundo lugar, se recolecta la información de demanda de peatones, ciclistas y vehículos en la vía obtenido mediante la videograbación en la cuarta semana de mayo del 2019. Además de información obtenida de las encuestas para un registro estadístico del potencial uso de la vía ante la implementación de una ciclovía.

En tercer lugar, se procesan los datos y mediante manuales y guías seleccionadas previamente se rediseñan los espacios de la vía. Además, también se registran los datos para la construcción del modelo microscópico de la intersección del jirón Pablo Bermudez y la avenida Abril en el programa VISSIM 8 y se verifican los resultados para evitar errores de registro de datos.

En cuarto lugar, se evalúan los resultados obtenidos de la redistribución de espacios y del modelo, y se genera la propuesta de rediseño del jirón Pablo Bermúdez como también la propuesta de semaforización de la intersección seleccionada.

En quinto lugar, se realiza el informe detallado con los nuevos parámetros de diseño de la vía y la intersección seleccionada, así como también la evaluación de la eficiencia brindada ante los cambios realizados.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la propuesta de rediseño vial y comentarios con respecto al ciclo semafórico propuesto.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que muestra la secuencia de la metodología a realizarse para el desarrollo del proyecto.

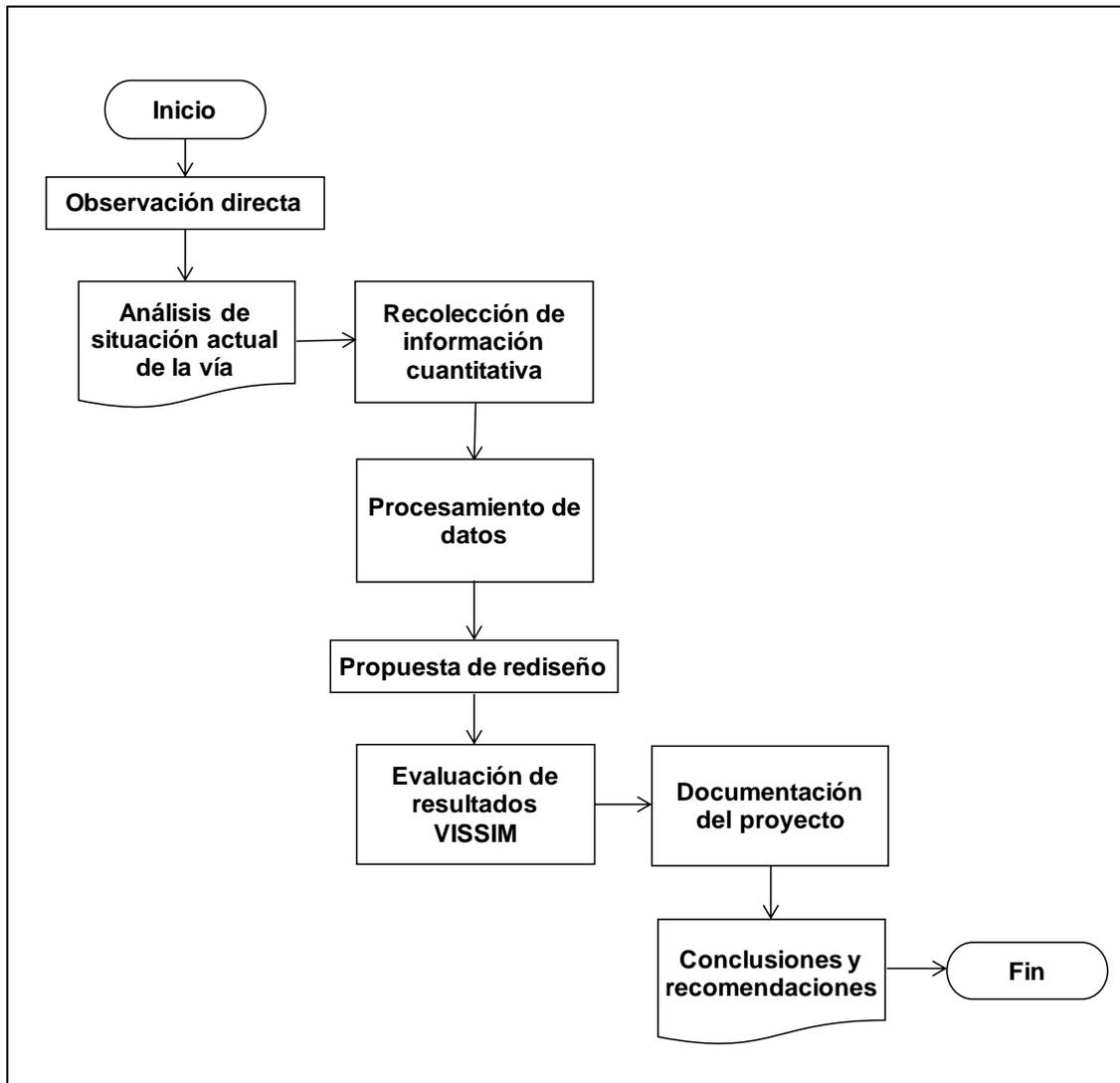


Figura 39. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.1. Herramientas

Para poder desarrollar la propuesta de modificación del jirón Pablo Bermudez, se utiliza herramientas que ayuden a obtener la información necesaria para el correcto planteamiento y rediseño, de esta manera se registra el tráfico de peatones, ciclistas y vehículos. Con los datos obtenidos y en base a las normas y manuales se llevará a cabo la nueva distribución de espacios de la vía en mención.

Todo el control de la información obtenida de las herramientas usadas se presentará en forma tabulada y gráfica para una mejor comprensión de información obtenida.

3.1.1. Videograbación

Se realiza el registro de peatones, ciclistas y el tráfico vehicular en el jirón Pablo Bermudez a fin de estimar el tránsito promedio y mediante normas obtener parámetros necesarios para la elaboración de nuestra propuesta brindando la distribución de espacios correcta. Para el registro de tráfico peatonal, ciclista y vehicular se utiliza un dispositivo de grabación, cámara filmadora, a fin de una mejor recolección de datos. Las grabaciones se realizarán en la cuarta semana de mayo del 2019 durante los días lunes a viernes. El tiempo de grabación es de 2 horas diarias, uno en la mañana de 7:30 a 8:30am y en la noche de 7 a 8pm.

La videograbación fue realizada con la utilización de una videocámara Sony HDR-CX 405 como se pueden apreciar en la siguiente figura.



Figura 40. Videocámara Sony HDR-CX405

Fuente <https://www.sony.com.pe/electronics/videocamaras-handycam/hdr-cx405> (visitado 09/03/19)

3.2. Procedimientos

El desarrollo del proyecto de rediseño considera algunos capítulos o secciones de los manuales y guías presentados en el marco teórico. Es importante señalar los parámetros de diseño considerados en cada uno y posteriormente analizarlos a fin de obtener el óptimo para el proyecto.

A continuación, se mencionan los criterios de los manuales y guías considerados.

3.2.1. Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista.

Se considera para las ciclovías dispuestas en ambos lados de las vías un ancho mínimo de 1.5m; en caso de estar dispuesta solo en un lado de la vía se considera 2.0m. El diseño se basa en las condiciones específicas según lo obtenido en las encuestas tipos de usuarios, además de las pendientes y curvas existentes en el tramo de recorrido.

Por otro lado, la altura libre mínima a considerar como espacio abierto será de 2.5m, en caso se encuentre próximo a veredas debe implementarse elementos de segregación.

Además, las veredas están diferenciadas con respecto a la calzada mediante un cambio de nivel o la instalación de elementos que diferencien la zona exclusiva de vehículo y ciclistas de la zona para el tránsito peatonal. Se recomienda trabajar con cambio de niveles de 0.15m a 0.20m.

3.2.2. Urban Bikeway Design Guide - NACTO

NACTO brinda diversas guías de diseño para el análisis de movilidad urbana que son factibles de utilizar en el jirón Pablo Bermudez por las características presentadas en la vía detalladas en el capítulo 4 “Análisis Vial”. Las guías de diseño a usar para el análisis del jirón Pablo Bermudez son cuatro.

En primer lugar, se utilizará *The Urban Bikeway Design Guide* debido a que brinda soluciones urbanas prácticas que crean calles o vías completas seguras y agradables para los ciclistas.

En segundo lugar, se utiliza *The Transit Street Design Guide* con el objetivo de desarrollar las comodidades de tránsito en calles de la ciudad, y el seguimiento en el diseño e ingeniería de las calles de la ciudad priorizando el tránsito, mejorando la calidad de servicio del mismo y respaldando otras metas relacionadas al tránsito (NACTO, 2011).

En tercer lugar, se utiliza *The Urban Street Design Guide* el cual presenta los principios y las prácticas de los principales ingenieros, planificadores y diseñadores de EE.UU. que trabajan hoy en las ciudades. Finalmente se utiliza *The Global Street Design Guide* con el fin de obtener una línea de base global para diseñar calles y espacios públicos mientras redefine el rol de las calles en un mundo en rápida urbanización (NACTO, 2011)

3.2.3. Modelo de intersección seleccionada en VISSIM 8

VISSIM 8 es un programa computacional de micro simulación cuya función es el desarrollo de análisis del sistema de tráfico multimodal (Arrieta, 2013)

Mediante este medio es posible representar los usuarios de la vía y cómo interactúan en el mismo. Los datos principales que se necesitan para la aplicación del programa son las características geométricas de la vía y la demanda de peatones, ciclistas y vehículos.

Luego, se utilizará este medio para obtener una propuesta de ciclo semafórico de la intersección seleccionada. En este caso en particular el tipo de intersección vial es en T, es decir el número de ramales involucrados son 3 y el ángulo de cruzamiento es de 90 grados.

La precisión y confiabilidad son principales en la utilización de modelos de micro simulación. Debido a esto, es importante calibrar y validar apropiadamente estos modelos antes de su uso respectivo que conllevan a decisiones de diseño críticas. Ante la falta de un procedimiento correcto de calibración y validación, la precisión del modelo va a ser siempre debatible (El Esawey y Sayed, 2011).

Debido a esto, es necesario desarrollar una estrategia basada en una serie de seis pasos lógicos y secuenciales para calibrar el modelo de manera oportuna explicados a continuación.

En primer lugar, se debe especificar los criterios de evaluación, en función de los cuales, el éxito del proceso de calibración será valorado.

En segundo lugar, se reconoce los diferentes conjuntos de parámetros de calibración que tienen un impacto en cada uno de los criterios de evaluación.

En tercer lugar, se elige un rango factible de cada parámetro de calibración. En cuarto lugar, se desarrolla un enfoque para calibrar cada uno conjunto de parámetros de forma independiente. En quinto lugar, se establece márgenes de error y objetivos de calibración aceptables. Finalmente, se ejecuta el modelo y se evalúa la salida. (El Esawey y Sayed, 2011)

El modelo final de la intersección se obtiene a partir de una serie de pasos básicos presentados en el diagrama de flujos a continuación.

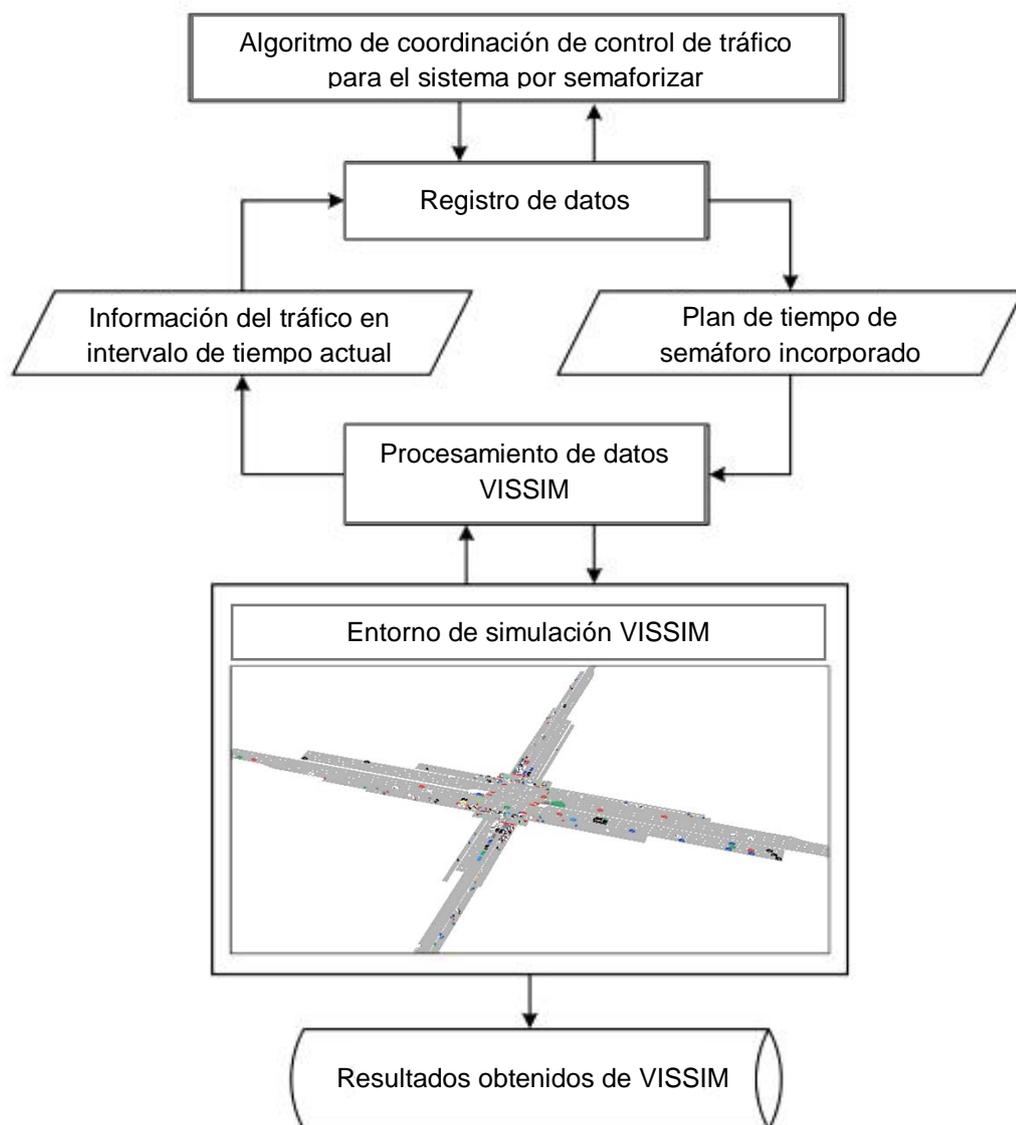


Figura 41. Diagrama de flujos VISSIM aplicada
Fuente Adaptado de Li, Nan, Gong y Ma (2019)

Además, se presenta a continuación la metodología aplicada a mayor detalle para la microsimulación de este proyecto basada en las indicaciones de FHWA (2004).

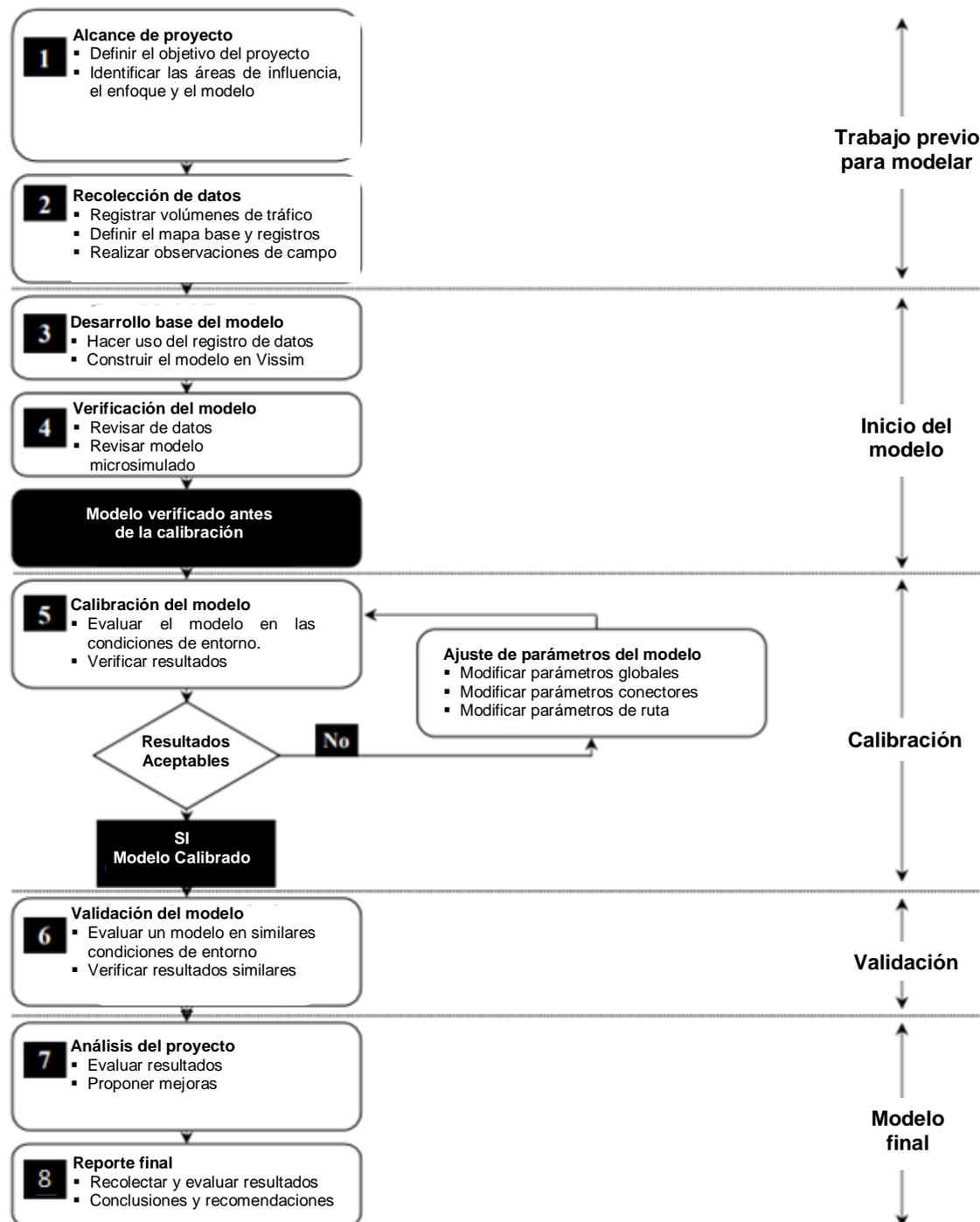


Figura 42. Metodología propuesta para la microsimulación del proyecto

Fuente Adaptado de FHWA (2004)

Con respecto a la calibración se realizó un análisis estadístico (prueba de hipótesis) de los datos obtenidos de campo y Vissim con un nivel de confiabilidad del 95% y un margen de error del 10%. Análogamente, en la validación, se realizó un segundo análisis estadístico de los datos obtenidos en campo en una fecha diferente a la calibración con el mismo nivel de confiabilidad y margen de error. Se utilizó el programa Statkey para la realización de los análisis estadísticos.

4. ANÁLISIS VIAL

A continuación, se presentan las características actuales de la vía a rediseñar, los problemas y las mediciones correspondientes.

4.1. Características propias de la vía

El jirón Pablo Bermudez está ubicado en el distrito de Jesús María y Cercado de Lima. Esta vía es transitada por personas y ciclistas de diferentes rangos de edades. Se aprecian vehículos de menor tamaño usados como movilidad particular, así como abastecedores de abarrotes para los micro comercios de la vía y también ambulancias provenientes del policlínico Pablo Bermudez – ESSALUD.

Además, se presenta una cantidad solo del 0.7% del total de vehículos como vehículos de mayor tamaño (buses de transporte interprovincial y vehículos de bomberos). De este modo, se refiere al jirón Pablo Bermudez como una vía tipo residencial.

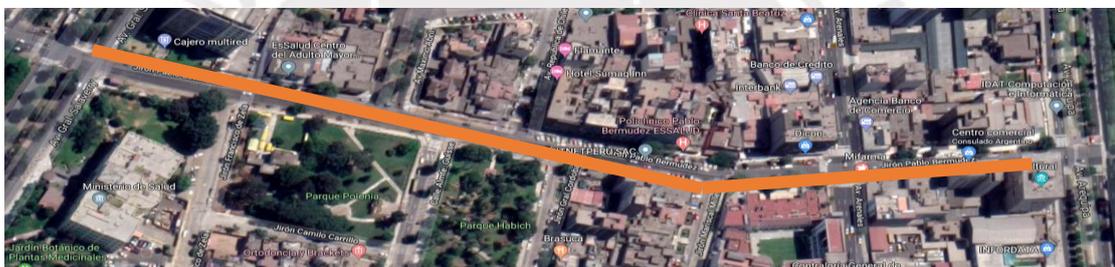


Figura 44. Vista satelital del jirón Pablo Bermudez
Fuente: Adaptado de Google Earth (visitado 27/04/19)

De las observaciones realizadas, se considera un tránsito de ciclistas promedio bajo con 17 ciclistas por hora. Además, se observó vehículos de menor tamaño como triciclos.



Figura 45. Panadero en triciclo
Fuente: Propia

Las líneas de deseo de cruce de peatones que atraviesan el jirón Pablo Bermudez se observan en la figura 46. Se destaca que la mayor parte del cruce se realiza en cada intersección con otra avenida, sin embargo, también se presentan a mitad de calle, específicamente en la intersección con la avenida Máximo Abril, intersección con la avenida República de Chile y a la altura del Policlínico Pablo Bermudez.



Figura 46. Líneas de deseo

Fuente: Adaptado de Google Maps (visitado 27/04/19)

4.2. Problemas actuales

Los problemas actuales se presentan, a continuación, en la figura 47. Sitúan al peatón en riesgo sobre su seguridad física y generan un aumento considerable del tráfico en horas de mayor demanda vehicular.

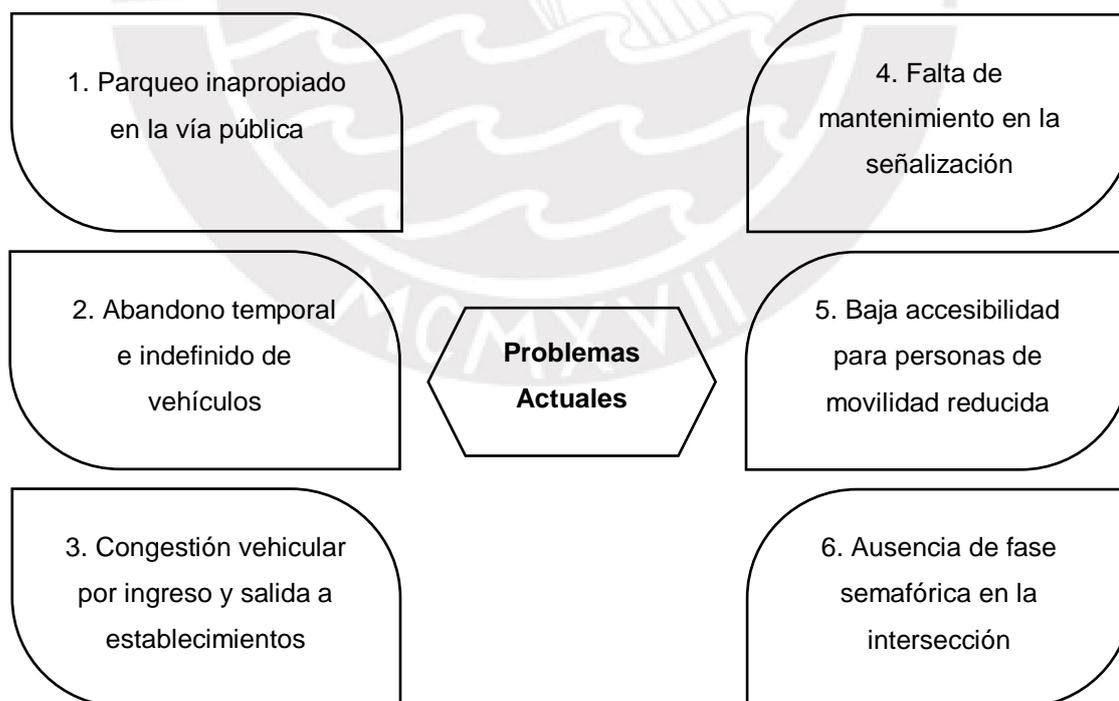


Figura 47. Problemas actuales

Fuente: Propia

El primer y principal problema es el parqueo inapropiado en la vía pública, específicamente en el carril derecho del jirón. Cuando se realizaron las observaciones correspondientes, se concluyó que este problema se debía primordialmente por la gran cantidad de micro comercios ubicados en el lateral derecho de la vía, y una cantidad leve de automóviles menores por dejar pasajeros en el policlínico Pablo Bermudez.



Figura 48. Automóviles estacionados en el carril derecho

Fuente: Propia

El segundo problema es el abandono temporal e indefinido de vehículos en la vía. En la vía se sitúan vehículos de abastecimiento de abarrotes para micro comercios varios días como también una cantidad ínfima de vehículos abandonados sin tiempo definido.



Figura 49. Automóvil abandonado tiempo indefinido

Fuente: Propia

El tercer problema es el aumento de congestión vehicular en horas específicas por ingreso y salida a establecimientos. Se observó que existen tres ingresos vehiculares en todo el lateral derecho del jirón Pablo Bermudez, de los cuales uno de ellos es debido al ingreso de vehículos de emergencias en el policlínico, y los ingresos restantes de edificios multifamiliares de pisos menores a diez. De las observaciones, esto agrava moderadamente el aumento de tráfico a las 8 horas y las 18 horas del día primordialmente.



Figura 50. Tráfico generado por ingreso de vehículo de emergencia al policlínico Bermudez

Fuente: Propia

El cuarto problema detectado es la falta de mantenimiento en la señalización a lo largo de la vía. Esto se observa en la figura 38 en el cual ya no se percibe la delimitación de carriles por falta de mantenimiento, esto agrava el tráfico en horas punta debido a que los conductores desconocen el carril que le corresponde.



Figura 51. Falta de mantenimiento en señalización horizontal

Fuente: Propia

El quinto problema es la baja accesibilidad para personas de movilidad reducida. En el jirón Pablo Bermudez, se puede observar en algunas esquinas de la vía la discontinuidad de rampas para personas de movilidad reducida, lo cual expone de cierta manera a los usuarios ante un posible accidente.



Figura 52. Discontinuidad de vía para personas de movilidad reducida

Fuente; Propia

Finalmente se tiene la ausencia de una fase semafórica en la intersección entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Maximo Abril. La planificación de esta intersección no consideró a detalle un exceso de flujo vehicular en horas punta y días festivos, esto se estima debido a que esta vía se clasifica como vía colectora de bajo volumen de tráfico. Esto genera congestión vehicular en horas punta como se puede apreciar en la figura a continuación.



Figura 53. Congestión vehicular en la intersección jirón Pablo Bermudez y avenida Maximo Abril

Fuente: Propia

4.3. Mediciones

Para obtener el plano catastral del jirón Pablo Bermudez se solicitó a la -Municipalidad de Jesus María el plano respectivo, actualizar solo las características de la acera, medir las dimensiones de la cuadra entre la avenida Arenales y Arequipa y detallar el inicio y fin de cada predio con el fin de obtener a lo largo de la vía todos los ingresos de vehículos por el lateral derecho.

La longitud de calle es de 510 metros. La vía en cuestión contiene cuatro carriles de 2.7m de ancho, y la acera es de 1.8m. A cada lado, además, existe un espacio para áreas verdes. A continuación, se presenta la sección típica del jirón Pablo Bermudez.

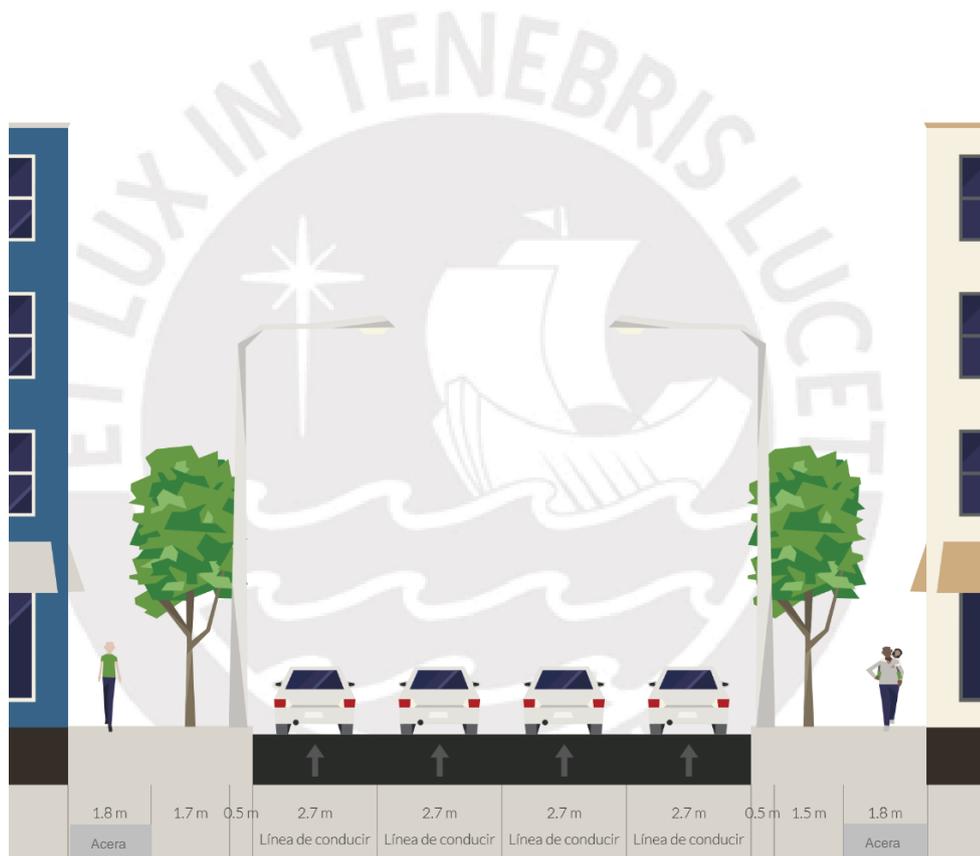


Figura 54. Distribución actual del jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia a partir de www.streetmix.net

Las mediciones del aforo ciclista y vehicular se realizan mediante el conteo de la videograbación detallada en el acápite 4.1 y se utilizan los flujos del mayor horario.

4.3.1. Flujo peatonal

Se registra el flujo peatonal de las observaciones en campo, se mide el flujo peatonal en cada acceso de la intersección entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Maximo Abril. A continuación, se presentan las líneas de cruce peatonal y posteriormente una tabla de los datos estadísticos.

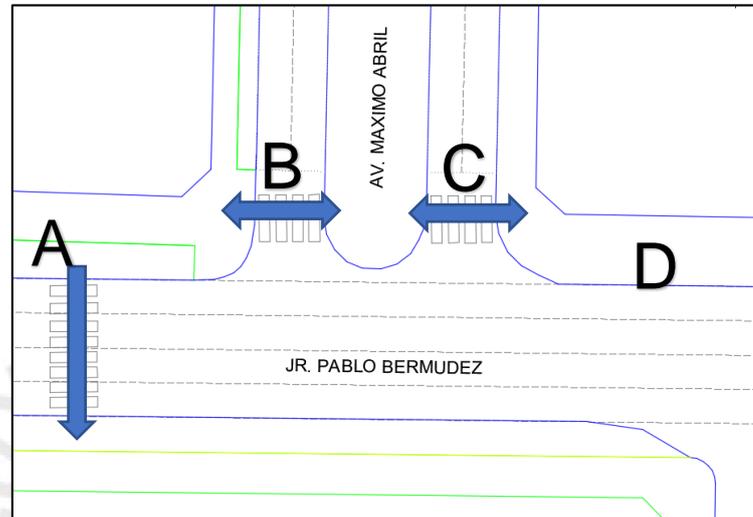


Figura 55. Líneas de cruce peatonal por accesos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Flujo peatonal por acceso

		FLUJO DE PEATONES (peatones/h)			
		ACCESO			
FECHA	DIA	A	B	C	D
29/08/2019	LUNES	40	272	272	0

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos de flujo peatonal (peatón/hora) según acceso fueron registrados en hora punta el día lunes en el cual el flujo vehicular fue máximo.

Es cuestionable la accesibilidad para cruzar por el acceso A señalado debido a que los conductores en su mayoría no dan prioridad al peatón, debido a esto se registra poca cantidad de peatones que logran cruzar. Los accesos B y C presentan los mismos flujos peatonales debido a que los peatones logran cruzar la avenida Maximo Abril en su totalidad. No hay flujo peatonal en el acceso D debido a que no hay peatones que deseen cruzar la vía ya que no se cuenta con cruceo peatonal.

4.3.2. Flujo de ciclistas

Con respecto al tráfico de ciclistas se obtuvo un promedio de 40 ciclistas por hora, observándose el día miércoles el día más concurrido. El registro de datos se realizó en cinco días, desde el 29 de abril hasta el 3 de mayo del 2019. A continuación, se presenta un gráfico de los datos obtenidos sobre el flujo de ciclistas.

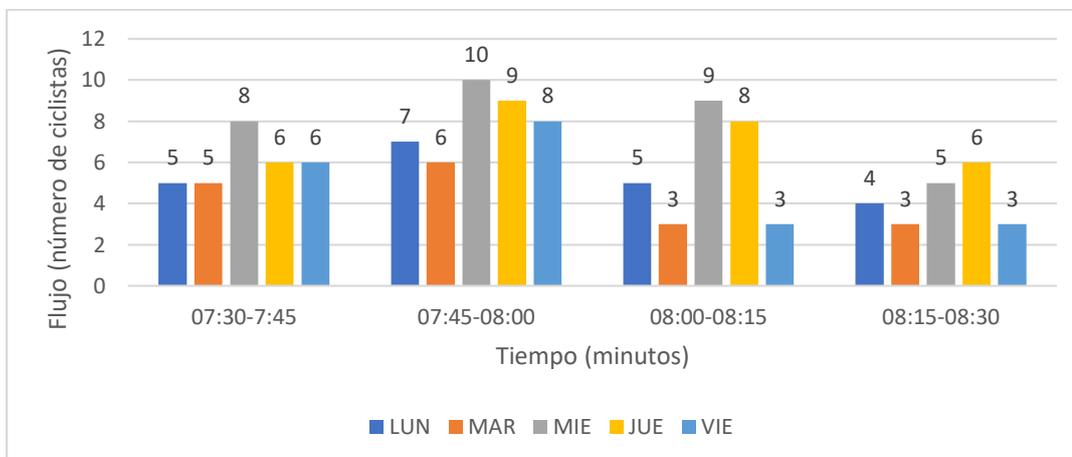


Figura 56. Gráfico de dispersión del flujo de ciclistas registrado

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Flujo vehicular

Con respecto al tráfico vehicular se obtuvo 1136 vehículos por hora, del cual el día más concurrido es el lunes. El registro de datos se realizó durante los mismos días del registro de tráfico de ciclistas. A continuación, se presenta un gráfico de los datos obtenidos sobre el flujo vehicular.

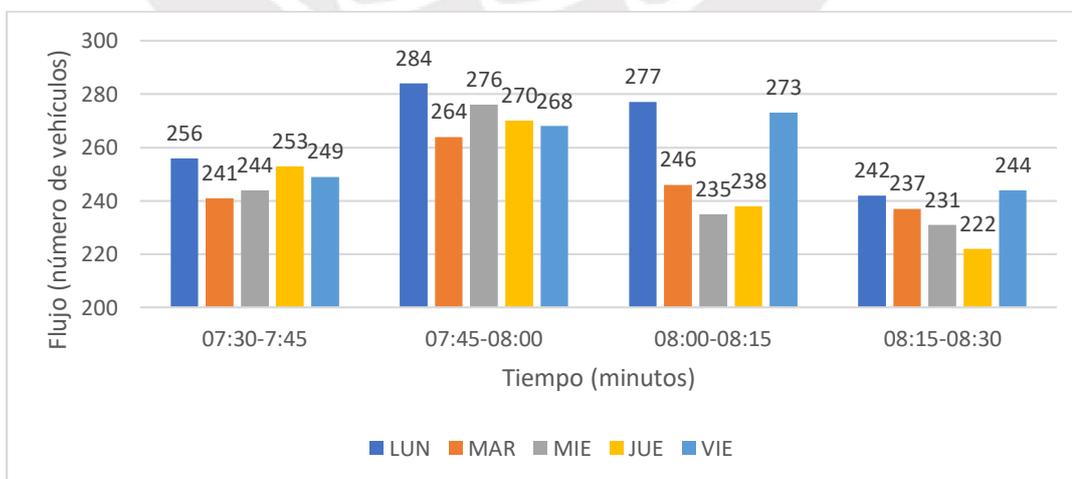


Figura 57. Gráfico de dispersión del flujo vehicular registrado

Fuente: Elaboración propia

4.4. Planificación

Ciclovia

Con respecto al tipo de vía a utilizar para este fin se observa que la cantidad de vehículos por hora en hora punta es 1000 y además la velocidad de los vehículos en una zona residencial urbana en calles y jirones no excede de 40km/h, tomando en cuenta esto y observando la figura 11, se debería utilizar una vía segregadora visual, es decir una vía delimitada por solo señalización horizontal, sin embargo, con el suficiente espacio de un carril a rediseñar y de manera conservadora se escoge finalmente una vía segregadora física.

Luego, se escoge el tipo de vía segregadora ciclovia por las características presentes en la vía acorde lo detallado en el acápite 2.1.5. Posterior a esto, se define las dimensiones de la ciclovia según la tabla 6. Debido al espacio de la disponible se opta por escoger el espacio recomendado de tránsito de 2m y un espacio de 0.7m de delimitación por encima del mínimo de 0.6m.

Con respecto a la señalización de la vía rediseñada se realizará considerando señales vigentes y distribución de demarcación de espacios del MTC (2016).

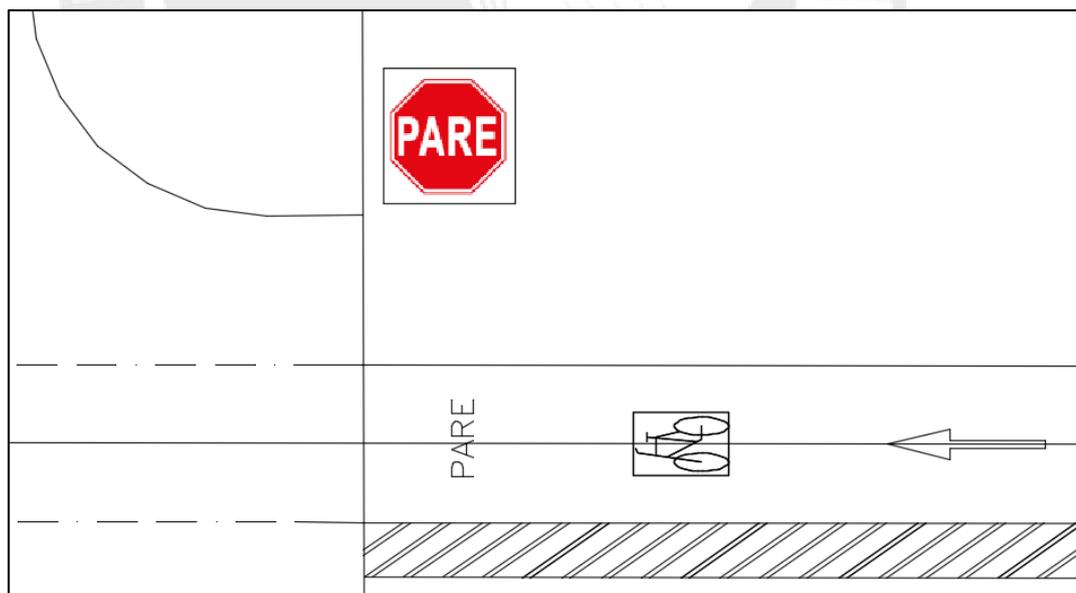


Figura 58. Señalización de ciclovia

Fuente: Propia

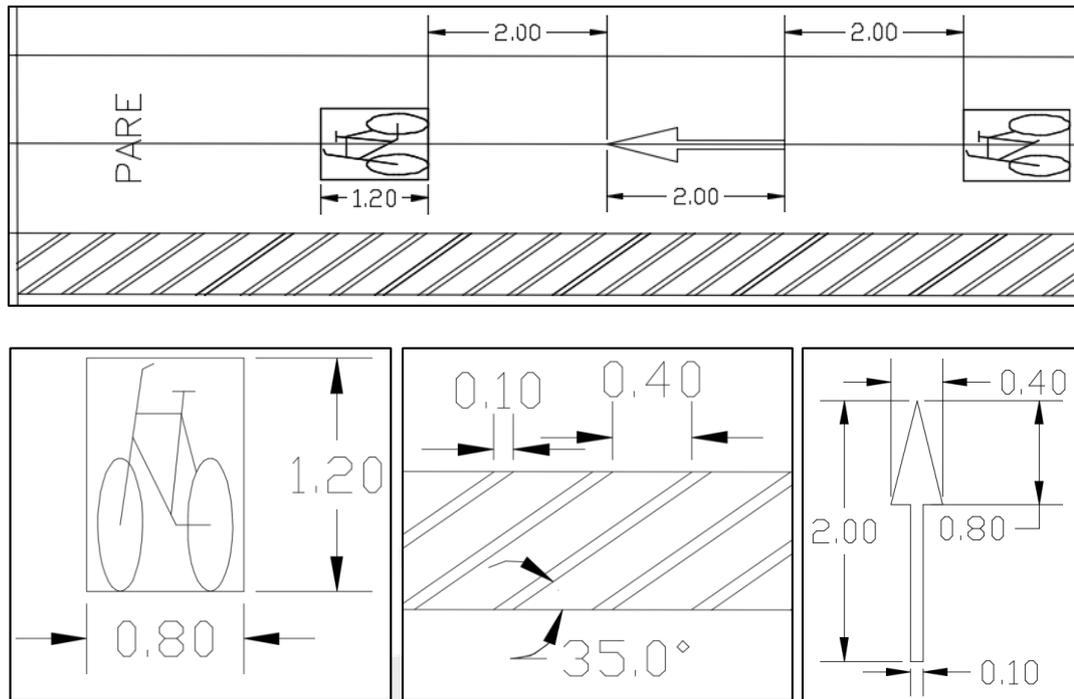


Figura 59. Medidas consideradas para la señalización

Fuente: Propia

Con respecto a la señalización horizontal de la vía rediseñada se clasifica en tres: señales reguladoras, señales preventivas y señales informativas. A continuación, se presentan solo las señales consideradas para este tipo de vía.



R-1: Pare

Para detener a los motorizados y dar prioridad del paso ciclista.



R-2: Ceda el paso

Para indicar a los motorizados la prioridad del paso ciclista.



R-42: Ciclovía

Notifica a los usuarios la existencia de una vía exclusiva para el tránsito de bicicletas. En ciclocarriles, ciclovías, cicloaceras y ciclosenderas (se sugiere cambiar el pictograma).



R-30: Velocidad máxima

Para indicar la velocidad máxima según lugar (excepto en zonas 30 donde se usa la señal específica).



R-42A Conserve la derecha

Esta señal dispone que el ciclista tiene la obligación de circular por el carril derecho de la ciclovía.

Figura 60. Señales reguladoras o de reglamentación

Fuente: MTC (2016) y MML (2017)

**I-8: Ciclovía**

Señal dirigida principalmente a los ciclistas, indica la dirección o distancia a la que se encuentra una infraestructura ciclovial.

Figura 64. Señal informativa

Fuente: MML (2017), MDCT (2018)

**P-46: Ciclistas en la vía**

Esta señal advierte al Conductor de la proximidad de una "CICLOVÍA".

**P-46A Cruce de ciclistas**

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce de "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.

**P-46B Ubicación Cruce de ciclistas**

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación del cruce de "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.



Figura 61. Señales preventivas al conductor motorizado y al ciclista respectivamente

Fuente: MTC (2016) y MML (2017)

4.5. Consideraciones

En el rediseño del jirón Pablo Bermudez se considera una ciclovía con ligero cambio de sentido hacia la derecha partiendo de la avenida Arequipa hacia la avenida Salaverry, además se debe demarcar de manera precisa la señalización horizontal en cada ingreso y salida de vehículos como también en cada intersección. La protección al ciclista mediante el espacio de delimitación es constante en toda la vía.

El jirón Pablo Bermudez actualmente solo utiliza tres de los cuatro carriles, este último situado en el lado derecho será modificado a una ciclovía, de ahí que se espera no variar el flujo vehicular.

5. MODELO ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO CON VISSIM

5.1. Análisis y ordenamiento de datos

La intersección del jirón Pablo Bermudez con la avenida Máximo Abril es de tres ramales empalme en T simple. El ancho del jirón es de 18.8m que incluye acera, áreas verdes y 4 carriles asfaltados de 2.7m cada uno.

El jirón es de un sentido de este-oeste. La avenida Máximo Abril dispone de dos sentidos, con dos carriles en cada sentido de 2.7m de ancho. En la parte central de esta avenida se sitúa áreas verdes de 8m de ancho. La avenida en mención no dispone de una semaforización.

Para realizar la propuesta de modelo de la intersección semaforizada se utiliza los datos obtenidos en campo y se procesan mediante el programa VISSIM 8. Se realiza el modelo actual de la intersección, luego se realiza un modelo de calibración de datos y finalmente se realiza el modelo de rediseño de la intersección.

Datos procesados en VISSIM

Se utilizaron los siguientes datos de entrada para el análisis del modelo actual, la calibración y validación del mismo.

5.1.1. Datos de entrada

Después del desarrollo de vías y definición de vehículos y peatones, se procede a registrar los datos obtenidos en campo tales como flujo peatonal y vehicular.

Entrada de vehículos y peatones (vehicule inputs)

Se registra el volumen obtenido de vehículos del modelo actual como se muestra en la figura 62 y el volumen de peatones como se muestra en la figura 63.

Vehicle Inputs / Vehicle Volumes By Time Interval					
Coun	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	14	Bermudez 1 de frente	1: Jiron Pablo Bermudez	95.0	1: Jiron Pablo Bermudez
2	16	Bermudez 1 doblan	1: Jiron Pablo Bermudez	32.0	1: Jiron Pablo Bermudez
3	17	Bermudez 2 doblan	1: Jiron Pablo Bermudez	286.0	1: Jiron Pablo Bermudez
4	18	Av. Maximo Abril 1.1	2: Av. Maximo Abril 1	206.0	2: Av Maximo Abril 1
5	19	Av. Maximo Abril 1.2	2: Av. Maximo Abril 1	206.0	2: Av Maximo Abril 1
6	20	Bermudez 2 de frente	1: Jiron Pablo Bermudez	95.0	1: Jiron Pablo Bermudez
7	21	Bermudez 3	1: Jiron Pablo Bermudez	509.0	1: Jiron Pablo Bermudez
8	22	Bermudez 4	1: Jiron Pablo Bermudez	509.0	1: Jiron Pablo Bermudez

Figura 62. Entrada de vehículos

Fuente: Elaboración propia

Pedestrian Inputs / Pedestrian Volumes By Time Interval					
Coun	No	Name	Area	Volume(0)	PedComp(0)
1	1		2: Area espera 1	544.0	1: Pedestrians
2	2		3: Area espera 2	544.0	1: Pedestrians
3	3		1: Isla peatonal Av Maximo Bermude	544.0	1: Pedestrians
4	4		4: Area espera 4	40.0	1: Pedestrians

Figura 63. Entrada de peatones

Fuente: Elaboración propia

Asignación de rutas

En este paso, se procede a distribuir el flujo vehicular o peatonal de una vía a las probables rutas que puedan circular los vehículos. Por ejemplo, de la vía principal jirón Pablo Bermudez en sentido este-oeste, los vehículos pueden seguir de frente o girar a la derecha solo los carriles próximos. Mientras que de la avenida Maximo Abril solo se puede girar hacia la derecha e incorporarse al flujo del jirón Pablo Bermudez.

A continuación, en la figura 64 se presenta un ejemplo de asignación de ruta del jirón Pablo Bermudez. En total se obtuvieron 5 asignaciones de rutas, 3 para el jirón Pablo Bermudez y 2 para la avenida Maximo Abril.



Figura 64. Asignación de ruta del jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Tiempos del semáforo

Para la obtención de señales de control para el rediseño de la intersección estudiada se observaron los tiempos de semáforo de las avenidas próximas a la intersección, es decir la avenida Salaverry y la avenida Arenales. Luego se registra los tiempos de semáforos adecuados y posteriormente se verifica al correr el software.

En la figura 65 mostrada a continuación, se muestran los tiempos de semáforos utilizados para la propuesta de semaforización.

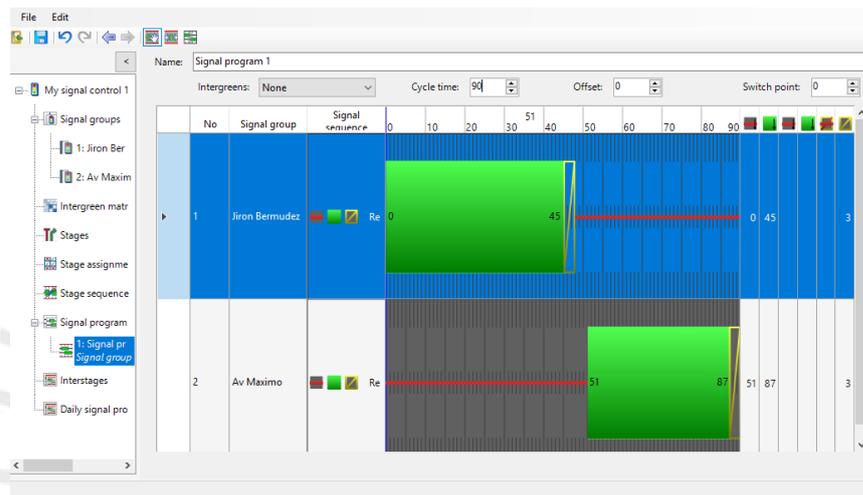


Figura 65. Ciclo semafórico

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un ciclo de semáforo de 90 segundos, con 45 segundos de tiempo de verde para el jirón Pablo Bermudez, y 36 segundos de tiempo verde para la avenida Maximo Abril.

5.1.3. Reglas de prioridades

Finalmente, se termina el modelo mediante prioridades entre peatones y vehículos. Para el jirón Pablo Bermudez, se debe priorizar al peatón cuando este se encuentra en medio de la calzada por el cruce peatonal y el semáforo cambia de rojo a verde, en esa situación los vehículos deben esperar a que la persona logre cruzar totalmente la vía. Por otro lado, para la avenida Maximo Abril, los vehículos deben esperar a que las personas logren cruzar hasta la isla (áreas verdes) cuando el semáforo cambie de rojo a verde.

5.2. Calibración del modelo

Se realiza un modelo de calibración de datos con el fin de validar posteriormente los resultados finales utilizando parámetros de lugar de estudio. Para lograr la calibración, se modificará los parámetros de Wiedmann hasta lograr que los resultados del programa VISSIM 8 sean comparables con los del campo. Asimismo, se tendrá en cuenta un nivel específico de confiabilidad y margen de error.

Se considera señales de control semejantes al modelo actual, que comprende un ciclo semafórico de 90 segundos; 45 segundos para el jirón Pablo Bermudez y 39 segundos para la avenida Maximo Abril. Adicionalmente se cuenta con similar regla de prioridades. Los flujos considerados para la calibración varían menos del 5% con el modelo actual e indican, al usar el programa, una correcta validación de calibración.

El parámetro de eficiencia utilizado para este estudio es el tiempo de viaje para un intervalo específico del jirón Pablo Bermudez. Se obtuvo un valor promedio de 6.48 segundos con una desviación estándar de 0,68 segundos.

A continuación, se muestra, en la figura 70, el intervalo en consideración para el registro de tiempo de viaje que mide 51.4m aproximadamente.

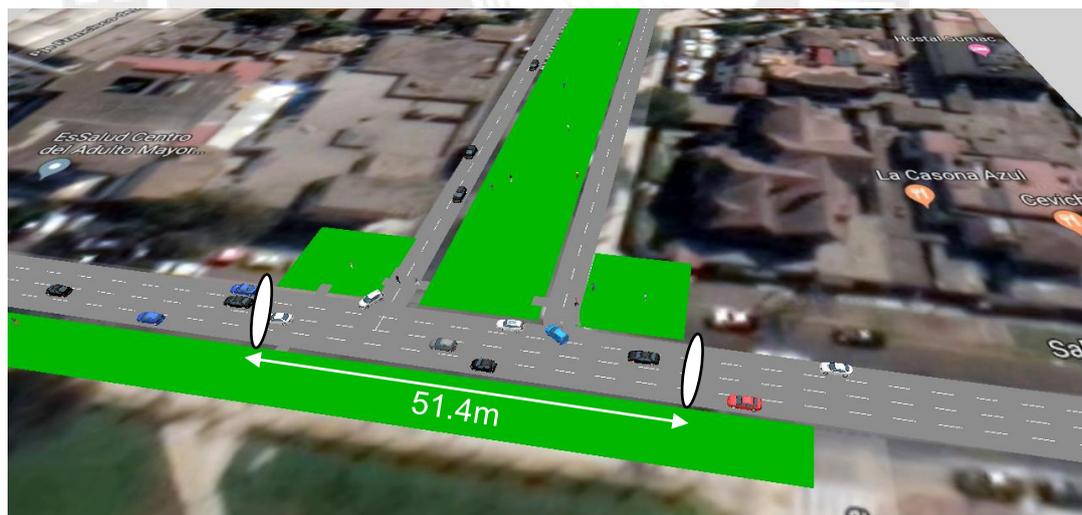


Figura 70. Tramo elegido para la calibración

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de evaluación

El número de corridas por intento fue 20, cumpliéndose el mínimo requerido recomendado por FHWA (2004). Se empezó utilizando los parámetros Wiedemann por defecto del programa y posteriormente se fueron cambiando. En la tabla 10, se observan el número de intentos y los valores registrados.

Tabla 10. Valores para la calibración

INTENTO	ax	bdd	bmul	VALORES		VISSIM		CAMPO	
				mínimo	máximo	MEDIA	DESVIACIÓN	MEDIA	DESVIACIÓN
1	2	3	3	5.75	6.37	5.97	0.28	6.48	0.68
2	1	3	4	5.80	6.37	6.00	0.19	6.48	0.68
3	1	2.5	4.5	5.70	5.70	5.87	0.19	6.48	0.68
4	0.5	2.5	5.5	5.70	6.10	5.87	0.19	6.48	0.68
5	1	3	5	5.72	6.19	5.92	0.28	6.48	0.68
6	1.25	3.25	6.5	5.80	6.37	6.00	0.56	6.48	0.68
7	1.5	3.5	6.5	5.82	6.84	6.05	0.47	6.48	0.68
8	1.5	4	7	5.80	6.67	6.02	0.38	6.48	0.68
9	1.5	4	6.75	5.85	6.59	6.10	0.61	6.48	0.68
10	1.25	4	7	5.85	6.59	6.10	0.56	6.48	0.68
11	1	4	7	6.00	7.83	6.05	0.56	6.48	0.68
12	1	3.5	7	5.95	7.14	6.17	0.40	6.48	0.68
13	1	2.75	7	5.92	6.52	6.10	0.28	6.48	0.68
14	1	3.75	7	5.85	7.53	6.22	0.47	6.48	0.68
15	1	2.25	6.25	5.95	6.52	6.17	0.38	6.48	0.68
16	1	2.2	6	5.90	6.69	6.15	0.38	6.48	0.68
17	1	2.5	7.25	5.97	7.48	6.28	0.45	6.48	0.68
18	1	2.25	7	5.90	7.53	6.17	0.40	6.48	0.68
19	1	4	7.5	5.68	7.22	5.91	0.56	6.48	0.68
20	1	4.5	8	5.72	7.92	6.00	0.38	6.48	0.68
21	1	3.5	8.25	5.80	7.01	6.14	0.47	6.48	0.68
22	1	5	9	6.02	8.84	6.32	0.62	6.48	0.68
23	1	4.5	8.5	5.72	7.50	6.19	0.52	6.48	0.68
24	1	4.25	7.5	5.91	5.63	6.10	0.54	6.48	0.68

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se escogió el intento numero 22 debido a que sus valores eran más próximos a los obtenidos en campo. El intento 22 comprende los parámetros ax=1, bdd=5, bmul=9, valor mínimo 6.02s, valor máximo 8.84s, media 6.32s y desviación estándar de 0.62s. No obstante, para poder verificarlo, se tuvo que realizar un análisis estadístico (prueba de hipótesis) con un nivel de confiabilidad del 95% y margen de error permitido.

Hipótesis nula: Si $u_1=u_2$

Condición:

$$(X_1 - X_2) - t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \times \sqrt{\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) X \sqrt{Sp^2}} < (u_1 - u_2) < (X_1 - X_2) + t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \times \sqrt{\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) X \sqrt{Sp^2}}$$

$$Sp^2 = \frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Se tiene el siguiente intervalo de confianza:

Nivel de confianza: 95%

Gdl: N_1+N_2

Donde:

X1: media muestral de campo

X2: media muestral de Vissim

N1: cantidad de datos considerados para la muestra de campo

N2: cantidad de datos considerados para la muestra de Vissim

S1: desviación estándar muestral de campo

S2: desviación estándar muestral de Vissim

Gdl: grados de libertad

$t(\alpha/2)$: valor obtenido mediante la distribución t-student, grados de libertad y nivel de confianza

Se verifica el intento 21:

X1=6.48s, S1=0.68s; N1=300

X2=6.32s; S2=0.62s; N2=24; $t(\alpha/2) = 4.1$; nivel de confianza:95%; margen de error = 0.632s, Gdl=315

Número mínimo de corridas $N^{\circ} = \left(\frac{4.1 \cdot 0.62}{0.632}\right)^2 = 16.18$; por lo tanto, el número de corridas es suficiente.

Mediante los ajustes en los parámetros de Wiedmann, se logró representar el modelo de la vía estudiada; es decir, la diferencia de los valores de medias total se encuentra en el intervalo de confianza definido (ver figura 71), y por eso, el modelo esta calibrado.

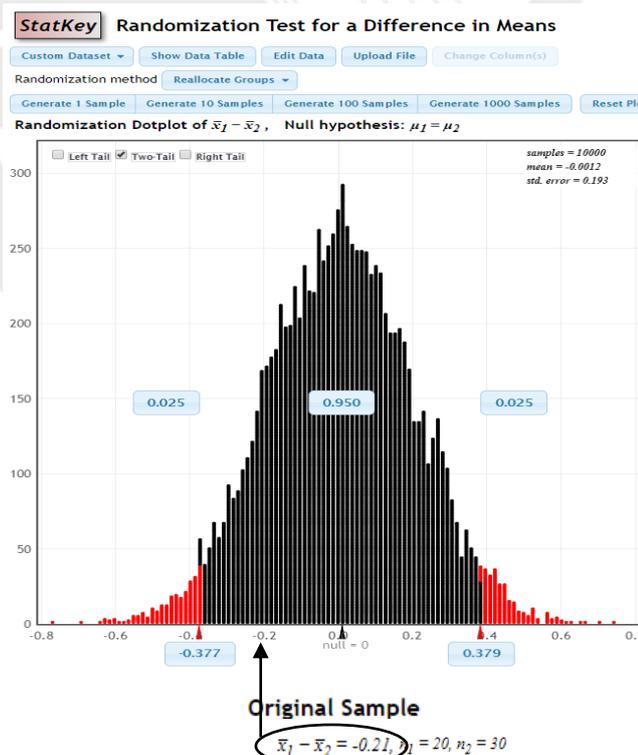


Figura 71. Análisis estadístico para la calibración

Fuente: Elaboración propia

5.3. Validación del modelo

Para la validación, se realizó el mismo procedimiento que la calibración. Se obtuvieron los datos del flujo peatonal, ciclista y vehicular en una hora crítica en una fecha diferente a la calibración.

Se utilizan las mismas ecuaciones de la calibración para la validación y se verificó que al realizar 20 intentos en el programa, se obtenía un número adecuado respecto a los resultados obtenidos.

La validación se realizó en el mismo tramo y no hubo consideraciones adicionales en la intersección debido a que es una intersección no semaforizada. Una vez validado el modelo (ver figura 72), se verifica que la simulación funciona para más de un escenario en la vía de estudio.

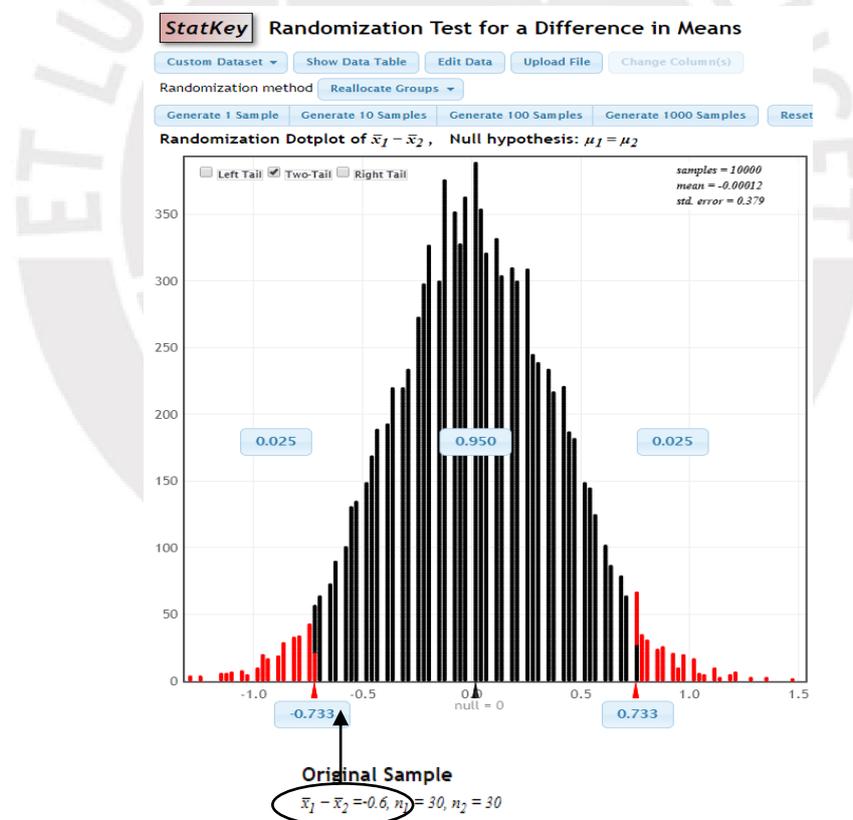


Figura 72. Análisis estadístico para la validación

Fuente: Elaboración propia

6. PROPUESTA DE REDISEÑO

La ciclovía implementada es de un solo sentido este-oeste de punto de partida la Avenida Arequipa y de punto de llegada la Avenida Salaverry, es decir, va en el mismo sentido del flujo vehicular.

6.1. Rediseño geométrico del jirón Pablo Bermudez

El jirón Pablo Bermudez actualmente solo utiliza tres de los cuatro carriles, como se muestra en la figura 73. Este último situado en el lado derecho será modificado a una ciclovía, de esta manera se espera no variar el flujo vehicular presentado.

La propuesta de mejora considera el rediseño del jirón de sección transversal igual a 18.8 metros en total, que cuenta con 10.8 m de ancho de 4 carriles.

Se plantea redistribuir los espacios de la manera de utilizar el carril derecho actualmente utilizado como estacionamiento inapropiado con un ancho de 2.7 metros a una ciclovía de 2 metros de ancho y 0.7m de protección física, como es mostrado en la figura 74.

Además, se debe demarcar de manera precisa la señalización horizontal en cada ingreso y salida de vehículos como también en cada intersección. La protección al ciclista mediante el espacio de delimitación es constante en toda la vía.

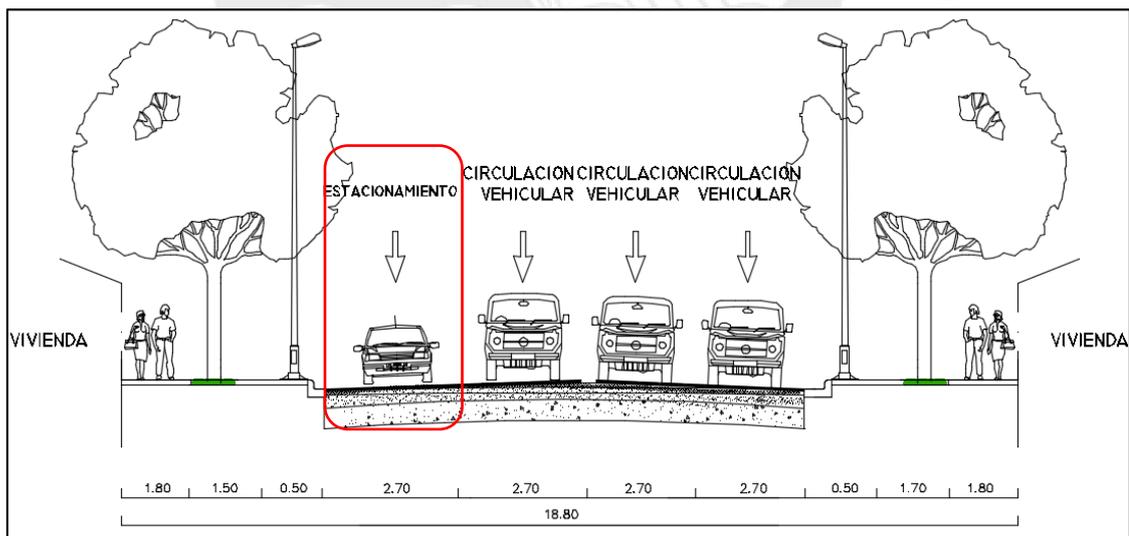


Figura 73. Sección transversal actual del jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

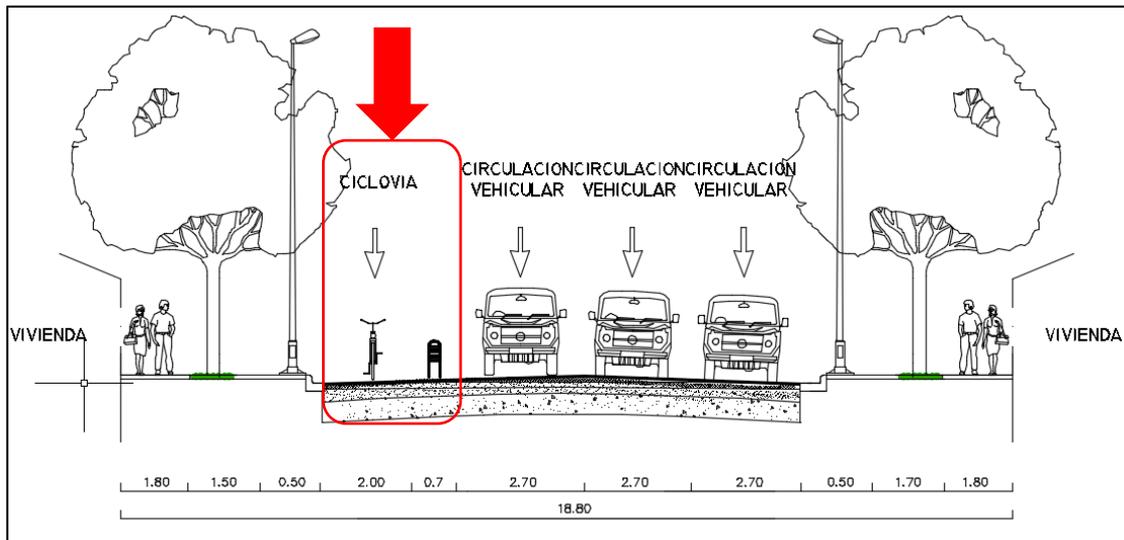


Figura 74. Sección transversal rediseñada del jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

6.2. Propuesta de semaforización

Para elaborar la propuesta de la semaforización de la intersección estudiada se consideraron todos los datos característicos previamente ya mostrados, como mapa base, links, conectores, definición de vehículos y peatones, asignación de rutas, regla de prioridades y parámetros de wiedemann y peatones. Sin embargo, para el rediseño se incluyó el flujo del ciclista y se convirtió el carril derecho del jirón Pablo Bermudez en una ciclovia con su respectiva protección. Esta ciclovia tiene como dirección de flujo el mismo al jirón, y debe considerar de igual manera las fases y tiempos de semáforo planteados en la figura 75.

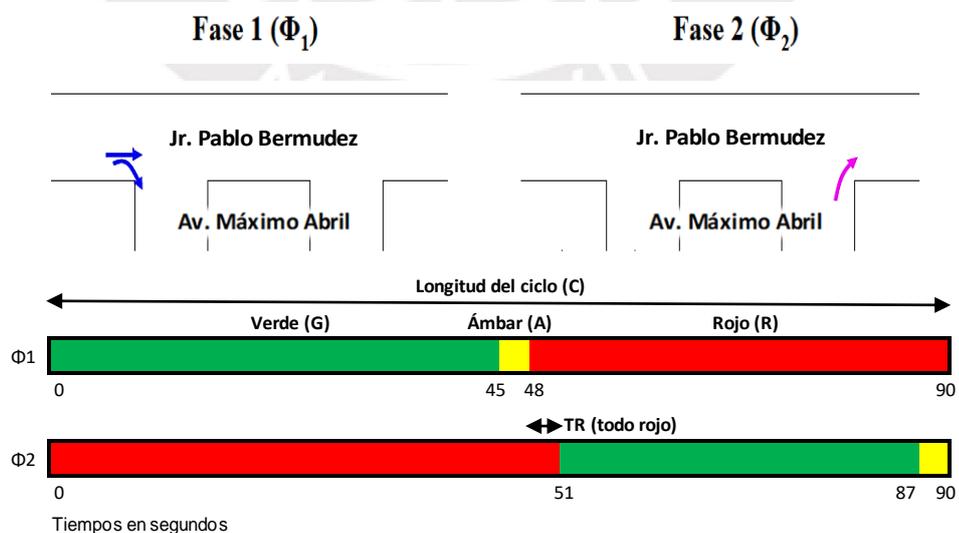


Figura 75. Fases y tiempos de semáforo de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

6.3. Rediseño de la intersección de estudio

Se presentan los cambios del diseño geométrico y señalización en la intersección estudiada vista en planta en AutoCAD, en las figuras 76 y 77, con el fin de situar de mejor manera al lector.

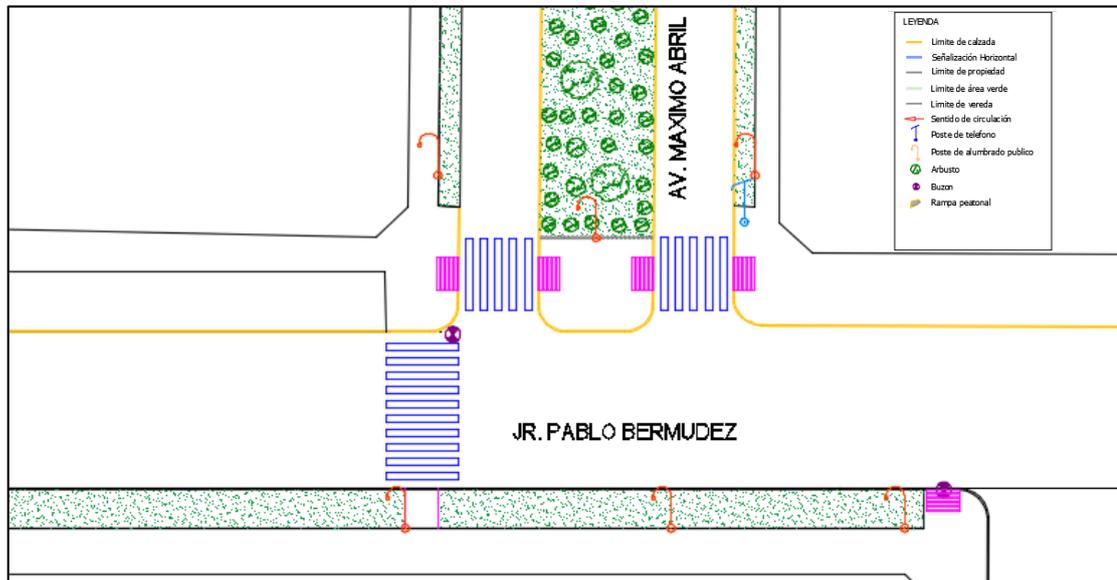


Figura 76. Intersección estudiada actual

Fuente: Elaboración propia

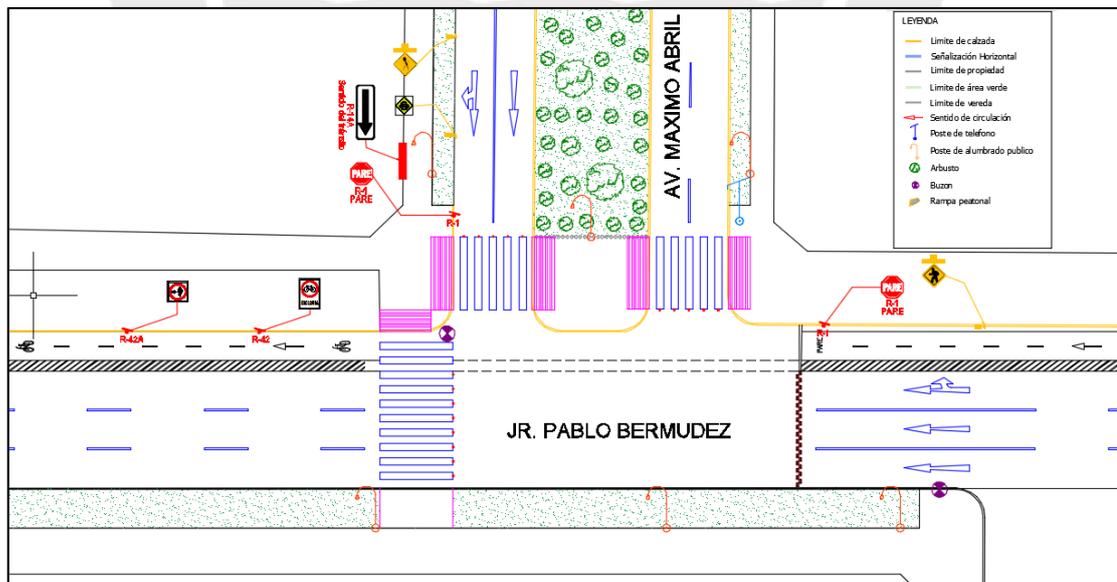


Figura 77. Rediseño de la intersección estudiada

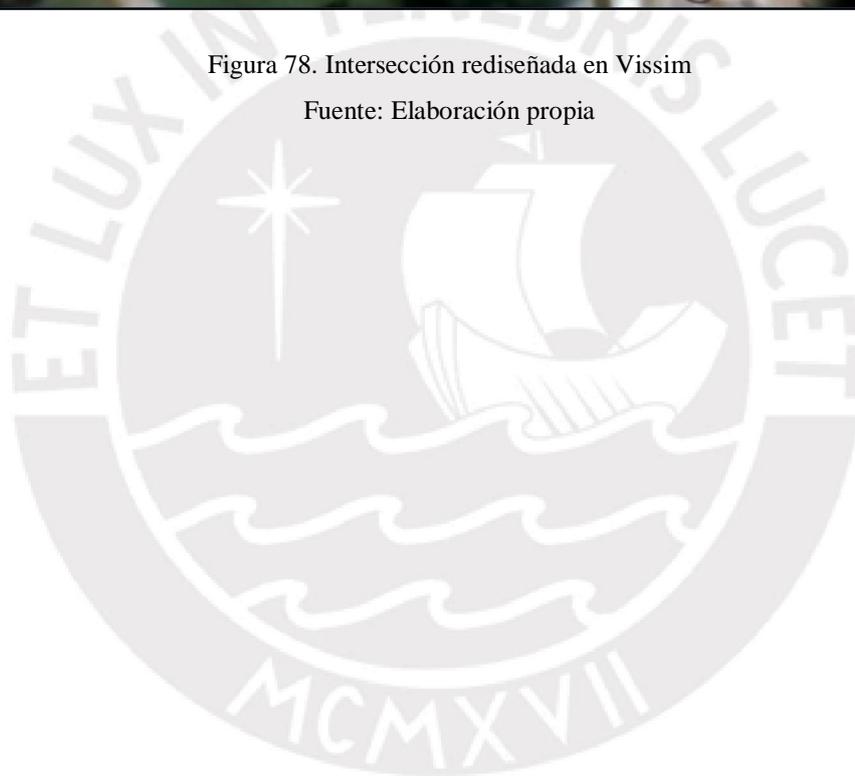
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta el rediseño de la intersección estudiada en vista 3D mediante Vissim en la figura 78.



Figura 78. Intersección rediseñada en Vissim

Fuente: Elaboración propia



7. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Evaluación y análisis de resultados

A continuación, se presentan los gráficos comparativos entre el modelo original y el nuevo modelo (rediseño). Asimismo, se realizó un análisis estadístico para cada medida de comparación. Se verifica la hipótesis alternativa $u_1 < u_2$ para tiempo de viaje de vehículos, demoras, y velocidad promedio de peatones y ciclistas. Además, se verifica la hipótesis alternativa $u_1 > u_2$ para tiempo de viaje, demoras de peatones y ciclistas, y velocidad promedio de vehículos. Posterior a esto, se analizan principalmente los resultados obtenidos para peatones y ciclistas, y adicionalmente, se muestran los cambios en diferentes medidas de comparación de los vehículos.

Estos resultados fueron obtenidos mediante el programa VISSIM 8, tomando como referencia a los parámetros de eficiencia presentados en el acápite 5.2.

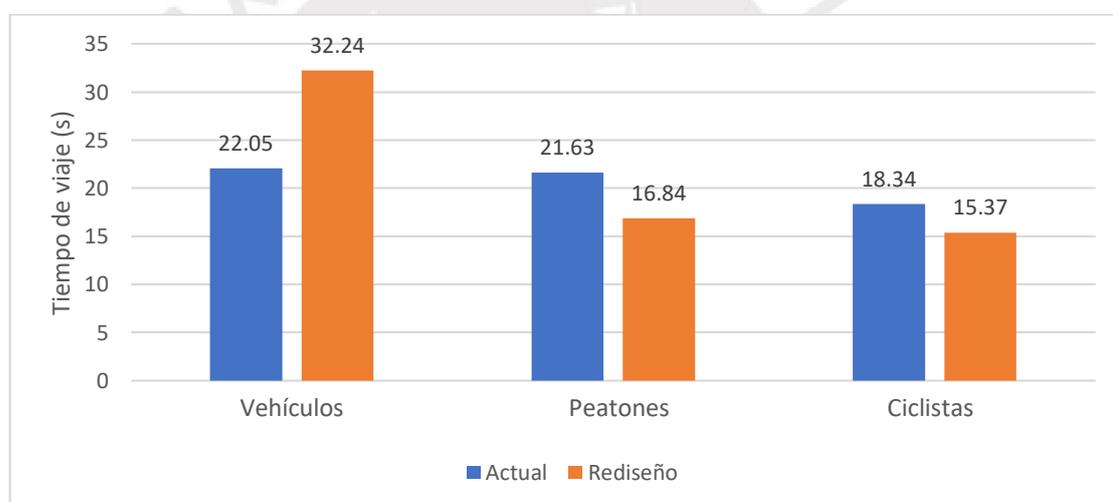


Figura 79. Tiempos de viaje en el jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

En la figura 79 se puede apreciar la comparación de tiempo de viajes de vehículos, peatones y ciclistas. En el caso de los vehículos se puede observar cómo a raíz del rediseño se incrementa en un 46% el tiempo de viaje. En el caso de los peatones y ciclistas, a diferencia de los vehículos, se presenta un decremento en el tiempo de viaje del 22% y 16% respectivamente. Sin embargo, para saber si estos resultados son significativos se realizó el análisis estadístico de cada usuario mostrado a continuación en las figuras 80 y 81.

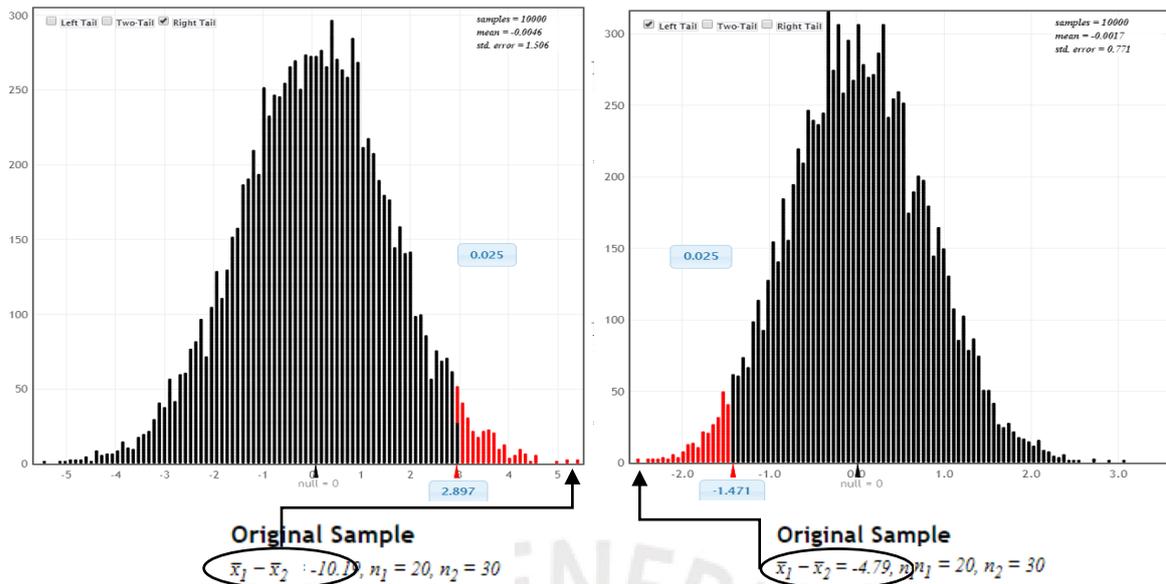


Figura 80. Análisis estadístico de tiempos de viaje de vehículos y peatones respectivamente

Fuente: Elaboración propia

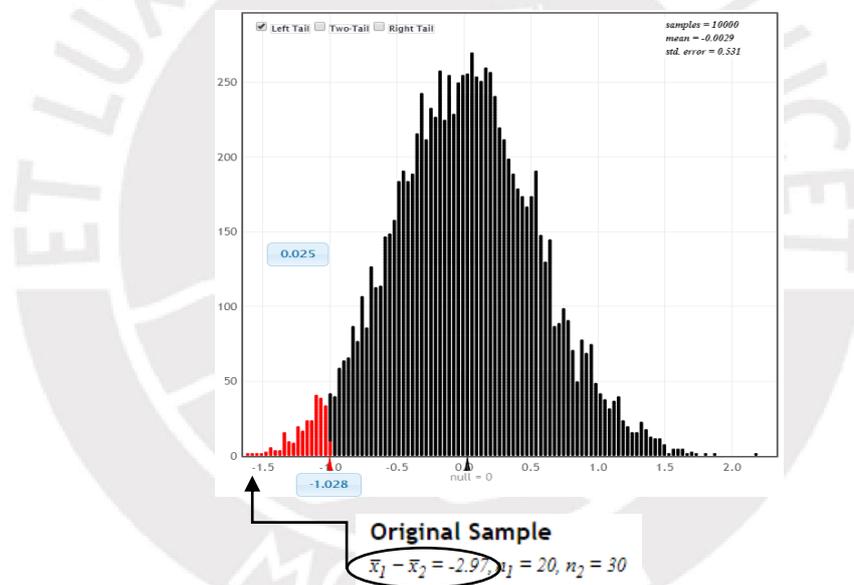


Figura 81. Análisis estadístico de tiempos de viaje de ciclistas

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, se realizó la comparación de demoras de vehículos, peatones y ciclistas como se observa en la figura 82. Los resultados indican que en el caso de los vehículos se incrementa en un 80% las demoras debido al rediseño. Sin embargo, en el caso de los peatones y ciclistas se presenta un decremento en las demoras del 20% y 15% respectivamente. Asimismo, se realizaron los análisis estadísticos respectivos a fin de conocer si los resultados son significativos.

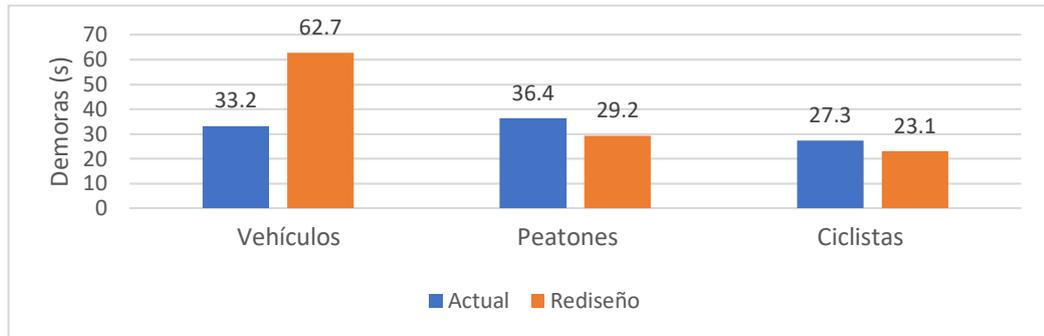


Figura 82. Demoras en el jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

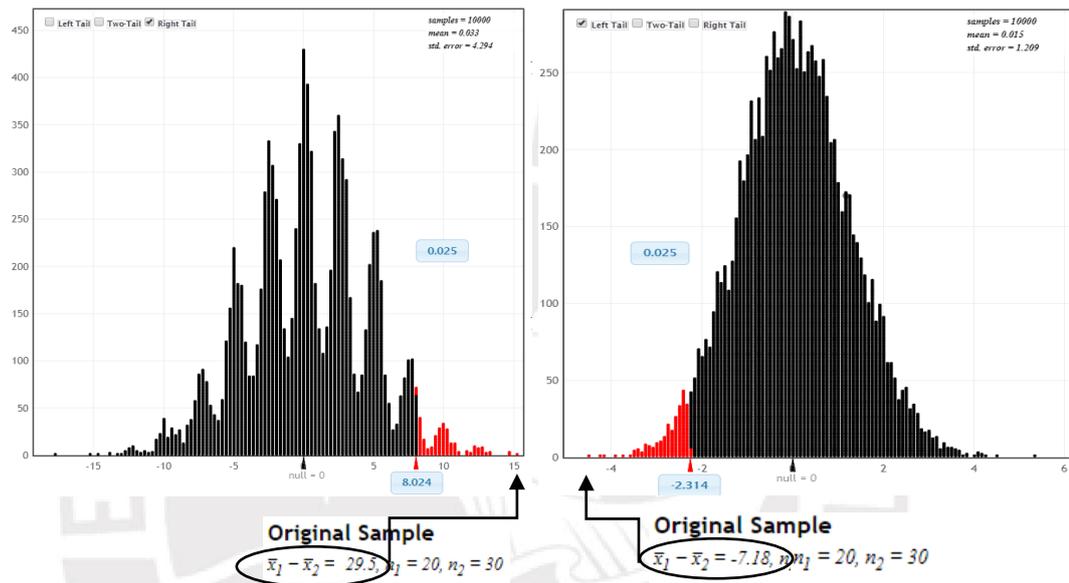


Figura 83. Análisis estadístico de demoras de vehículos y peatones respectivamente

Fuente: Elaboración propia

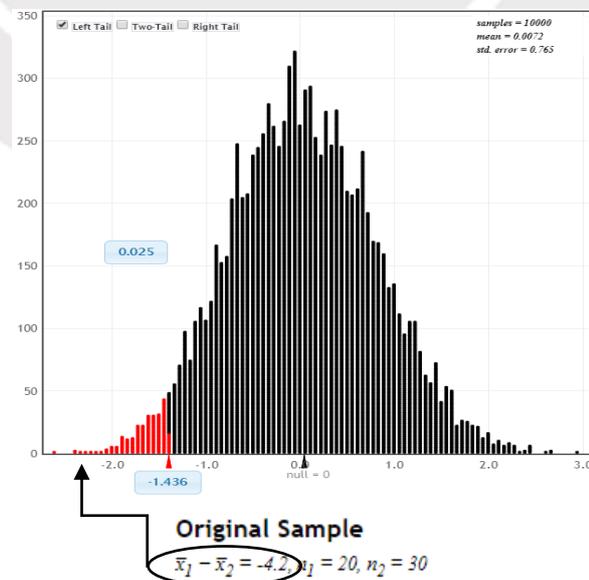


Figura 84. Análisis estadístico de demoras de ciclistas

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 79 y 82, se observan que los tiempos de viaje y las demoras para los vehículos son mayores en el rediseño en comparación con el modelo actual. Esto se debe, principalmente, a que se implementó un ciclo semafórico en la intersección, que regula el comportamiento del flujo vehicular y peatonal. Este ciclo semafórico regula fases en la que dichos usuarios podrán cruzar la intersección sin entrar en conflicto con ningún vehículo motorizado.

Asimismo, se presenta una mejoría para los peatones y ciclistas, ya que se reduce los tiempos de viaje y demora en la intersección, mejorando así el servicio brindado.

Además, en la figura 85 se puede observar en los resultados que existe un incremento de 50% en la velocidad promedio de peatones que cruzan. Por otro lado, se observa una reducción de 21% de velocidad de vehículos y 34% de velocidad de ciclistas; esto se evidencia debido a que se regula y ordena mejor el avance de los mismos mediante la semaforización de la intersección estudiada.

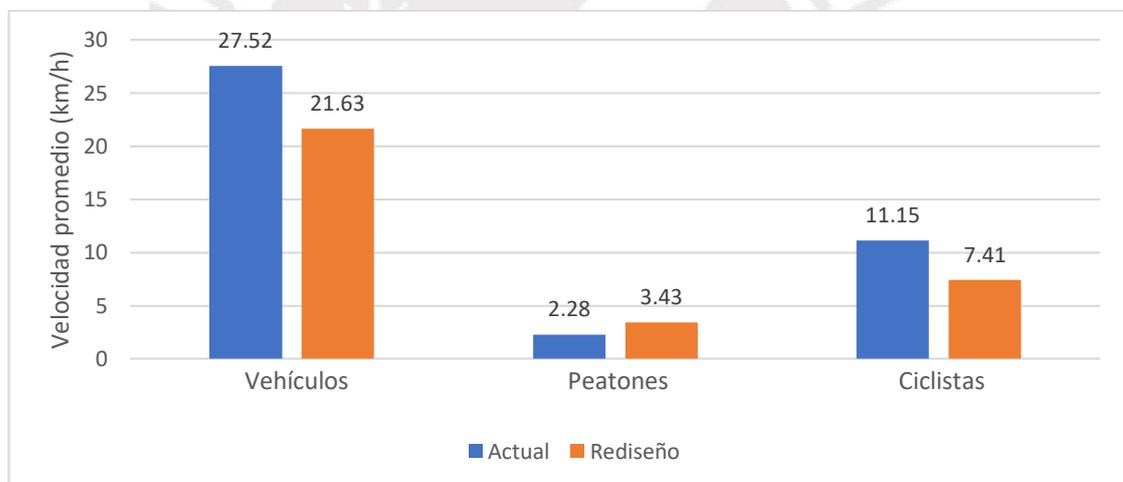


Figura 85. Velocidad promedio en el jirón Pablo Bermudez

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al igual que el análisis del tiempo de viaje y demoras, se realizaron los análisis estadísticos respectivos para saber si los resultados son significativos como se muestran en las figuras 86 y 87.

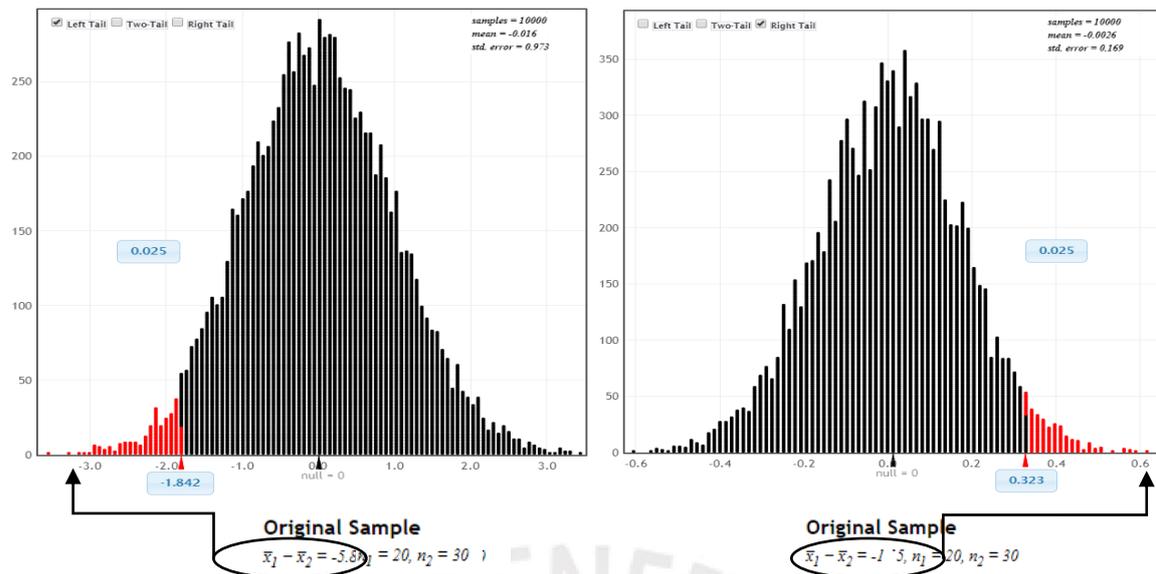


Figura 86. Análisis estadístico de velocidad promedio de vehículos y peatones respectivamente

Fuente: Elaboración propia

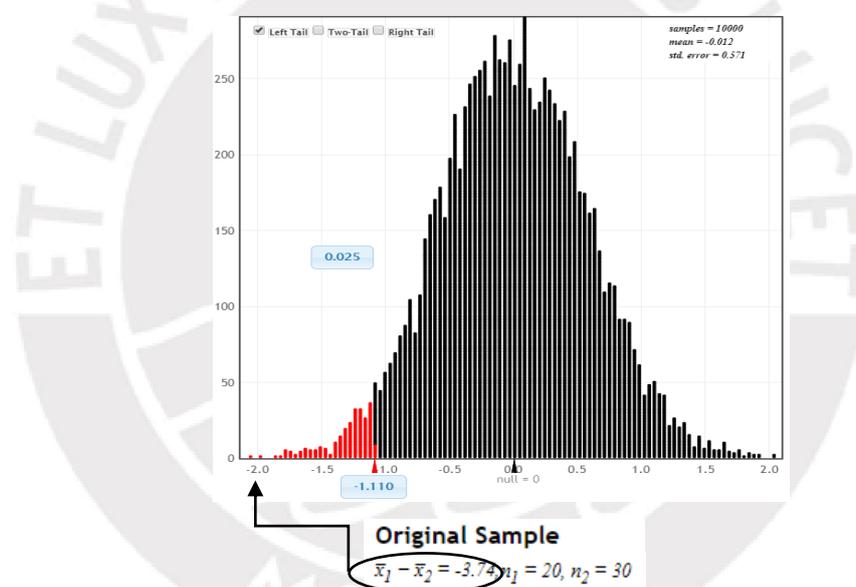


Figura 87. Análisis estadístico de demoras de ciclistas

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se hace énfasis en lo anterior expuesto, al corroborar que no se perjudica el flujo de vehículos debido a que no se redujo la capacidad de la vía, sino al contrario, se aprovechó en utilizar un carril sin flujo en una ciclovía con protección.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rediseño propuesto, explicado previamente, es potencialmente favorable para todos los usuarios del jirón Pablo Bermudez debido a que modifica un carril no utilizado de manera correcta sin alterar las dimensiones próximas de los otros carriles y las bermas. Sin embargo, es importante que la distribución de la ciclovía y su respectiva protección sean de calidad y de espacio suficiente que garantice la seguridad y comodidad del usuario.

En base a los resultados obtenidos tanto el rediseño del jirón Pablo Bermudez así como la propuesta de semaforización con la intersección de la avenida Maximo abril, se mencionan las conclusiones y recomendaciones siguientes:

8.1. Conclusiones

Objetivo 1: Brindar continuidad a las ciclovías de la avenida Arequipa y la avenida Salaverry mediante el replanteo del diseño actual de la vía estudiada

En esta propuesta se analizó los puntos de entrada y salida vehicular a lo largo de los 510m del jirón, las líneas de deseo de cruce peatonal, las intersecciones con vías como la avenida Maximo Abril, el lugar de estudio, el tipo de vía, y las características geométricas propias de la vía.

De la evaluación de la vía, se concluye que la distribución de la vía actual no es utilizada correctamente, los alcances y limitaciones de los usuarios no está debidamente referenciado y existe un potencial tramo de la vía que puede ser aprovechado por otro medio de transporte.

En el presente proyecto se obtuvo una propuesta de rediseño que consideró las dimensiones recomendadas y señalización de acuerdo a la comparación entre guías y manuales presentados en el acápite 2.3.

Se concluyó que, debido a sus características, la vía estudiada tenía un potencial de redistribución de los cuatro carriles de la vía hacia tres carriles, modificándose éste último a una ciclovía de 2m de ancho unidireccional por el lado derecho en el sentido Este-Oeste y una protección física de 70cm.

Objetivo 2: Mejorar la intersección entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Máximo Abril a través de su rediseño, señalización e implementación de fase semafórica

En el presente estudio, se realizó una redistribución de espacios en la intersección y se señalaron verticalmente y horizontalmente según los manuales presentados a fin de situar a los usuarios de la vía sobre sus alcances y limitaciones.

Posteriormente, se realizó la propuesta de semaforización de la intersección entre el jirón Pablo Bermudez y la avenida Maximo Abril. Los datos necesarios para realizar fueron obtenidos en campo mediante la videograbación y hojas de cálculo, obteniéndose así los flujos vehiculares y ciclistas.

Después del procesamiento de datos, la calibración del modelo y el modelo de propuesta como semaforización, se concluye que no sólo al incorporar una ciclovía se reduce la capacidad de la vía para la intersección, sino, además, se reduce la velocidad de vehículos al re-ordenarse mejor con un ciclo semafórico.

Si bien el reordenamiento del flujo vehicular por medio del ciclo semafórico dispone de incremento en demoras y reducción de velocidades, lo regula, optimizando mejor el flujo vehicular en la intersección en horas pico, evitando así atascos en el mismo.

A diferencia de los vehículos, los peatones y ciclistas usuarios de la vía son beneficiados ya que se comprueba la reducción de los tiempos de viaje, las demoras y un incremento de la velocidad de los mismos además de regular el cruce peatonal. Los favorecidos del proyecto, en conclusión, son todos los usuarios de la vía, es decir, los conductores, los peatones y los ciclistas, lo que indica un proyecto potencialmente viable.

Finalmente, se concluye que el uso del software Vissim resulta muy funcional en el estudio de las vías, así como la interacción de cada usuario que circula en la vía. De esta manera representa una manera correcta y similar al sistema real. Además, en caso se requiera, se puede modificar los datos de entrada para obtener resultados óptimos.

8.2. Recomendaciones

Para realizar el rediseño del jirón Pablo Bermudez se debe tener como registro los aforos vehiculares, peatonales y ciclistas, así como también las características geométricas del lugar y el tipo de vía. De esta manera obtener un sistema en conjunto que trabajen con un adecuado funcionamiento.

Es muy importante para el desarrollo del proyecto, el correcto registro de los aforos mencionados debido a que esta información es esencial para el estudio del mismo. Por eso, se debe contar con las herramientas adecuadas y apoyo capacitado de personas en el tema.

Con respecto al rediseño del jirón Pablo Bermudez, es posible utilizar una protección física, como elemento segregador, con bloques de concreto o bolardos de acero como también elementos de paisajismo (árboles y arbustos).

Sin embargo, si se desea implementar vegetación debe tener una altura menor a 80cm para arbustos próximos a cruces peatonales para permitir la visibilidad de un peatón infante y además que la vegetación sea menor a 225 cm con el fin de evitar la invasión de la parte superior de la vía (MT Colombia, 2016).

En relación al análisis de diseño de la intersección estudiada, se debe considerar los aforos actuales en cada acceso afín de obtener un ciclo óptimo del semáforo, en especial, el tiempo de verde efectivo cuyo valor deberá ser el adecuado para prevenir atrasos en la intersección.

Finalmente, afín de poder representar adecuadamente la intersección en el programa Vissim, se debe analizar los resultados parciales obtenidos mientras se construye el modelo verificando que los valores obtenidos sean similares a los obtenidos en campo. De esta manera, se evitan arrastre de errores, los cuales podrían variar resultados finales y terminar en conclusiones erradas para el estudio.

9. BIBLIOGRAFÍA: ACADÉMICA, LEGAL Y ESTADÍSTICA

AAP (2017). Estadísticas Venta e Inmatriculación de Vehículos Nuevos. Asociación Automotriz del Perú AAP. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2018]. Recuperado de https://aap.org.pe/estadisticas/ventas_inmatriculaciones_vehiculos_nuevos/

Alcalá, M. (2016). Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Aramburu, M. (2008). Usos y significados del espacio público. ACE: Architecture, City and Environment, 3(8), 143–151. [Fecha de consulta: 3 de noviembre del 2018]. Recuperado de <https://doi.org/10.5821/ace.v3i8.2461>

Arrieta, K. (2013). Modelación del tráfico vehicular con el software PTV Vissim -Tramo Bomba El gallo - Bomba El Amparo. Cartagena: Universidad de Cartagena.

Bike East Bay (2016). Berkeley Unanimously Approves Bancroft Way Cycle Track. Bike East Bay Organization.

BID (2015). Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe. Guía para impulsar el uso de la bicicleta. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2018]. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/6808>

Borja, J. (2003). La ciudad conquistada (pp. 122-129). Alianza Editorial. Madrid, España.

Braess, Dietrich, Anna Nagurney y Tina Wakolbinger (2005), “On a paradox of traffic planning”, Transportation science, 39 (4), Informs, Hanover, pp. 446-450.

Braess, Dietrich (1968), “Über ein paradoxon aus der verkehrsplanung”, Unternehmensforschung 12, Würzburg , Heidelberg, pp. 258-268.

Bull, A. (2003). Congestión de Tránsito – El problema y cómo enfrentarlo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – GTZ GmbH. Santiago de Chile, Chile.

Cabrera, F. (2018-1). Ingeniería del tráfico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Cabrera, F. (2015). Material escrito del curso virtual Ingeniería de Tráfico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

- Cal, R., Reyes, M. & Cárdenas, J. (2007). Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición. México D.F.
- Carmichael, C., & Burke, E. (2004). BICICLETA: Salud y ejercicio. Tercera Edición. Barcelona, España.
- Céntrico (2017). Rediseño de la histórica Av. Acueducto en Morelia. Equipo de especialistas Céntrico. Morelia, Michoacán, México. [Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2018]. Recuperado de <https://www.centrico.mx/infraestructura-ciclista/redisenode-la-historica-av-acueducto-en-morelia/>
- Cowan, J.R. (1975). Useful headway models, Transportation Research 9(6), pp. 371-375.
- De Rus, G., Campos, J. & Nombela, G. (2003). Economía del transporte. Antoni Bosch. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Barcelona, España.
- ECF (2002). En bicicleta al trabajo beneficios claros para todos/as. Sevilla en Bici. 1998. Federación de Ciclistas Europeos – ECF. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2018]. Recuperado de http://www.sevilla.org/sevillaenbici/contenidos/2-hazlobien/ventajas/En_bicicleta_al_trabajo.htm
- El Esawey, M. & Sayed, T. (2011). Calibration and validation of micro-simulation models of medium-size networks (pp. 59). Advances in Transportation Studies an international Journal. The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.
- Fehr & Peers (2016). Responding to Berkeley's Need for Safe Bikeways. Fulton Street – Bancroft Way to Channing Way. [Fecha de consulta: 10 de noviembre del 2018]. Recuperado de <http://www.fehrandpeers.com/berkeley-bikeways/>
- Fernández, R, Dextre, J.C (2011). Elementos de la Teoría del tráfico vehicular. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima Perú.
- FHWA (2004). Traffic analysis toolbox Volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040.
- FHWA (2006). Intersection Design – Chapter 6. MASS HIGHWAY 2006 Edition. Federal Highway Administration – FHWA.
- Gehl, J. & Svarre, B. (2013). How to study public life. Washington, DC, EE.UU.

INEI (2009). Perú: Migraciones Internas 1993-2007. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

INEI (2017). Panorama de la Economía Peruana 1950-2016 Año Base 2007. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

ITDP & I-CE. (2011). Ciclociudades Manual Integral de Movilidad ciclista para ciudades mexicanas: IV. Infraestructura. Ciudad de México. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2018]. Recuperado de <http://mexico.itdp.org/documentos/ciclociudades/>

Borja, J. y Muxí, Z. (2000). El espacio público, ciudad y ciudadanía. Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis : Electa, Cop., 415.

Kimber, R. M. y Coombe, R.D. (1980). The traffic capacity of a major/minor priority junction. Report SR 582. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.

Lima Cómo Vamos (2017). Encuesta Lima cómo vamos 2017: VIII Informe de percepción sobre calidad de vida en Lima y Callao. Lima. Lima como vamos: Observatorio ciudadano.

Li Y, Nan S, Gong X, Ma R (2019) A geometric design method for intersections with pre-signal systems using a phase swap sorting strategy. PLoS ONE 14(5): e0217741. Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217741>

Lowe, M.D. (1989), «The Bicycle: Vehicle for a Small Planet», Worldwatch Paper 90, Worldwatch Institute, Washington, September.

LTSA (2004). Cycle Network and Route planning Guide. Land Transport Safety Authority – LTSA, New Zealand.

Macêdo, V & Mendonça de Castro Neto, M. (2014). Considerações sobre a calibração do modelo de car-following do vissim para vias arteriais urbanas. Ceará: Universidad de Federal do Ceará, Brasil.

Municipalidad de Miraflores (2012). Avenida Larco Tendrá Ciclovía. Municipalidad de Miraflores, Lima, Perú.

MML (2017). P. Calderón, C. Pardo, & J.J. Arrué, Eds. Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista. Municipalidad de Lima – ML, Lima, Perú.

MTC (2015). Tantaleán, J & Rodriguez, M. Revisión de avances en el país que hayan desarrollado acciones y estrategias que faciliten el transporte en bicicleta y su respectiva promoción, enmarcadas en las acciones que comprenden la Ley N°29593. Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC.

MTC (2016). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. RD N°16 – 2016 – MTC/14. Perú.

MTC (2018). Manual de carreteras: diseño geométrico DG – 2018. Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC 2018. Lima, Perú.

NACTO (2011). About NACTO. National Association of City Transportation Officials NACTO. Recuperado de <https://nacto.org/>

SCOTIABANK (2018). Reporte Semanal – Enfoques de la semana ECONOMIA. Lima, Perú.

Roess, R., Prassas, E., McShane, W. (2004). Traffic Engineering. Prentice Hall. Upper Saddle River, USA.

Sánchez Ó., De Palma A. (2013). Reflexión sobre enfoques y métodos utilizados en la ciencia de los transportes. Economía, Sociedad y Territorio, vol. Xiii, núm, 43. (pp. 751-778). El Colegio Mexiquense, A.C., México.

Suero, D. (2010). Factibilidad del uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá. Facultad de Ingeniería, Universidad Libre. Bogotá, Colombia.

Pettinga, A., Rouwette, A., Braakman, B., Pardo, C., Kujper, D., De Jong, H., Spapé, I., Zuidgeest, M., Wittink, R., Kager, R., Schepel, S., Godefrooij, T. (2009). Cycling-Inclusive Policy Development: A Handbook. Utrecht.

Transport Research Board, TRB (2000). Highway Capacity Manual 2010. National Research Council, Washington, D.C., USA.

Trafficware (2011) Synchro Studio 8 User Guide, Texas: Trafficware Ltd.

10. REFERENCIAS PERIODISTICAS

Posada, C. (2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. COMERCIO EXTERIOR. Publicado el 26 de febrero del 2018. Recuperado de https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf



RECORRIDO Y REDISEÑO DEL JIRÓN PABLO BERMUDEZ



TESISTA:
JEFF KEVIN
MUNARRIZ NOA

CONTENIDO:
RECORRIDO CICLOVIA
CORTE DE VIA ACTUAL Y
PROYECTADA
PLANTA DE VIA
PROYECTADA

VISTA:
PAISAJISMO

SIMBOLOGIA

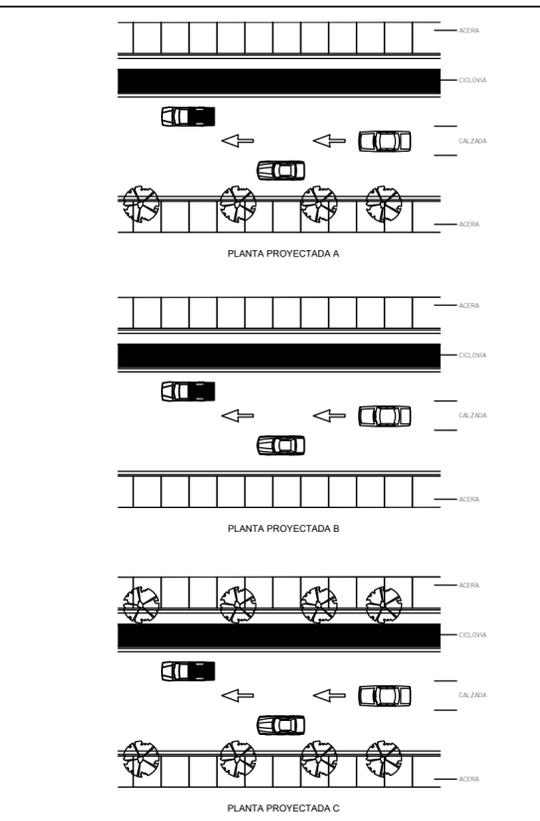
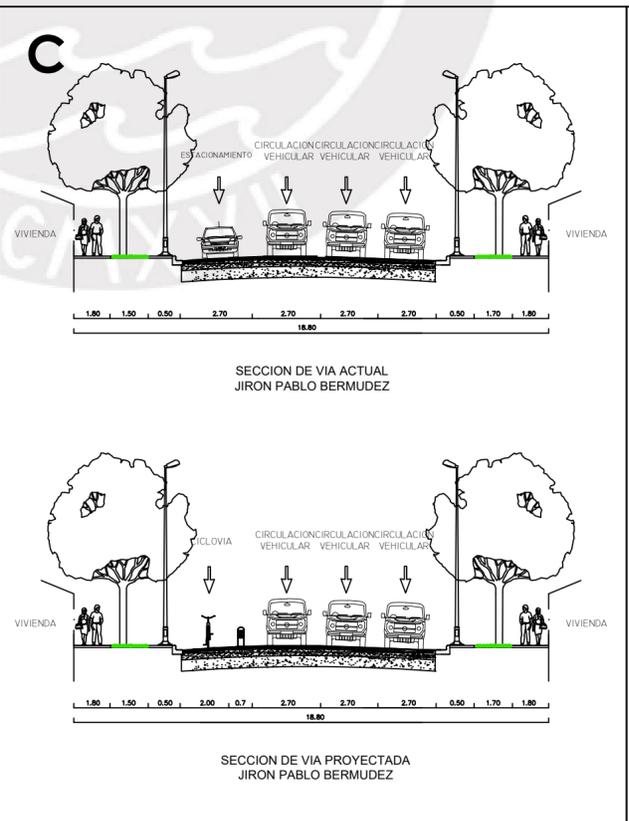
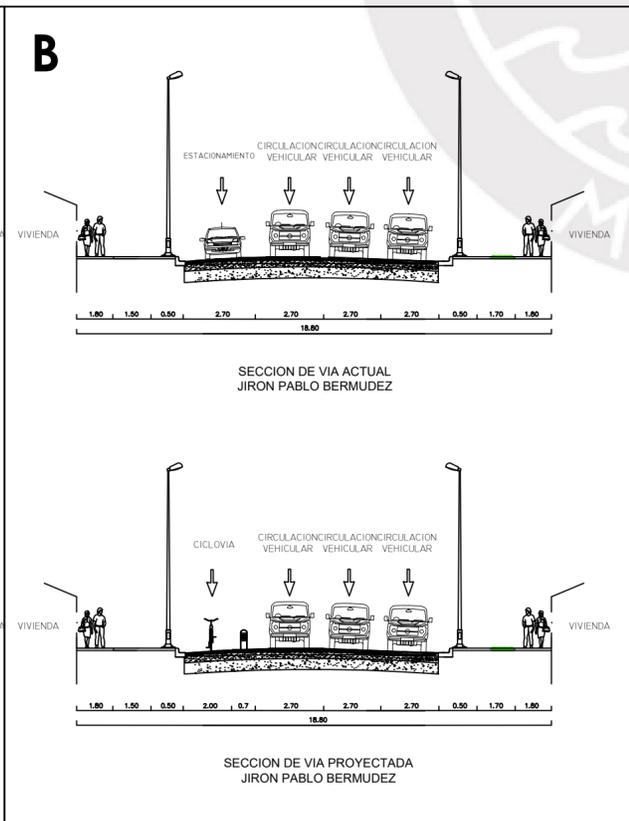
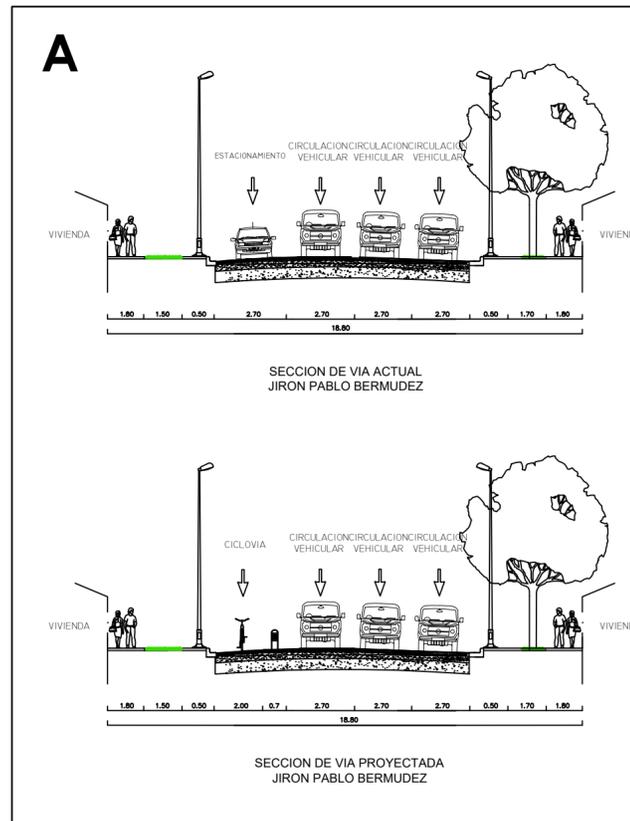
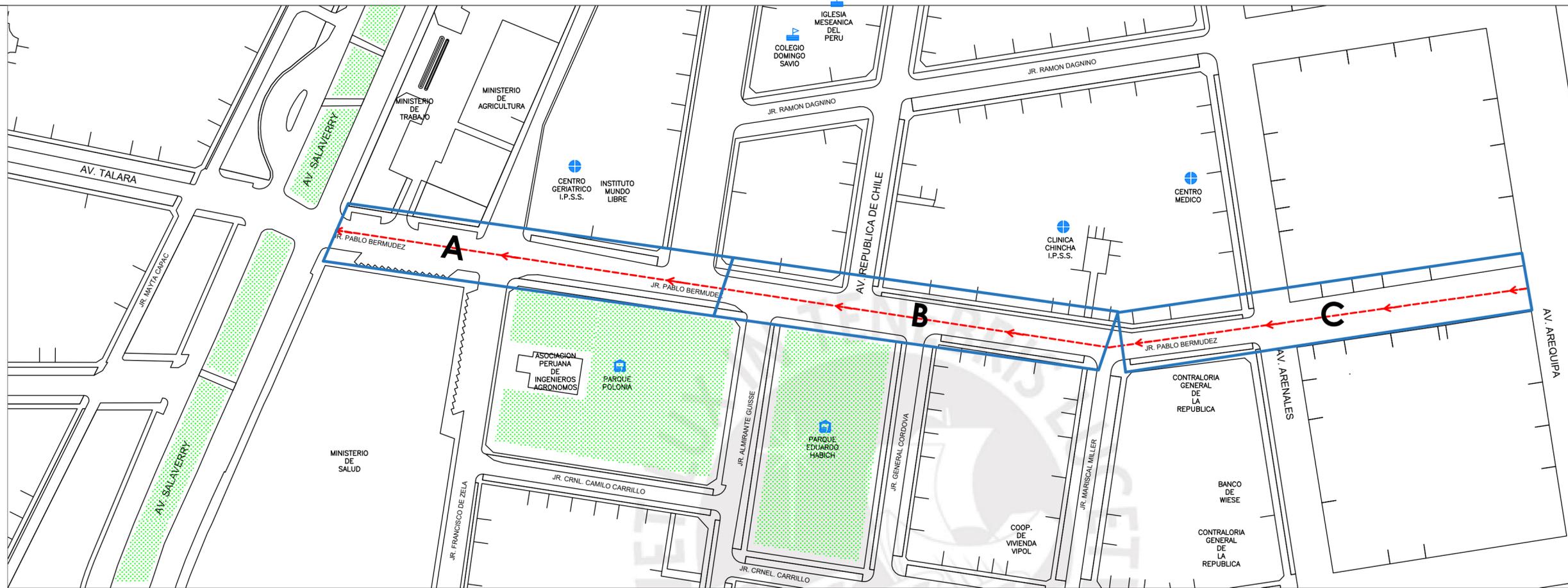
- HOSPITAL
- ESCUELA
- PARQUE
- IGLESIA
- MERCADO
- AREA VERDE

UBICACION:
JESUS MARIA - LIMA - PERÚ

ASESOR:
FELIX CABRERA

ESCALA:
1:1000

LAMINA:
1
DE 2



PUCP
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
REDISEÑO DEL JIRÓN PABLO BERMUDEZ

INTERSECCIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE REDISEÑO

TESISTA:
JEFF KEVIN
MUNARRIZ NOA

CONTENIDO:
PROPUESTA DE INTERSECCION

VISTA:
PAISAJISMO

UBICACION:
JESUS MARIA - LIMA - PERÚ

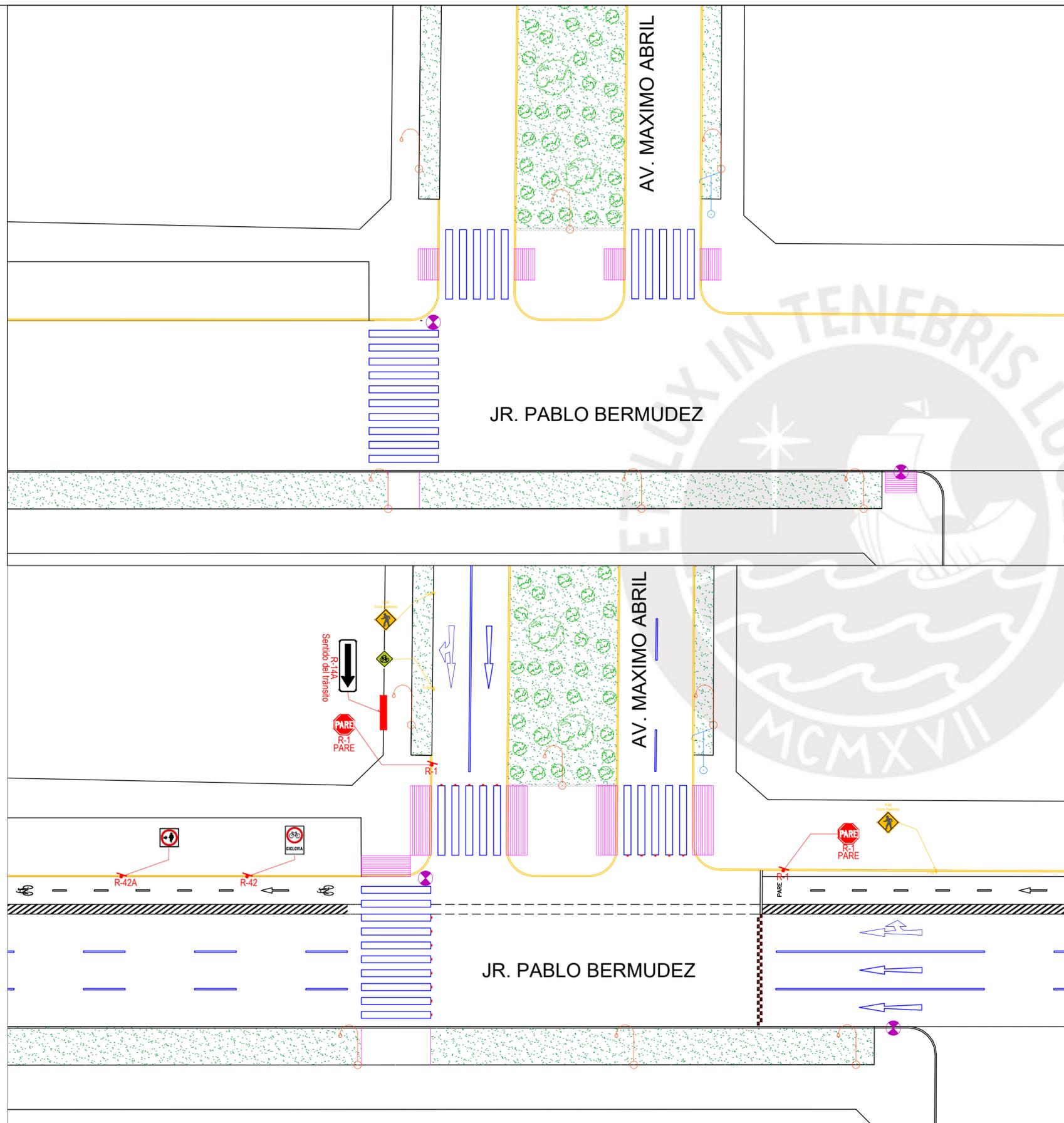
ASESOR:
FELIX CABRERA

ESCALA:
1:100

LAMINA:
2
DE 2

PUCP
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
REDISEÑO DEL JIRÓN PABLO BERMUDEZ



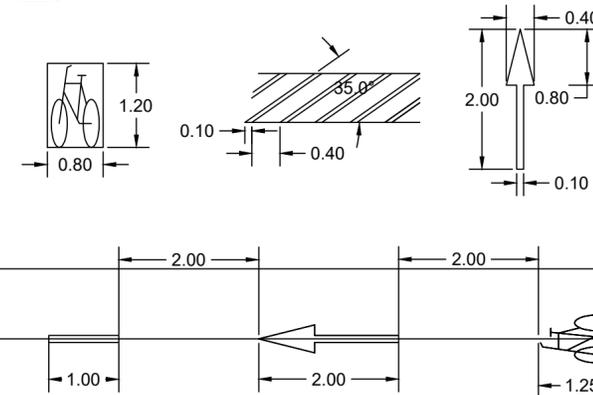
LEYENDA

- Limite de calzada
- Poste de telefono
- Poste de alumbrado publico
- Arbusto
- Buzon
- Rampa peatonal

CUADRO DE PROPUESTAS

- 1 Señalización Horizontal
- 2 Limite de propiedad
- 3 Limite de vereda
- 4 Sentido de circulación
- 5 Ciclovia
- 6 Limite de área verde
- 7 Señales verticales
- 8 Tachas

DETALLES



ESPECIFICACIONES

Elemento	Dimensión
Ciclovia	2m
Protección física	0.7m
Carriles	2.7m c/u
Rampa	5m x 1.5m 3.55m x 1.5m