



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de diseño geométrico de ciclovía para la Av.
Ramón Mugica y Av. Country**

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Bachiller en Ingeniería Civil

**Carmela Gracia Carrasco Vega
Jorge Alejandro Castro Chávez
Hugo Alexander Díaz Sánchez
Félix Roberto Montes Quiroz
Diego Martín Sandoval Valdez**

**Asesor:
Ing. Jenny Carolina Sánchez Ramírez**

Piura, enero de 2021



Resumen

El sistema de movilización y transporte en la ciudad de Piura está dominado por los vehículos motorizados, siendo la participación de la movilidad ciclista casi nula. El uso de vehículos motorizados, ya sea en transporte público o privado, ha generado problemas de contaminación y congestión por el tráfico en los últimos años. Por ello, el presente trabajo de investigación abarca las nociones y parámetros básicos necesarios para dos propuestas de diseño de una ciclovía y su respectiva implementación en la Av. Ramón Mugica y Av. Country.

El propósito de este trabajo es fomentar el uso del vehículo no motorizado; es decir, las bicicletas y, por consiguiente, reducir el uso del vehículo privado apuntando a un enfoque sostenible.

El uso de este sistema permite introducir una alternativa verde en los sistemas de transporte, ya que no produce ninguna emisión de carbono o gases contaminantes, impactando de manera positiva para el medio ambiente. Asimismo, la reducción de la contaminación acústica y atmosférica como consecuencia de la implementación de la ciclovía, aumentará las posibilidades de mejora de calidad de vida de la población.

Por ende, ante la culminación del presente trabajo, se espera no solo cumplir con los objetivos del mismo, sino también, incentivar a otros proyectistas a realizar la remodelación de otras avenidas y a larga, la ciudad de Piura contaría con su propia red ciclo vial.



Tabla de contenido

Introducción	13
Capítulo 1	15
Movilidad urbana sostenible.....	15
1.1. Movilidad sostenible	15
1.2. Ciclovías como alternativa de movilidad sostenible	16
1.2.1. Ventajas.....	16
1.2.2. Desventajas.....	17
1.3. Tipos de infraestructura ciclista	17
1.3.1. Ciclovías compartidas o no segregadas.....	17
1.3.1.1. Acera – bici	18
1.3.1.2. Carril – bici	18
1.3.2. Ciclovías segregadas.....	19
1.4. Parámetros de diseño de la ciclovía.....	20
1.4.1. Ancho mínimo	20
1.4.2. Velocidad y pendientes	21
1.5. Manuales de diseño de vías urbanas	22
1.5.1. Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras.....	22
1.5.2. Manual de diseño para infraestructura de ciclovías.....	22
1.5.3. Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación	22
1.6. High Capacity Manual.....	22

1.6.1. Capacidad.....	23
1.6.1.1. Capacidad vehicular	23
1.6.1.2. Capacidad del peatón.....	23
1.6.1.3. Condiciones prevalecientes	23
1.6.2. Relación volumen-capacidad	24
1.6.3. Niveles de servicio	24
1.6.4. Velocidad del flujo de saturación	26
1.6.5. Determinación de la capacidad y relación v/c.....	27
1.6.6. Medidas de eficiencia	28
1.7. Referentes ejemplares.....	29
Capítulo 2	33
Información preliminar de la Av. Ramón Mugica y Av. Country.....	33
2.1. Contexto urbano actual de Piura.....	33
2.1.1. Diagnóstico de la movilidad.....	33
2.1.2. Movilidad peatonal.....	34
2.1.3. Movilidad ciclista	35
2.1.4. Movilidad en transporte público	35
2.2. Situación actual de la Av. Ramón Mugica y Av. Country	35
2.2.1. Reconocimiento de la zona de estudio.....	35
2.2.2. Estudio topográfico.....	36
2.2.2.1. Trabajo de campo.....	36
2.2.2.2. Trabajo de gabinete	36
2.2.3. Estudio de impacto ambiental.....	37
2.2.3.1. Componentes físico-químicos	37
2.2.3.2. Componentes biológico-ecológicos	39
2.2.3.3. Componentes socioeconómicos	40
2.2.4. Análisis vial.....	41
2.2.4.1. Derecho de vía.....	41
2.2.4.2. Características propias de la vía	42
2.2.4.3. Estudio de tráfico	43

Capítulo 3	49
Planteamiento y evaluación de propuestas.....	49
3.1. Datos de entrada	49
3.1.1. Agrupación de carriles y velocidad del flujo de demanda.....	51
3.2. Evaluación del nivel de servicio actual	51
3.3. Propuesta N°1: Ciclovía parcialmente segregada	54
3.3.1. Diseño geométrico.....	55
3.3.1.1. Ancho de vía.....	55
3.3.1.2. Velocidad de diseño	56
3.4. Propuesta N°2: Ciclovía segregada.....	56
3.4.1. Diseño geométrico.....	56
3.4.1.1. Ancho de vía.....	57
3.4.1.2. Velocidad de diseño	58
3.5. Evaluación de propuestas y selección definitiva.....	58
Capítulo 4	61
Diseño geométrico definitivo.....	61
4.1. Diseño geométrico de la ciclovía segregada.....	61
4.1.1. Dimensionamiento básico de la ciclovía.....	61
4.1.1.1. Ancho de la ciclovía.....	61
4.1.1.2. Velocidad de diseño.....	62
4.1.2. Perfil longitudinal de la ciclovía.....	63
4.2. Diseño de intersecciones.....	63
4.2.1. Semaforización.....	64
4.3. Referencias para el diseño del pavimento	65
4.4. Referencias para señalización	66
4.4.1. Señalización vertical.....	66
4.4.2. Señalización horizontal	67
4.4.3. Ubicación de señales.....	69
4.4.3.1. Localización	69
4.4.3.2. Altura.....	69

4.4.3.3 Ángulo de colocación	69
4.4.3.4. Postes o soporte.....	69
4.4.3.5. Ubicación de señales de pare.....	69
4.5. Seguridad en la ciclovía	70
4.5.1. Iluminación en la ciclovía	70
4.5.2. Estacionamientos.....	70
4.5.3. Continuidad de la ciclovía	72
4.5.3.1. Integración con el transporte público/paraderos.....	72
4.5.3.2. Promoción de la bicicleta y educación ciclista	73
4.5.3.3. Propuesta de continuidad del proyecto.....	74
Conclusiones.....	75
Referencias bibliográficas	77
Memoria descriptiva	81
Anexos	83
Anexo 1: Av. Ramón Mugica y Av. Country	84
Anexo 2: Sección transversal de las avenidas	86
Anexo 3: Plano de las Av. Ramón Mugica y Av. Country – Vista en planta.....	87
Anexo 4: Perfil longitudinal de las A. Ramón Mugica y Av. Country	88
Anexo 5: Vegetación de la zona de proyecto	89
Anexo 6: Consolidado del flujo vehicular	90
Anexo 7: Planos en AUTOCAD 2D de la propuesta definitiva	91

Lista de tablas

Tabla 1. Variaciones recomendadas de la velocidad de diseño según la pendiente de descenso	21
Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones	24
Tabla 3. Casos de análisis según la cola inicial Q_b	29
Tabla 4. Intensidad en dB de equipos	39
Tabla 5. Porcentaje diario según el tipo de vehículos.....	43
Tabla 6. IMD por tipo de vehículo	43
Tabla 7. Índice Medio Diario Semanal.....	44
Tabla 8. Índice Medio Diario Anual	45
Tabla 9. Volúmenes Horarios de Diseño	45
Tabla 10. IMDA por tipo de vehículo por demanda futura	46
Tabla 11. Dirección Oeste-Este	49
Tabla 12. Dirección Este-Oeste	49
Tabla 13. Dirección Sur-Norte	50
Tabla 14. Dirección Norte-Sur	50
Tabla 15. Agrupamiento de carriles	51
Tabla 16. Niveles de Servicio de la Intersección.	54
Tabla 17. Velocidad promedio alcanzada por vehículos ligeros y pesados según la distancia recorrida	57
Tabla 18. Producto cruzado para determinar la necesidad del giro protegido a la izquierda. 64	
Tabla 19. Valoración de superficies de rodadura.....	65



Lista de figuras

Figura 1. Aceras-bici.	18
Figura 2. Carril-bici.	18
Figura 3. Ciclovía segregada bidireccional.	19
Figura 4. Ciclovía parcialmente segregada bidireccional.	19
Figura 5. Dimensiones de una bicicleta urbana.	20
Figura 6. Anchos de ciclovías según el carril y la direccionalidad.	21
Figura 7. Distancias de desarrollo para variación de pendientes.	22
Figura 8. Metodología para intersecciones señalizadas.	25
Figura 9. Ciclovía Av. Larco.	30
Figura 10. Ciclovía Bogotá-Colombia.	30
Figura 11. Estacionamiento para bicicletas en Países Bajos.	31
Figura 12. Tránsito de ciclistas en ciclovías de Ámsterdam.	31
Figura 13. Propósitos de viaje.	34
Figura 14. Reparto modal en la provincia.	34
Figura 15. Ubicación de la Av. Mugica y Av. Country.	35
Figura 16. Derecho de vía típico de la Av. Country.	41
Figura 17. Perfil transversal de la Av. Ramón Mugica y Av. Country.	41
Figura 18. Casos particulares de transporte no motorizado en las avenidas.	42
Figura 19. Ensanchamiento típico de la calzada en la Av. Country.	42
Figura 20. Porcentaje diario según el tipo de vehículos.	43
Figura 21. Tiempo en demora en la intersección Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres.	47
Figura 22. Intersección Av. Cáceres y Av. Country.	52

Figura 23. Diagrama de fases actual de la intersección de la Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres	52
Figura 24. Ejemplo de ciclo vía parcialmente segregada unidireccional	54
Figura 25. Derecho de vía de la Av. Ramón Mugica y Av. Country - ciclo vía unidireccional. ..	56
Figura 26. Derecho de vía de la Av. Ramón Mugica y Av. Country - ciclo vía bidireccional.	58
Figura 27. Espacio entre ciclistas.....	62
Figura 28. Ancho total de la ciclo vía	62
Figura 29. Ciclo vía en separador central en cruce con vía de doble sentido de circulación ...	64
Figura 30. Señal Reguladora R-1	66
Figura 31. Señal Reguladora R-2	66
Figura 32. Señal Reguladora R-42 A	66
Figura 33. Señal Reguladora R-42	66
Figura 34. Señal Informativa I-18	67
Figura 35. Señal horizontal - cruce de intersección tramo recto.....	67
Figura 36. Delimitación del ancho de vía	68
Figura 37. Línea de pare de ciclo vía	68
Figura 38. Marcas en pavimento - bicicleta	68
Figura 39. Dimensiones de las marcas en el pavimento – bicicleta.....	69
Figura 40. Marcas en el pavimento – SOLO BICI	69
Figura 41. Ciclo-parqueadero en espacio público Jr. Camaná – SAT	71
Figura 42. Parqueadero universal.	72
Figura 43. Modelo de bus con rack para bicicletas.....	73
Figura 44. Ubicación del proyecto.....	82

Introducción

El presente proyecto contempla el diseño geométrico completo de la ciclovía definitiva para la Av. Ramón Mugica, Piura, como la velocidad de diseño, el ancho de la vía, el sobreancho, vallas de seguridad, señalización de tránsito y el dibujo en planta.

El primer capítulo abarca las definiciones, características y parámetros geométricos y viales necesarios para comprender el contenido de este proyecto y sobre todo ser una base en el desarrollo del diseño. Se comenzó exponiendo la problemática del alto tráfico en las zonas urbanas de la ciudad de Piura, específicamente en la Av. Ramón Mugica y Av. Country. Se propone la implementación de la ciclovía en la zona como alternativa de solución para corregir el alto índice de tráfico, esto a través de un enfoque de movilidad sostenible. Además, se presentó la normativa requerida para la adecuada implementación de la ciclovía y la mención de ejemplos referenciales de ciudades que adoptaron esta alternativa de solución y cómo esta impactó en el tránsito.

El segundo capítulo expone los datos, la estadística y la situación actual de la región Piura y de las avenidas y zonas aledañas en donde estará aplicada el proyecto, como la situación urbana de Piura, el estudio topográfico de la zona, el estudio del impacto ambiental y el análisis vial. Se detectaron las ventajas y desventajas de la implementación de la ciclovía en el área de estudio, así como también la identificación de problemas y las posibles soluciones.

En el tercer capítulo se evaluaron dos propuestas de diseño de ciclovía teniendo en cuenta los niveles de servicio y las características sociales, ambientales y económicas; mencionando las ventajas y desventajas de cada una respecto al impacto económico, social y ambiental y a la seguridad de los ciclistas para elegir una propuesta y proceder a su diseño definitivo en el siguiente capítulo.

Finalmente, el último capítulo muestra imágenes correspondientes a la simulación de la intersección de la Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres con el software PTV – Vissim 9, intersección que presenta mayor tráfico y congestión, y la que podría generar un conflicto vial tras la colocación de la ciclovía.



Capítulo 1

Movilidad urbana sostenible

La ciudad de Piura ha presentado un considerable incremento poblacional que ha afectado principalmente el aspecto vial de la ciudad y de las principales calles y avenidas, generando mayor tráfico y congestión en las zonas más importantes de movilización. Por ello, es necesario un replanteo y rediseño de alternativas sostenibles y sustentables para la mejora de este ámbito, una de las cuales es la ciclovía a implementar en la zona del proyecto.

1.1. Movilidad sostenible

La movilidad sostenible abarca diversas acciones y procesos cuyo principal objetivo es el racional uso de los medios de transporte públicos y privados. Este concepto tiene como enfoque la reducción del número de vehículos motorizados que circulan por las ciudades, y por consiguiente la disminución de la contaminación acústica y atmosférica que estos producen (Mohieldin y Vandycke, 2017).

La mayor parte de la contaminación del aire generada en ciudades es producida por el tráfico, debido a las excesivas emisiones de CO₂, gas causante del calentamiento global. El Perú emite aproximadamente 138 000 toneladas de CO₂ al año, siendo el transporte público, y en especial el auto, el responsable del 36 % de emisiones de dióxido de carbono en el país (El Perú y el Cambio Climático, 2016).

En cuanto a la contaminación acústica, la Organización Mundial de la Salud indica que el principal foco de ruido en las ciudades es producido por los automóviles. El claxon de un auto produce 90 dB y el de un bus, 100 dB, a pesar de que el límite máximo es de 75 dB, a partir del cual el ruido es dañino y a partir de 120 dB, doloroso (Sminkey, 2015). Solo en Europa, este tipo de contaminación acústica causa al año 16 600 muertes prematuras y más de 72 000 hospitalizaciones (Uno de cada cinco europeos está expuesto al ruido del tránsito rodado por encima del umbral de la UE, 2017).

Otro punto a considerar en el ámbito de la movilidad sostenible es el índice de siniestralidad. Cada año, los accidentes de tránsito causan la muerte de aproximadamente 1.3 millones de personas en todo el mundo (10 datos sobre la seguridad vial en el mundo, 2017). En el año 2019, el Perú registró 94 685 siniestros viales, siendo el auto el que ocupa la mayor

tasa de accidentalidad, seguido por las motos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020).

Todos estos problemas se ven agravados por el volumen desmedido de vehículos en las vías públicas. Según datos de la Policía Nacional de Tránsito del Perú, la tasa de ocupación de los vehículos en la ciudad es de 1.3 pasajeros por auto, siendo este medio de transporte, el más ineficiente de todos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009). En este escenario, es el conocimiento de todos estos problemas lo que suscita el cuestionamiento y preocupación sobre el modelo de transporte.

Con el tiempo, la ciudadanía está haciendo uso de vehículos que utilizan gas natural, reemplazando a los que trabajan con gasolina. El siguiente gran escalón es migrar hacia el uso de vehículos eléctricos, como: la *e-bike*, el scooter eléctrico, la moto eléctrica, el autobús y carro eléctrico; lo que significa la eliminación en gran medida de CO₂ por parte de los automóviles. Asimismo, se comienza a promover más el uso de bicicletas, medio de transporte *eco-friendly*, que además de incentivar el ejercicio físico, ayuda a la descongestión del tráfico.

Las políticas públicas están orientadas a implementar un sistema sano de movilidad, en donde haya más espacios de circulación vehicular alternativa, teniendo como objeto: reducir la congestión vehicular, la destrucción ambiental a causa de la construcción de infraestructura de transporte, disminuir los efectos negativos de la contaminación en la salud, reducir el número de fallecidos por accidentes de tránsito, establecer medios de transporte económicos y de fácil acceso, involucrar a la comunidad en la definición de políticas y proyectos relacionados con la movilidad y mejorar las condiciones vitales de los ciudadanos.

1.2. Ciclovías como alternativa de movilidad sostenible

Hoy en día es evidente la importancia de una alternativa de transporte sostenible. En gran variedad de países se han implementado distintos modos de movilidad sostenible, entre los cuales, el más común y efectivo son las ciclovías, las cuales ayudan a reducir los alarmantes índices de congestión vehicular y contaminación ambiental (Serli et al., 2019).

En el Perú ya se ha implementado esta alternativa de transporte, ubicándose la gran mayoría de estas en Lima. Se tienen 120 km de ciclovías habilitadas desde el año 2018 y se proyecta completar 400 km para los siguientes años (Informe Final, 2018). La implementación de ciclovías trae consigo beneficios y perjuicios que serán presentados a continuación.

1.2.1. Ventajas

- La correcta implementación de ciclovías ayuda a la reducción del volumen de vehículos que circulan por las calles, lo que conlleva a una disminución significativa de la contaminación producida por el parque automotor y la congestión vehicular en intersecciones y calles (Buehler y Dill, 2016). Por ello, los espacios públicos como calles y parques se verían beneficiados con mayor orden de tránsito por parte de los vehículos, peatones y ciclistas, pues cada uno tendría su lugar asignado y se evitarían

altercados (Hernán et al., 2014). Además, al reducir la contaminación, los jardines y la calidad del aire mejorarían (Li et al., 2016).

- Con la inclusión de ciclovías, los usuarios de vehículos particulares tendrán una alternativa más ecológica y económica para transportarse, pues al reemplazar el automóvil por la bicicleta se ahorrarán el dinero destinado al mantenimiento del auto, combustible, cambios de aceite, etc. Además, adquirir una bicicleta está al alcance de muchas más personas por la diferencia de costos en hasta 1037.7% entre los dos vehículos mencionados (Frank, 2004).
- El aumento de tránsito de ciclistas y peatones que generan las ciclovías aumentan las oportunidades de generación de nuevos comercios por la zona, como ejemplo de esta situación se tiene un estudio realizado en la Universidad de Barcelona “Impacto de Ciclovías Urbanas en el Comercio Local” que menciona que los ingresos de los negocios existentes aumentan y su publicidad es acogida de mejor forma con la inclusión de ciclovías, pues se genera un mayor número de clientes captados (Dacosta Escobar, 2018).

1.2.2. Desventajas

- La inseguridad es una de las desventajas que sufren en mayor proporción los usuarios de ciclovías y los peatones a comparación de los usuarios de vehículos motorizados pues se encuentran más expuestos a los peligros de la calle. Lo que puede conllevar al rechazo de un sector de la población a la implementación de las ciclovías (Stülpnagel y Jonas, 2020).
- La mala implementación de ciclovías puede generar reducción de la calzada o aceras. Esto, sumado a las múltiples distracciones presentes en las vías, la imprudencia de los conductores de los vehículos motorizados, la imprudente circulación de los ciclistas y una mala señalización; puede ocasionar accidentes automovilísticos en las ciclovías. (Yan et al., 2011).

1.3. Tipos de infraestructura ciclista

Se procederá a nombrar y describir los principales tipos de ciclovía, cuya elección depende de los siguientes factores: la velocidad, el nivel de servicio de la vía, el tipo de zona a ubicar la ciclovía, ya sea urbana, comercial o residencial.

1.3.1. Ciclovías compartidas o no segregadas

Las vías compartidas son diseñadas e implementadas en zonas que presenten bajas velocidades y un bajo volumen de tráfico, las velocidades en estas vías no deben exceder los 30 km/h (Gamarra, 2018). La implementación de este tipo de vías está orientada a locaciones tales como zonas residenciales, interior de barrios y centros históricos.

1.3.1.1. Acera – bici. Este tipo de ciclovías compartidas se puede definir como un tramo de acera por el cual se desplazarán las bicicletas (v. Figura 1), es decir que los peatones compartirán el espacio por donde transitan con las bicicletas. Ante esta modalidad serán necesarias ciertas medidas de seguridad para peatones y ciclistas:

- Implementar la señalización necesaria.
- Considerar en el diseño de la ciclovía una anchura prudente que permita una convivencia cómoda entre peatón y ciclista.
- Tomar en cuenta las horas punta para la limitación del tránsito de bicicletas por dichas vías.



Figura 1. Aceras-bici.

Fuente: Ramis Isabel – Blog, 2019.

1.3.1.2. Carril – bici. Se define a estas vías como calzadas convencionales, pero para el uso exclusivo de los ciclistas. Para estas vías se utilizará una adecuada señalización, mediante pinturas, medidas de protección, etc. La circulación de los ciclistas será en la misma dirección que la del tráfico vehicular (v. Figura 2).



Figura 2. Carril-bici.

Fuente: Vitónica, 2015.

1.3.2. Ciclovías segregadas

Este tipo de vías se encuentran separadas en su totalidad del tránsito tanto vehicular como peatonal. Son consideradas como las más seguras para el tránsito del ciclista, por lo que resultan más atractivas para ellos; pero también son las más costosas por toda la logística y diseño que implican en su implementación (Gamarra, 2018), ya que se necesita un ancho de sección adecuado para lograr un sendero exclusivo para ciclistas (v. Figura 3).



Figura 3. Ciclovía segregada bidireccional.
Fuente: *Safe City*, 2020.

Se pueden considerar ciclovías segregadas o parcialmente segregadas a aquellas que se implementan en los extremos de las calzadas y en el medio, para los cuales se instalan elementos que los separan físicamente (sardineles, separadores, etc.), lo cual hace este tipo de vías más barato que una totalmente segregada.

Para este tipo de ciclovías se recomienda que sean unidireccionales recorriendo el mismo sentido del tránsito vehicular de la calzada; si se usara una vía bidireccional se tiene que considerar que los ciclistas que se dirijan en sentido contrario al tránsito vehicular, deberán estar al lado de la vereda (v. Figura 4).



Figura 4. Ciclovía parcialmente segregada bidireccional.
Fuente: *Skyscraper City*, 2009.

1.4. Parámetros de diseño de la ciclovía

Dado que el diseño vial de una ciclovía influye de manera directa en los usuarios, se deben considerar ciertos parámetros para garantizar un diseño inclusivo, adecuado y seguro. Estos parámetros deben definirse según la vulnerabilidad y la versatilidad del ciclista urbano y de la bicicleta, así como también el motivo del uso de esta última. Estos usuarios, es decir, los ciclistas urbanos, no deben considerarse como deportistas, puesto que el propósito del viaje y la velocidad con la que se viaja son completamente diferentes. Quienes utilizan este tipo de sistema buscan viajes seguros y de corta duración.

El uso de la bicicleta con frecuencia propicia encuentros sociales y, por ende, viajes en grupo; por lo que es necesario establecer las normas de tránsito adecuadas para este sistema de transporte. Como mínimo, la ciclovía debe permitir la circulación de dos ciclistas en paralelo en el mismo sentido, garantizando sobrepasos seguros y una mejor respuesta ante el incremento del uso de la ciclovía (Municipalidad de Lima, 2017).

La bicicleta, al ser un vehículo liviano, versátil y que no demanda mucho espacio para la circulación, posee dimensiones y características variables. Las dimensiones de las bicicletas urbanas convencionales tienen en promedio medidas de 1.80 m de alto, 1.70 m de largo y 0.55 m de ancho (v. Figura 5); medidas utilizadas considerando las dimensiones del usuario y el espaciamiento entre ellos (Municipalidad de Lima, 2017).

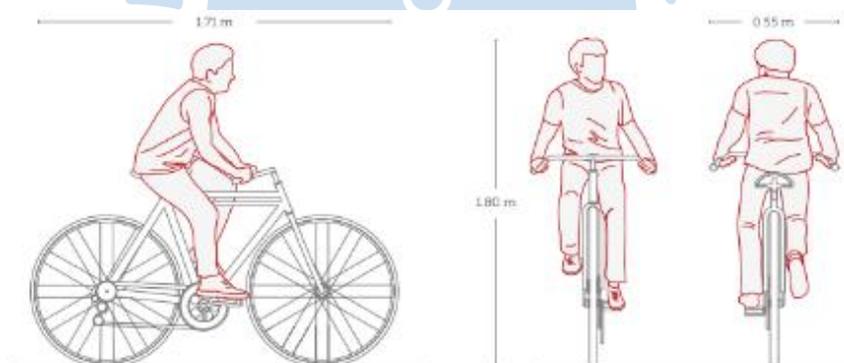


Figura 5. Dimensiones de una bicicleta urbana.

Fuente: ITDP & I. CE, 2011.

Como el uso de la bicicleta depende del equilibrio y de las habilidades de los usuarios, este requiere un espacio adecuado para maniobrar; no siempre circula de manera recta.

1.4.1. Ancho mínimo

El ancho mínimo libre para un carril de una ciclovía es de 1.40 m; esta dimensión permite los movimientos necesarios para maniobrar y evitar obstáculos en la ciclovía; sin embargo, el diseño de la ciclovía debe facilitar la interacción entre los usuarios para maniobras de sobrepaso, por lo que se debe procurar un ancho mínimo de 1.60m para el carril unidireccional y un ancho mínimo de 2.60 m para un carril bidireccional (Murillo, 2019)(v. Figura 6).

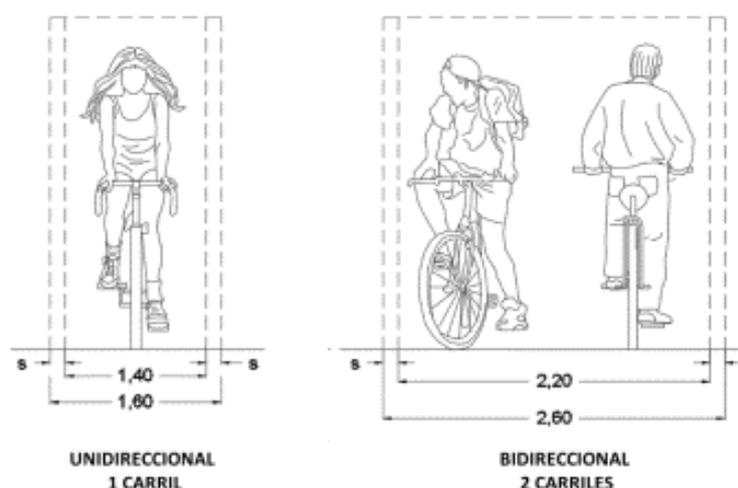


Figura 6. Anchos de ciclovías según el carril y la direccionalidad.
Fuente: ITPD & I. CE, 2011.

1.4.2. Velocidad y pendientes

La velocidad de diseño en la ciclovía se debe proyectar una vez determinado el ancho, la pendiente y las distancias de señalización. Esta velocidad de diseño posee un valor típico de 30 km/h para entornos urbanos y 40 km/h en entornos interurbanos, y no debe ser menor a 12 km/h en ningún caso (Murillo, 2019), sino la estabilidad de los usuarios se pierde (v. Tabla 1). Por otro lado, se pueden dar casos con pendiente de descenso, para los cuales se debe modificar la velocidad de diseño con el fin de brindar mayor seguridad.

Tabla 1. Variaciones recomendadas de la velocidad de diseño según la pendiente de descenso

Pendiente*(%)	Longitud (m)		
	25-75	75-150	Más de 150
>3a≤5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
>5a≤8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
>8	45 km/h	55 km/h	60 km/h

*El valor medido deberá redondearse al entero más cercano.

Fuente: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2011.

Las pendientes mayores que 5% son muy poco deseables debido a que el ascenso es difícil para muchos ciclistas y los descensos causan exceso de velocidad. En algunas vías de uso común, donde el terreno lo necesite, el diseñador puede que tenga que superar el grado de 5% recomendado (Murillo, 2019). Como guía general, AASHTO (1999) recomienda las siguientes restricciones de pendiente (v. Figura 7), así como las longitudes en las que se deben presenciar dichas pendientes:

- 5-6% para un máximo de 240 m.
- 7% para un máximo de 120 m.

- 8% para un máximo de 90 m.
- 9% para un máximo de 60 m.
- 10% hasta 30 m.
- 11% + de hasta 15 m.

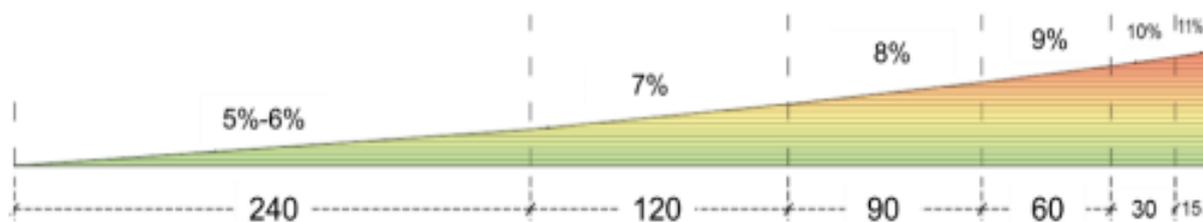


Figura 7. Distancias de desarrollo para variación de pendientes.

Fuente: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2011.

1.5. Manuales de diseño de vías urbanas

1.5.1. Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras

Este documento del Ministerio de Transportes, es una guía para las diferentes fases del proyecto, y es que establece la uniformidad en el diseño y uso de distintos dispositivos para el control del tránsito automotor, tales como: señales verticales y horizontales o marcas en el pavimento, semáforos y demás dispositivos auxiliares; además de que contribuye a la mejorara de la seguridad en las carreteras y vías urbanas del Perú.

1.5.2. Manual de diseño para infraestructura de ciclovías

Este documento fue desarrollado en el Marco del Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao, impulsado por el Fondo Nacional del Ambiente – FONAM. Establece los aspectos técnicos que se deben considerar en el diseño geométrico de las ciclovías, tanto en planta, en perfil y en secciones, además de la señalización y semaforización. Se presentan también aspectos como los estacionamientos, iluminación, pavimentos, entre otros.

1.5.3. Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación

Es una recopilación de lineamientos y criterios de guías internacionales para ciclovías adaptados al contexto local, que tienen la finalidad de fortificar los conceptos técnicos que se manejan en el entorno vial. Además, cuenta con una guía de circulación para los usuarios de la bicicleta y demás actores de la vía.

1.6. High Capacity Manual

Para la evaluación de los niveles de servicio y el estudio de tránsito de la Av. Ramón Mugica y Av. Country se hará uso del manual *Highway Capacity Manual* (HCM, 2010). Para ello, se presenta el estudio de la intersección de la Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres.

1.6.1. Capacidad

La capacidad se define como la tasa de flujo vehicular por hora máxima sostenible de los usuarios cuando atraviesen un punto o una sección de un carril durante un periodo determinado, considerando las condiciones viales de tránsito y las características de los elementos.

Esta capacidad depende de las tasas de flujo máximas y de las características de los usuarios conductores, las cuales varían entre regiones. Además, cualquier cambio en las condiciones prevalecientes mencionadas más adelante produciría un cambio en dicha capacidad, ya sea por parte de la geometría de la vía o en la composición del tráfico y de los vehículos, y en las facilidades para interrumpir el flujo continuo del tránsito (Ríos, 2018).

1.6.1.1. Capacidad vehicular. La capacidad vehicular se define como la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar en un punto o sección determinada en un periodo específico bajo condiciones prevalecientes de carretera, de tráfico y de control.

1.6.1.2. Capacidad del peatón. La capacidad del peatón es la cantidad máxima de peatones que puedan pasar en una sección o punto determinado en un periodo determinado bajo condiciones prevalecientes. Se usa comúnmente para evaluar servicios de transporte público, carriles para vehículos de alta ocupación e instalaciones para peatones.

1.6.1.3. Condiciones prevalecientes

- Ciertos factores tales como el número de carriles, el ancho respectivo y la alineación de la vía influyen directamente en las condiciones de carretera. La adición de un carril a una vía aumenta la capacidad de esta mientras que los anchos pueden tener una capacidad menor que los anchos estándar.
- Las condiciones básicas asumidas en la metodología son un buen clima y una iluminación; sin embargo, dependiendo de las necesidades de los análisis, las capacidades de la vía en condiciones menos que ideales pueden ser de gran interés.
- Las condiciones de tráfico incluyen varios aspectos como: la proporción de vehículos pesados en la corriente de tráfico, la proporción de los usuarios habituales de la vía, los patrones de giro en las intersecciones y la distribución de vehículos entre carriles. Los vehículos pesados afectan negativamente el tráfico, ocupan más espacio y tienen capacidades operativas más pobres con respecto a la aceleración, desaceleración y capacidad de velocidades.
- Las condiciones de control influyen los tipos de control de tráfico usados en las intersecciones, la cantidad de tiempo verde asignado a un movimiento particular y restricciones en el uso de carriles (Alzamora y Rosales, 2020).

1.6.2. Relación volumen-capacidad

La relación volumen-capacidad (v/c) mide el radio entre el flujo de demanda actual o proyectada con respecto a la capacidad de la instalación. Se usa como medida de suficiencia de la capacidad, debiendo mantener una relación menor a la unidad ya que la capacidad de la vía será mayor al volumen de demanda, asemejándose a un nivel de servicio óptimo. Contrariamente, una relación mayor a la unidad implica que la capacidad estimada no es suficiente para el flujo de demanda, además de la formación de colas y su propagación en dirección contraria al tráfico. Para propuestas futuras, se trabaja con un flujo de demanda y capacidad estimadas.

1.6.3. Niveles de servicio

Los niveles de servicio indican las diferentes condiciones de operación que puede haber en un carril, cuando se tienen diversos volúmenes de tránsito. Es una medida cualitativa de la calidad de los factores que afectan el tránsito vial, la velocidad y el tiempo de recorrido, interrupciones, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, economía, evitando accidentes. El conocimiento de los niveles de servicio actuales y esperados del proyecto permitirá establecer una jerarquía de necesidades y prioridades en el diseño geométrico de la ciclovía. (Otero, 2015).

Para definir los niveles de servicio se necesitan estos factores además de la velocidad, características relacionadas con la densidad del tráfico en intersecciones (v. Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones

Niveles de servicio (NDS)	Densidad (s/veh)
A	10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

Fuente: Manual HCM (2010).

- El nivel de servicio A describe las operaciones con retraso de control de 10 s/veh o menos y una relación volumen-capacidad no mayor a 1. La progresión del flujo es favorable y la duración del ciclo es muy corta. La mayoría de los vehículos llegan durante la indicación verde y viajan a través de la intersección sin detenerse
- El nivel de servicio B describe operaciones con retraso de control entre 10-20 s/veh. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es baja (no mayor a 1) y la progresión es favorable con una duración de ciclo corta.
- El nivel de servicio C describe operaciones con retraso de control entre 20-35 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor a 1. La progresión es favorable y la

duración del ciclo es moderada. Las fallas individuales del ciclo aparecen en este nivel. El número de vehículos que se detienen es significativo, aunque muchos cruzan sin detenerse.

- El nivel de servicio D describe operaciones con retraso de control entre 35-55 s/veh. La relación volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz con una duración de ciclo larga. Muchos vehículos se detienen y se notan fallas en los ciclos individuales.
- El nivel de servicio E describe operaciones con un retraso de control entre 55-80 s/veh. La relación de volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable y la duración del ciclo es larga. Las fallas individuales del ciclo son frecuentes.
- El nivel de servicio F describe operaciones con un retraso de control superior a 80 s/veh. La relación volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos no logran borrar la cola. La capacidad del ciclo se utiliza por completo y representa una falla por capacidad (Alzamora y Rosales, 2020).

El análisis planteado por el método consiste en estimar las medidas de eficiencia que produce cada factor en el tránsito para luego, una vez hallados los valores ponderados de cada factor, agregarlos a un solo factor de todo (v. Figura 8).

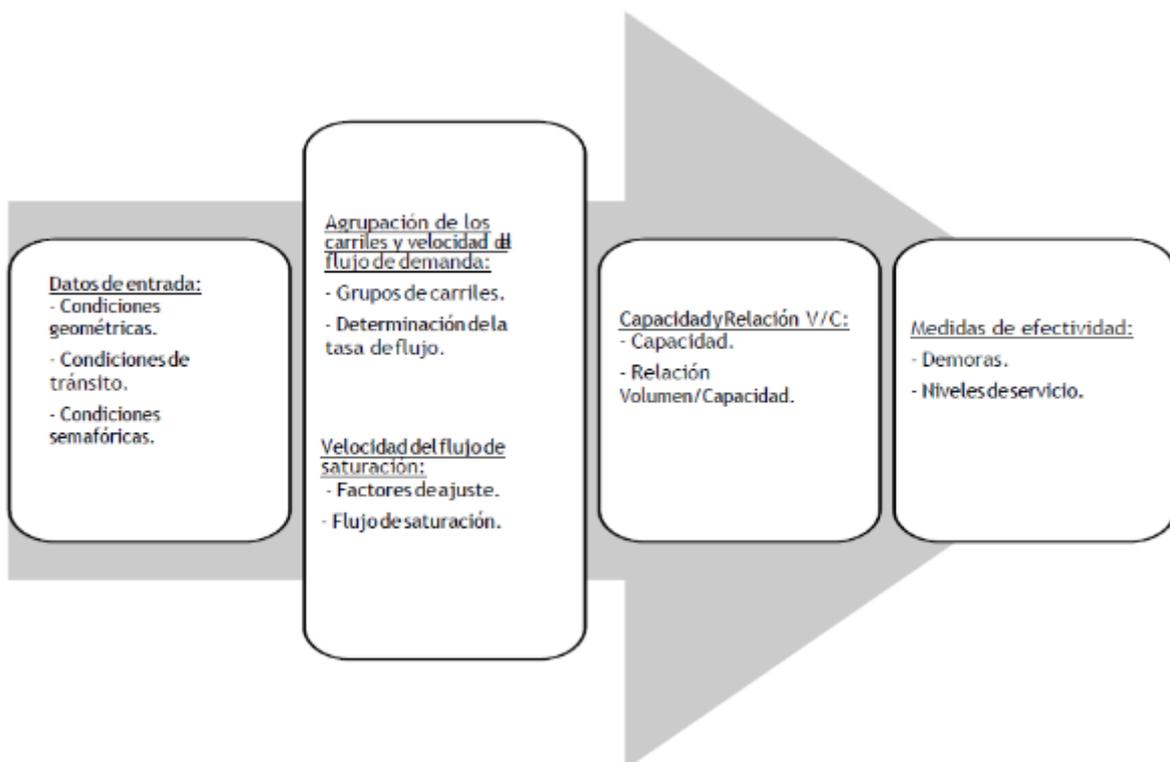


Figura 8. Metodología para intersecciones señalizadas.

Fuente: Manual HCM (2010).

1.6.4. Velocidad del flujo de saturación

La ecuación general para el flujo de saturación, según el HCM 2010 se detalla a continuación:

$$s = s_o * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad [Ec. 1.1]$$

s = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles.

s_o = tasa de flujo de saturación ideal por carril.

N = número de carriles del grupo.

El flujo de saturación ideal (s_o) se define como el flujo por carril que puede pasar por una intersección señalizada. El flujo de saturación representa el número de vehículos por hora y por carril que pueden pasar una intersección si la señal verde dura toda la hora continua sin que el flujo se detenga. El HCM recomienda un valor por defecto ideal $s_o = 1900$ vehículos livianos por hora por carril para carriles de 3.6 m, pendiente 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros, etc. (Ríos, 2018).

- Factor de ajuste por ancho de carril (f_w). Evalúa el impacto negativo de carriles angostos o el impacto positivo en carriles anchos.

$$f_w = 1 + \frac{w - 3.6}{9} \quad [Ec. 1.2]$$

- Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}). Evalúa el espacio que ocupan o dejan de ocupar los vehículos pesados.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV * (Et - 1)} \quad [Ec. 1.3]$$

- Factor de ajuste por pendiente del acceso (f_g). Evalúa el efecto positivo o negativo de la pendiente de la pista.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad [Ec. 1.4]$$

- Factor de ajuste por estacionamientos (f_p). Evalúa el efecto de las maniobras de los estacionamientos de algunos vehículos que interrumpen el flujo constante de los vehículos que vienen por detrás. Tiene un número máximo de maniobras (180).

$$f_p = \frac{N - 0.1 - 18 * Nm/3600}{N} \quad [Ec. 1.5]$$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses (f_{bb}). Evalúa el efecto de los buses del transporte público que se paran a recoger o dejar pasajeros en cada paradero. Tiene un número máximo de 250 paradas.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_B}{3600}}{N} \quad [Ec. 1.6]$$

- Factor de ajuste por tipo de área (f_a). Evalúa el tipo de zona donde se encuentra la intersección: zona residencial, zona comercial o zona financiera.

$$f_a = 0.9 \text{ (CBD - Central Business Distric)} \quad [Ec. 1.7]$$

- Factor de ajuste por utilización del carril (f_{LU}). Evalúa la distribución desigual del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril.

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} * N} \text{ [Ec. 1.8]}$$

- Factor de ajuste por giros a la derecha (f_{RT}). Evalúa el efecto de la geometría dependiendo si los giros se realizan de un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos que giran a la derecha.

$$f_{RT} \text{ para carril exclusivo} = 0.85 \text{ [Ec. 1.9]}$$

$$f_{RT} \text{ para carril compartido} = 1 - 0.15 * PRT \text{ [Ec. 1.10]}$$

$$f_{RT} \text{ para carril único} = 1 - 0.35 * PRT \text{ [Ec. 1.11]}$$

PRT: proporción de giros a la derecha

- Factor de ajuste por giros a la izquierda (f_{LT}). Evalúa si los giros a la izquierda son permitidos o protegidos, y si provienen de un carril exclusivo o compartido.
- Factor de ajuste por peatones y bicicletas (f_{Lpb} y f_{Rpb}). Evalúa los efectos de bloqueo por los peatones y las bicicletas que van en las dos direcciones.

1.6.5. Determinación de la capacidad y relación v/c

- Capacidad. Se toman en cuenta los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación.

$$c_i = s_i * \frac{g_i}{C} \text{ [Ec. 1.12]}$$

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

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

g_i = tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s).

C = longitud del ciclo del semáforo (s).

- Relación volumen-capacidad. Representa el resultado de la tasa de flujo (v) sobre la capacidad (c).

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \text{ [Ec. 1.13]}$$

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

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

c_i = capacidad del grupo de carriles i

Cuando se evalúa la intersección como un conjunto de acuerdo con su geometría y duración del ciclo se tienen que usar los grupos de carriles críticos para cada fase que son los de mayor relación de flujo v/c que se representa como el grado de saturación crítico de la intersección (X_c) (Ríos, 2018).

$$X_c = \frac{C}{C-L} * \sum \left(\frac{v}{s} \right) c_i \text{ [Ec. 1.14]}$$

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

$\sum (\frac{v}{s})ci$ = sumatoria de las relaciones de flujo para todos los carriles críticos.

L = tiempo perdido total por ciclo.

1.6.6. Medidas de eficiencia

- Demoras

Los valores derivados de los cálculos de demora representan la demora media por control experimental por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, se incluyen también las demoras contraídas afuera del mismo cuando el grupo de carriles está sobresaturado.

$$d = d_1 * PF + d_2 + d_3 \text{ [Ec. 1.15]}$$

d = demora por control de vehículo (s/veh).

d_1 = demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

PF = factor de ajuste de demora uniforme por coordinación de los semáforos.

d_2 = demora incremental que toma en cuenta los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas (s/veh).

d_3 = demora por cola inicial que toma en cuenta las demoras de todos los vehículos en el periodo de análisis debido a las colas iniciales (s/veh).

La demora uniforme d_1 es el valor que se asume cuando se trata de un caso ideal de llegadas uniformes, flujos estables, y sin cola inicial.

$$d_1 = \frac{k * C * \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left(\min(1, X) * \frac{g}{c}\right)} \text{ [Ec. 1.16]}$$

$k = 0.5$ para semáforos de tiempo fijo.

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

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

El PF representa el factor de ajuste por coordinación que trata de perfeccionar los efectos de la coordinación de los semáforos.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} = 1.01 \text{ [Ec. 1.17]}$$

P : proporción de vehículos que llegan en verde.

f_{PA} = factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan en verde

La demora incremental d_2 considera las llegadas no uniformes y las demoras aleatorias, así como la demora por sobresaturación.

$$d_2 = 900 * T * \left\{ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right\} \text{ [Ec. 1.18]}$$

T = duración del periodo de análisis (h).

k = factor de demora incremental que es dependiente del ajuste de los controladores.

I = factor de ajuste por ingresos a la intersección corriente arriba, para intersecciones aisladas $I = 1$.

c = capacidad del grupo de carriles (veh/h).

La demora por cola inicial d_3 se genera cuando quedan colas residuales del periodo anterior.

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} \quad [Ec. 1.19]$$

Qb = cola inicial al inicio del periodo T (veh).

t = duración de la demanda insatisfecha (h).

u = parámetro de demora.

Cuando $X > 1$ en un periodo de 15 minutos, el siguiente periodo tendrá que empezar con la cola inicial Qb observada al inicio del color rojo. Existen 5 casos (v. Tabla 3).

Tabla 3. Casos de análisis según la cola inicial Q_b

Caso 1: $Q_b=0$	El periodo es no saturado sin cola inicial. Por lo tanto, $d_3=0$.
Caso 2: $Q_b=0$	El periodo es sobresaturado sin cola inicial. Por lo tanto, $d_3=0$.
Caso 3: $Q_b > 0$, $X \leq 1$, $t=T$	La cola inicial Q_b se disipa durante el periodo T . Para que esto ocurra, la suma de Q_b y la demanda total en T ($q T$) debe ser menor que la capacidad disponible ($c T$). Es decir, $Q_b + q T < c T$.
Caso 4: $Q_b > 0$, $X \leq 1$, $t=T$	Cuando aún existe demanda insatisfecha al final del periodo T , pero es decreciente. Para que esto ocurra, la demanda en T debe ser menor que la capacidad. Es decir, $q T < c T$.
Caso 5: $Q_b > 0$, $X > 1$, $t=T$	Cuando la demanda en T excede la capacidad. Aquí la demanda insatisfecha se incrementa al final de T . Para que esto ocurra deberá cumplirse que $q T > c T$.

Fuente: Manual HCM (2010).

1.7. Referentes ejemplares

Lima metropolitana en los últimos años ha ido incorporando una red de ciclovías que conectan diferentes distritos y zonas de comercio. Además, utilizan bandadas o sardineles peraltados en ciclovías que se encuentran al lado de calzada para brindar seguridad a los ciclistas (Mapa de ciclovías, 2018), un ejemplo de esto es la ciclovía de la Av. Larco – Distrito de Miraflores (v. Figura 9).

Algo rescatable en estas redes, es el buen estado y cuidado de estas infraestructuras y la presencia de zonas de descanso, un espacio donde los ciclistas pueden tomarse un respiro, como es en los casos de las ciclovías en la Malecón Miraflores y Av. Salaverry respectivamente (Gamarra, 2018).



Figura 9. Ciclovía Av. Larco.
Fuente: Index – Miraflores, 2011.

Colombia, la llamada “Ámsterdam Latinoamericana”, prioriza el uso de bicicletas en el país, con el número más alto de ciclistas que transportan este medio en Sudamérica. Aquí se fomenta su práctica los días domingos y festivos de 7 a.m. a 1 p.m. (Páez et al., 2017); evitando al mínimo el flujo vehicular para que los ciclistas disfruten y gocen libremente de su uso y sobre todo aprovechen dicho día como una actividad recreativa, deportiva y aprovechamiento de dichos espacios públicos (v. Figura 10).



Figura 10. Ciclovía Bogotá-Colombia.
Fuente: Radio Nacional de Colombia, 2020.

Otra ciudad sudamericana que impulsa el uso de ciclovías es Curitiba en Brasil, la cual desde el 2013 ha invertido millones de dólares en su construcción por ser un sistema muy utilizados por los habitantes de la zona y turistas; permitiendo, además, la producción de energía por el movimiento de los propios ciclistas sobre la red vial (Marton, 2016).

Ámsterdam, en Países Bajos y Copenhague en Dinamarca, son los países europeos con el mayor número de ciclistas. Ambos tienen sistema de transporte muy moderno, independiente y sistematizado, existen semáforos y señalética exclusiva para peatones, coches y bicicletas, sino un solo semáforo de 4 luces, donde la cuarta refleja el paso del ciclista, inclusive a esto se presentan normativas en donde los ciclistas tienen más preferencia que el

peatón. Además, sus ciclovías son relativamente planas facilitando mucho su construcción y aplicación en el pedaleo (Gamarra, 2018).

Estos países tienen infraestructuras de estacionamientos de bicicletas muy modernos y amplios que pueden abarcar grandes unidades (v. Figura 11), los ciclistas los usan y respetan demostrando su nivel cultural (El paraíso de los ciclistas se llama Holanda: sí lo han conseguido, 2017).



Figura 11. Estacionamiento para bicicletas en Países Bajos.
Fuente: *Anza Bikes*, 2017.

Otra ventaja del uso de la bicicleta es el ahorro de tiempo, ya que en las “horas punta” los ciclistas tienen preferencia de paso sobrepasando el tráfico y la congestión dominada por los vehículos motorizados (v. Figura 12). Los servicios de taxi en los países de Europa tienen precios muy elevados, esa es una razón importante por lo que los europeos prefieren este medio de transporte muy conveniente desde el punto de vista económico (Gamarra, 2018).



Figura 12. Tránsito de ciclistas en ciclovías de Ámsterdam.
Fuente: Fernando Fuentes – *La Tercera*, 2017.

La movilidad sostenible es una opción adecuada a elegir para combatir un gran número de problemas viales. Después de los diversos estudios y análisis tanto sociales como técnicos mencionados en este capítulo, se intuye que puede resultar atractiva para los habitantes de la zona. Existen diversos modelos, tipos y variaciones de ciclovías a lo largo del mundo y dado el impacto positivo que tuvieron en las ciudades en las que se implementaron, se elaborará una propuesta de diseño geométrico para su incorporación en la ciudad de Piura. Para ello se analizará el tipo de ciclovía adecuada para la zona en estudio.



Capítulo 2

Información preliminar de la Av. Ramón Mugica y Av. Country

2.1. Contexto urbano actual de Piura

La población de Piura ha presentado un aumento considerable de su población urbana en los últimos años, aumentando de 314 611 a 573 179 habitantes desde el año 1981 hasta el 2007. Con respecto a la población rural, la provincia de Piura ha tenido un crecimiento alrededor del 15% de 2007 a 2017 (CAF, 2019).

En la provincia de Piura, el distrito de Piura y 26 de octubre presenta una densidad poblacional de 92 habitantes por hectárea. Conocer la distribución espacial de la población permite conocer los puntos de mayor generación de viajes dentro de la provincia (CAF, 2019).

Analizar e identificar los puntos de concentración de actividad económica que actúan como atractores de viajes y, junto con las zonas de generación de viajes, permite entender los flujos de viajes de la población. Dentro del área metropolitana de Piura se identifica que la zona del centro y la zona de mercados son los principales polos de actividad económica.

2.1.1. Diagnóstico de la movilidad

De acuerdo a las encuestas domiciliarias obtenidas del Plan Maestro de Movilidad Urbana, en la provincia de Piura se generan 990 000 viajes de los cuales 905 000 tienen su origen o destino dentro de la misma (CAF, 2019), lo cual constituye un indicador de la alta congestión del tráfico presente en la zona de estudio en las horas punta.

Los viajes en la provincia de Piura se caracterizan por ser en su mayoría de corta duración, presentando una duración igual o menor a los 20 min y recorren una distancia menor o igual a los 4 km. Estos viajes, responden a la movilidad obligada de viajes por motivo de trabajo con un 30%, seguido por los viajes de compras un 28% (CAF, 2019).

El mototaxi y el taxi son los vehículos con mayor presencia vial, pero su ocupación es baja. A partir de aquí, se determina que la congestión en el sistema vial se debe principalmente a vehículos de baja capacidad y constante presencia. Por otro lado, los viajes en bus resultan ser los más eficientes, al realizarse el mayor número de viajes y tener la menor presencia en las vías. En contraste, los viajes en vehículos no motorizados son más de 130 000 viajes,

representando casi el 15% de los viajes en la provincia, siendo la caminata el de mayor participación. El uso de la bicicleta en la provincia es casi nulo (CAF, 2019). Debido a esto, se debe considerar ubicar las ciclovías en este tipo de zonas para reducir el uso de los vehículos motorizados y, por ende, reducir el tráfico (v. Figura 13).

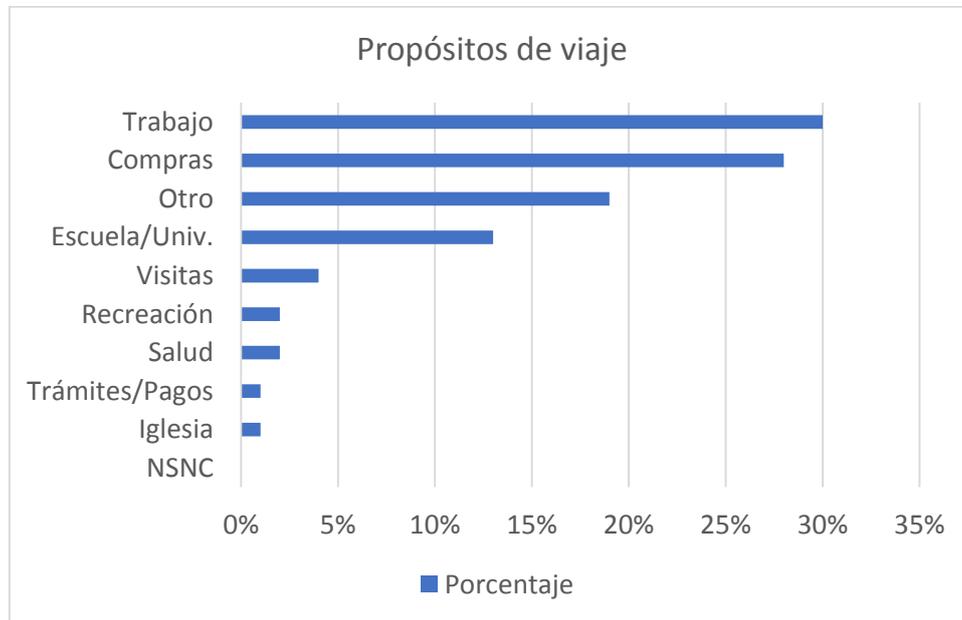


Figura 13. Propósitos de viaje.

Fuente: CAF, 2019.

2.1.2. Movilidad peatonal

La provincia de Piura se caracteriza por su modelo vial orientado al transporte privado, lo que se puede traducir en infraestructura nula o inadecuada para los modos sostenibles. A pesar de esto, los viajes caminando tienen una participación del 14% de la movilidad global de Piura (v. Figura 14).

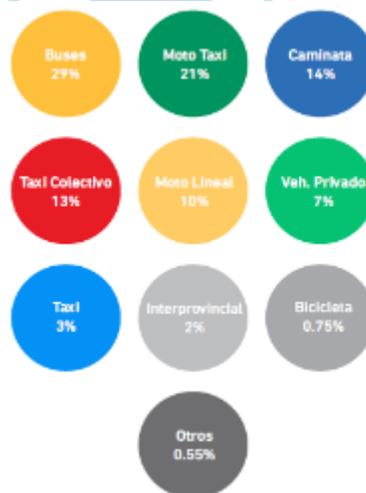


Figura 14. Reparto modal en la provincia

Fuente: Plan Maestro de Movilidad Urbana

2.1.3. Movilidad ciclista

En la provincia de Piura, la movilidad ciclista tiene una participación casi nula, de 0.75% del total de los viajes y en las vías una presencia menor a 1% de los vehículos aforados (CAF, 2019). Actualmente la bicicleta no se encuentra considerada para realizar viajes, por eso la infraestructura para este modo no se encuentra desarrollada, inhibiendo más su uso.

2.1.4. Movilidad en transporte público

El transporte público presenta la mayor participación en la movilidad de la Provincia. Se emplean unidades de baja capacidad para brindar el servicio, ocasionando una mayor presencia en las vías, y por ende una mayor congestión.

2.2. Situación actual de la Av. Ramón Mugica y Av. Country

2.2.1. Reconocimiento de la zona de estudio

Debido a las limitaciones que se presentan a causa de la pandemia por el virus COVID-19, se tuvo que realizar el reconocimiento del área del proyecto mediante la herramienta *Google Earth* (v. Figura 15), la cual proporcionó la ubicación exacta y una galería de fotos que permitió tener una mejor visualización de la zona en cuestión.



Figura 15. Ubicación de la Av. Mugica y Av. Country
Fuente: Google Earth Pro, 2020.

Se verificó, que tal como se indica en el Plan de Desarrollo Urbano de Piura, Castilla, 26 de Octubre y Catacaos al 2032, las avenidas forman parte de una zona comercial con alta densidad residencial (Rodríguez, 2014). En el trayecto de las avenidas se encuentra la Universidad de Piura, grifos, supermercados, farmacias, hoteles, restaurantes y el mercado modelo de Piura. Todo ello genera gran concurrencia de personas y vehículos.

Al pertenecer a la ciudad de Piura, el clima de la zona es semicálido, con una temperatura media anual máximo y mínimo de 34.1 °C y 17.1 °C respectivamente (Herramientas, 2020). Se observa la presencia de algarrobos a lo largo del separador de las avenidas, los cuales no solo dan cobertura, sino también brindan sombra y generan humedad (Wust, 2015).

Las avenidas en su conjunto tienen una longitud de 830 m, cuenta con tres intersecciones importantes, las cuales son la Av. Andrés Avelino Cáceres, la Av. Luis A. Eguiguren y la Av. Sullana Norte. En estas avenidas transitan mayormente vehículos de servicio de taxi, mototaxis y buses, los cuales hacen que sea una vía de alto flujo vehicular, situación que se torna crítica en las horas puntas. Y es concretamente la calidad de movilización de los peatones y ciclistas la que se ve perjudicada por las dificultades causadas por la congestión vehicular.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, los ciclistas son los usuarios más perjudicados, pues en dichas avenidas no existe infraestructura que los beneficie o una zona delimitada para su uso exclusivo como lo es una ciclovía. Por este motivo, se propone el diseño de una vía con el objetivo de mejorar la calidad de sus desplazamientos, disminuir el flujo vehicular motorizado, y a su vez reducir los niveles de contaminación.

2.2.2. Estudio topográfico

El estudio topográfico de la Av. Ramón Múgica y la Av. Country, se realizó con la finalidad de definir la planimetría y altimetría de los puntos del terreno, necesarios para obtener una representación fidedigna del área y poder contar con la información necesaria para realizar un diseño adecuado basándose en los manuales urbanos y normas técnicas.

Debido a la coyuntura nacional e internacional, el trabajo se desarrolló en su mayor parte en gabinete, haciendo uso de herramientas tales como el *Google Earth*, *Google Maps*, *TCX Converter*, *AutoCAD*. El trabajo de campo consistió fundamentalmente en determinar las dimensiones de las veredas, bermas, calzadas, separador central e intersecciones.

2.2.2.1. Trabajo de campo. Se realizó la medición de los principales componentes de las avenidas, con la finalidad de corroborar la información recopilada mediante fotos satelitales brindadas por la herramienta *Google Earth Pro* (v. Anexo 1).

Se tomaron las medidas de la intersección de la Av. Ramón Múgica con la Av. Andrés Avelino Cáceres, por ser la de mayor importancia debido a la gran concurrencia de vehículos. El ancho de la primera es de 16 m y la segunda 38 m, aproximadamente.

Asimismo, se midieron las veredas, calzadas y separador central, cuyas dimensiones en promedio son de 3.3 m, 16 m y 5.5 m, respectivamente. Todo esto se puede visualizar a mayor detalle en el Anexo 2.

2.2.2.2. Trabajo de gabinete. El trabajo de gabinete del proyecto consistió en la elaboración del plano de planta de toda la avenida y de su perfil longitudinal; geolocalización, con la ayuda de programas como *Google Earth Pro* y *Google Maps*, de puntos estratégicos para establecer una red de referencia y con los softwares *AutoCAD* y *TCX Converter* se realizó el diseño del plano, la organización y conversión de los datos recopilados.

- Elaboración del plano de planta

Se elaboró un plano de planta a escala 1:1 del área de estudios, para su elaboración se utilizaron diversos programas entre los cuales están *Google Maps*, *Google Earth* y *AutoCAD* (v. Anexo 3). El plano fue elaborado desde cero, tomando como referencias el sistema de coordenadas utilizado es *Universal Transverse Mercator (UTM)* junto con *World Geographic System 1984 (WGS84)*, estableciéndose como zona de referencia UTM: 17M, por pertenecer a esta región del Perú.

En el Gobierno Regional de Piura, aledaño a la zona del proyecto, se encuentra la Estación de Rastreo Permanente PI01, que, junto con los puntos de control geodésicos, proporcionará información para los levantamientos topográficos.

- Elaboración del perfil longitudinal

Para la elaboración del perfil longitudinal se utilizaron los programas de *AutoCAD* (v. Anexo 4), *TCX Converter* y *Google Earth Pro*. El perfil mostró una clara pendiente siendo el punto más alto la intersección de la Av. Ramón Múgica con la Av. Fortunato Chirichigno con una cota de 40 m.s.n.m. y la Av. Sullana Norte con una cota de 33 m.s.n.m.

2.2.3. Estudio de impacto ambiental

El impacto ambiental, ya sea positivo o negativo, que se puede dar en la construcción y ejecución del proyecto será identificado con la evaluación de las actividades a realizar y sus relaciones y componentes hacia el ambiente y la sociedad.

2.2.3.1. Componentes físico-químicos

- Cambios en la topografía del terreno

La construcción de la ciclovía será realizada conforme al alineamiento actual de la Av. Ramón Múgica, cuyas actividades involucradas ocasionarán cambios en la topografía del terreno, ya sea a lo largo del tramo de la avenida, en los bancos de materiales o los lugares seleccionados como depósitos.

Estos cambios se observarán a través de la reducción de altura del terreno, y/o en la formación de depresiones, esto es dependiendo de la manera en que el material se extraído, en el caso del movimiento de tierras o para el material de la infraestructura de la ciclovía, concreto o asfalto.

Para esto, se realizarán los respectivos trabajos de nivelación y compactación del terreno del proyecto con el fin de que al término de la obra no se presente ninguna variación significativa en la topografía del terreno y no se generen inconvenientes.

- Generación de erosión y sedimentación

Las operaciones y actividades durante la construcción como lo son el desmonte y limpieza, los movimientos de tierra, instalación de carpas, remoción de vegetación y los depósitos de materiales; podrán activar los procesos erosivos y por consecuente la

sedimentación. Estas actividades implican que el suelo quedará desnudo de manera temporal mientras se realiza la construcción de la ciclovía.

Los estudios de suelos o los pasados estudios de suelos realizados en la zona del proyecto nos indicarán si existe el riesgo de sedimentación y/o erosión que se podría generar por la realización del proyecto, en caso se llegue a producir alguna de estas se tendrá como principal solución un relleno con material de préstamo a la zona del terreno afectado.

- Cambios en el uso del suelo

No se generaría un cambio de suelo ya que la ciclovía mantendría la zona comercial e impulsaría la economía de la zona, generando un impacto positivo en el comercio y la economía de la zona, los negocios aledaños serán más notorios y visibles a los usuarios ciclistas y, por ende, serán beneficiados.

- Afectación temporal de la calidad del aire

La calidad del aire se verá afectada principalmente por la producción de polvo debido a las diferentes actividades de construcción de la ciclovía. Este material puede afectar la salud de la población, siendo este un impacto de carácter temporal.

Además de los gases vehiculares generados por la operación de la maquinaria, los cuales contendrán dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno (NO), partículas de cenizas, entre otros (Rehabilitación de la Carretera CA:11 La Entrada-El Florido).

La generación de polvo y contaminantes del aire se controlará con el adecuado uso de las maquinarias y equipos que generen estos contaminantes, realizando los trabajos en horarios adecuados y no en simultáneo con los demás equipo o máquinas generadoras de contaminantes.

Tras la implementación de la ciclovía, el tráfico causado por los vehículos motorizados se verá reducido y, por ende, la contaminación del aire menguará y la calidad del aire aumentará a niveles buenos y aceptables para una zona urbana.

- Generación de ruidos

Debido a la naturaleza del proyecto, se generará ruido en prácticamente todas las actividades a desarrollar, el cual será producido principalmente por los equipos y la maquinaria utilizada en las actividades durante la construcción de la ciclovía, debido al movimiento de materiales, remoción de vegetación, demolición de estructuras y por el funcionamiento de la maquinaria y equipos; conformados por moto-niveladores, retroexcavadoras, cargadoras, volquetas, mixers, entre otros.

Los niveles de ruido generados por los equipos pueden representar una molestia a los pobladores de las viviendas y negocios localizados a ambos lados de la avenida.

Para tener una idea de los niveles de ruido instantáneo que se espera que se produzcan durante la construcción de la ciclovía, se muestran valores de ruido que han sido estimados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) que generan algunos equipos pesados (v. Tabla 4).

Tabla 4. Intensidad en dB de equipos

Origen	Intensidad en dB
Cargadora	72-83
Camión	83-93
Generador	73-87

Fuente: EPA, EUA, 1972.

Para que los ruidos generados por la maquinaria y equipos que se usarán en el proyecto no resulten una molestia se planteará una estrategia similar a la que se aplicará con la actividad de generación de contaminantes del aire, que consiste en trabajar con los equipos y maquinarias en horarios no simultáneos para que así no se genere un caos acústico, también se tendrá en cuenta que se deberá trabajar con la mejor eficiencia posible para así tener un menor tiempo de uso de estas. Posteriormente, la reducción del uso de los vehículos motorizados como consecuencia de la incorporación y uso de la ciclovía implica una disminución del ruido generado por estos en la zona.

2.2.3.2. Componentes biológico-ecológicos

- Pérdida de vegetación

La pérdida de vegetación se producirá por la ejecución del trazado y marcado de la ciclovía, desmonte, limpieza, movimiento de tierras de corte y relleno, y por la construcción de la misma ciclovía en el tramo de carretera. Se identificó la presencia de áreas verdes a lo largo de las avenidas, con presencia de algarrobos en el separador central y en las veredas. (v. Anexo 5).

Se tratará de preservar la mayor cantidad de áreas verdes posibles, así como también trasplantar los árboles y plantas que se necesiten remover para el desarrollo del proyecto, el equipo técnico se compromete a preservar el paisaje arquitectónico y comercial que presenta esta zona tomando los cuidados y medidas adecuadas para la preservación de esta, como es el hecho de mantener la arquitectura de la zona, preservar las áreas verdes posibles, no contaminar y/o ensuciar paredes o calles, etc.

- Modificación del paisaje

El desmonte y limpieza para la construcción de la ciclovía modificará permanentemente el paisaje de la zona, debido a la remoción de la vegetación presente en la avenida. La instalación de carpas, maquinaria y equipamiento afectará temporalmente el

paisaje de la zona. La explotación de bancos de materiales producirá un cambio permanente, por la remoción de vegetación y la formación de depresiones debido a la extracción del material. Los botaderos también tienen su impacto por el cambio producido por el apilamiento del material levantando el nivel natural del terreno.

Si se realizan de forma adecuada los procesos y actividades a realizar durante la construcción, como lo son el relleno y la revegetación, se puede mejorar el paisaje de la zona.

La ciclovía en cuestión, junto con las áreas verdes y la señalización; le dará un mayor atractivo a la zona, incentivando el desarrollo sostenible de la ciudad y fomentando a los habitantes a formar parte del desarrollo ecológico y social de la ciudad de Piura.

2.2.3.3. Componentes socioeconómicos

- **Oferta de empleo**

Las actividades llevadas a cabo durante la construcción de la ciclovía serán una fuente temporal de empleo. También habrá oferta laboral para diferente personal calificado, como ingenieros, topógrafos, maquinistas, operarios, técnicos especializados, entre otros.

- **Seguridad ocupacional**

Los trabajadores estarán expuestos a riesgos laborales y de salud si no se les proporciona el equipo de protección personal requerido para las actividades realizadas durante el proceso constructivo, asimismo si no se les brinda un ambiente seguro, surge el riesgo de suceder un accidente laboral.

Además, los trabajadores estarán expuestos a altos niveles de ruido, a levantamientos de objetos pesados, polvo, etc., lo que puede provocar enfermedades respiratorias, alergias, irritabilidad, entre otros.

- **Salud**

La generación de polvo por la construcción de la ciclovía puede ocasionar enfermedades respiratorias en la población cercana, asimismo, estará expuesto a altos niveles de ruido debido a los equipos y el paso de la maquinaria, y de las actividades constructivas, movimientos de tierra, entre otros.

El ingeniero o profesional responsable de la salud y seguridad de tanto los trabajadores como habitantes de la zona tomará las medidas adecuadas para que no se presenten riesgos de accidentes, esto se logrará con una adecuada capacitación al personal de trabajo sobre medidas de seguridad en obra, así como también con el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP) con el que contarán los trabajadores.

Con la ciclovía en operación los usuarios realizarán actividad física mientras se movilizan hacia su destino, beneficiando a su salud y calidad de vida.

2.2.4. Análisis vial

El objetivo de esta etapa es identificar las características de la red vial existente en la zona de estudio, como el aforo vehicular, los tipos de transporte utilizados por el público y las intersecciones con mayor congestión vehicular.

Toda esta información recogida permitirá identificar el nivel de servicio de la vía para posteriormente realizar el diseño de la ciclovía con todas las condiciones que la zona requiera.

2.2.4.1. Derecho de vía. La Av. Ramón Múgica y la Av. Country presentan las tres funciones propias de un derecho de vía. Sobresale la función de transporte, pues dichas avenidas sirven de ruta para viajes urbanos e interurbanos. En segundo lugar, la función ambiental se aprecia por la presencia de áreas verdes en el separador central y en las aceras, lo cual permite mitigar la contaminación vehicular. La función social es bastante notoria, ya que esta vía es una zona comercial con alta densidad residencial (v. Figura 16).



Figura 16. Derecho de vía típico de la Av. Country.
Fuente: Google Street View, 2020.

Presenta un derecho de vía típico con una distribución simétrica de 23.14 m a lo largo de la Av. Andrés Avelino Cáceres y la Calle Santa María. Cuenta con dos aceras contiguas a los límites de propiedad de 3.32 m de ancho. Estas están delimitadas por una franja de 1.2 m destinada a jardines, rampas y áreas de parqueo. Existe, también, un separador central de 5.7 m de ancho, rodeada por dos calzadas de 4.5 m (v. Figura 17).



Figura 17. Perfil transversal de la Av. Ramón Múgica y Av. Country.
Fuente: Elaboración propia – Streetmix.

2.2.4.2. Características propias de la vía. Los usuarios que comparten esta vía, son peatones y vehículos motorizados. Por las avenidas estudiadas, transitan peatones de todo rango de edad, según se asume, por ser una zona residencial, comercial, y por la poca cantidad de vehículos pesados que circulan.

En el conteo vehicular proporcionado por el Estudio de Impacto Vial para el Mejoramiento y Rehabilitación de la Av. Cáceres, realizado en el 2017, no se registran bicicletas. Sin embargo, se considera que existe un flujo reducido de ciclistas en las avenidas en estudio, el cual es generado principalmente por los alumnos de la Universidad de Piura. Los motivos más comunes deducidos para el uso de esta vía son la movilización particular y transporte de mercancía. Asimismo, se observó una cantidad mínima de triciclos, debido a la presencia del mercado modelo de Piura (v. Figura 18).

Por otro lado, se identificó otra característica de la vía que puede alterar los criterios para su diseño, una posible existencia de una red de alcantarillado en el separador central, ubicado entre la Av. Luis A. Eguiguren y la Av. Sullana Norte. Este conducto de desagüe de ser necesario, deberá ser reubicado.



Figura 18. Casos particulares de transporte no motorizado en las avenidas.
Fuente: Google Street View, 2020.

También se comprobó la existencia de ensanche de calzada para giros a la izquierda en las intersecciones de la Av. Country con la Av. Andrés Avelino Cáceres, la calle Los Ceibos, la Av. Luis A. Eguiguren y la Av. Sullana Norte (v. Figura 19).



Figura 19. Ensanchamiento típico de la calzada en la Av. Country.
Fuente: Google Street View, 2020.

2.2.4.3. Estudio de tráfico. Basándose en el Estudio de Impacto Vial para el Mejoramiento y Rehabilitación de la Av. Cáceres, realizado en el 2017, cuya proyección de horizonte es de 5 años, se analizará el conteo vehicular de la intersección de la Av. Andrés Avelino Cáceres y la Av. Ramón Mugica, por tener un flujo vehicular mayor al resto de intersecciones. El conteo vehicular fue realizado los días: sábado 29 de abril, martes 02 y miércoles 03 de mayo del 2017 (v. Anexo 6). Se determinó que el aforo está principalmente constituido por vehículos ligeros (v. Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje diario según el tipo de vehículos

Tipo de Vehículo	Sábado	Martes	Miércoles	%
Vehículos Ligeros	43,415	46,417	47,435	96.5%
Buses	1,393	1,358	1,368	2.9%
Camiones y Articulados	288	235	303	0.6%
Total	142,212			

Fuente: Elaboración propia

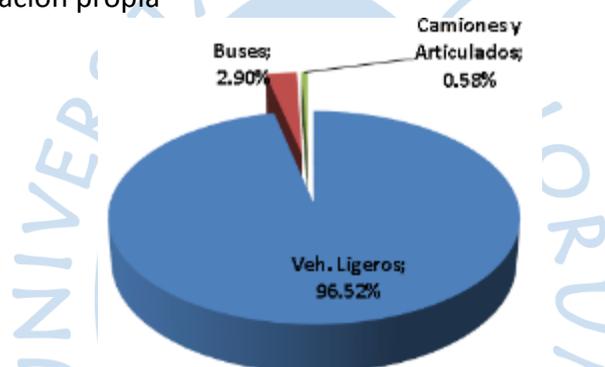


Figura 20. Porcentaje diario según el tipo de vehículos.

Fuente: Elaboración propia

Además, se estableció el IMD correspondiente a cada vehículo que transita por la intersección. Con ello, se pudo constatar que las motos lineales, mototaxis, autos y camionetas pick up son los principales usuarios de la vía (v. Tabla 6).

Tabla 6. IMD por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	%
Moto Lineal	9,799	20.60%
Mototaxi	15,473	32.53%
Auto	12,271	25.80%
Camioneta Pickup	6,879	14.46%
Camioneta Rural	1,052	2.21%
Micro	450	0.95%
Bus	1,372	2.88%
Camión	26	0.06%
Semi tráiler	243	0.51%
Tráiler	8	0.02%

Fuente: Elaboración propia

Para poder determinar el IMDA, se tomaron en consideración los conteos vehiculares realizados en el turno de la tarde de cada uno de los 3 días. Para ello, la intersección fue dividida en 4 zonas:

- Zona 1: Acceso de la Av. Country
- Zona 2: Acceso de la Av. Ramón Múgica
- Zona 3: Acceso de la Av. Cáceres (al lado del grifo Mega)
- Zona 4: Acceso de la Av. Cáceres (al lado del restaurante Manos Piuranas)

La distribución del aforo vehicular se dio mediante una combinación por ejes. Es decir, si el viaje se realiza en la zona de la Av. Country (zona 1), los posibles movimientos que hará el vehículo serán: 1-3 (giro a la derecha), 1-2 (trayectoria recta) y 1-4 (giro a la izquierda).

Se determinó el IMDA con el uso de las siguientes fórmulas.

$$IMDA = IMDS * FC \text{ [Ec. 2.1]} \quad IMDS = \sum \frac{(2V_p + 5V_l)}{7} \text{ [Ec. 2.2]}$$

- IMDS: Índice medio diario semanal.
- IMDA: Índice medio anual
- V_p : Volumen vehicular promedio de fin de semana.
- V_l : Volumen vehicular promedio de día de semana.
- F.C: Factor de corrección urbana.

Primero hallamos el Índice Medio Diario Semanal.

Tabla 7. Índice Medio Diario Semanal

ESQUINA	ORIENTACIÓN	HORARIO			DIARIO			IMDS
		SÁBADO	MARTES	MIÉRCOLES	SÁBADO*	MARTES*	MIÉRCOLES*	
1	4	72	108	103	1152	1728	1648	2358
	2	548	621	738	8768	9936	11808	16534
	3	79	162	181	1264	2592	2896	3224
2	3	88	109	102	1408	1744	1632	2614
	1	415	715	632	6640	11440	10112	14337
	4	220	319	295	3520	5104	4720	7029
3	1	295	361	350	4720	5776	5600	8783
	4	521	670	623	8336	10720	9968	15725
	2	36	40	58	576	640	928	1136
4	2	314	369	415	5024	5904	6640	9504
	3	513	790	684	8208	12640	10944	16630
	1	159	186	202	2544	2976	3232	4761

Fuente: Elaboración propia

Los Factores de Corrección Promedio para vehículos pesados y ligeros se obtienen de las tablas del Manual de Carreteras para el año 2000 al 2010. Se consideró el peaje Piura -

Sullana. Tendiéndose en cuenta además que, el porcentaje de vehículos ligeros es de 96.56% y de pesados es de 3.44%, se procede a calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA).

- F.C.E Vehículos Ligeros: 1.0793
- F.C.E Vehículos Pesados: 1.0415

Tabla 8. Índice Medio Diario Anual

ESQUINA	ORIENTACIÓN	%Veh. Ligeros *F c	%Veh. Pesados *F c	IMDA
1	4	104.22	3.5833	2542
	2			17823
	3			3475
2	3			2817
	1			15455
	4			7577
3	1			9468
	4			16951
	2			1225
4	2			10246
	3			17928
	1			5133

Fuente: Elaboración propia

A partir del IMDA se puede calcular los Volúmenes Horarios de Diseño de la intersección (v. Tabla 10), los cuales ayudarán a poder establecer el nivel de servicio actual de la zona. Siendo la contante K (relación entre el volumen de la trigésima hora máxima) igual a 0.12 debido a que esta es la destinada para carreteras tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Tabla 9. Volúmenes Horarios de Diseño

ESQUINA	ORIENTACIÓN	IMDA	VHD
1	4	2542	305
	2	17823	2139
	3	3475	417
2	3	2817	338
	1	15455	1855
	4	7577	909
3	1	9468	1136
	4	16951	2034
	2	1225	147
4	2	10245	1229
	3	17928	2151
	1	5133	616

Fuente: Elaboración propia

Basándose en los VHD hallados, se procedió a simular el tránsito de la intersección mediante el Synchro 8.0, un software evalúa, analiza y optimiza las redes viales, aplicando el método HCM 2010. El nivel de servicio obtenido fue de categoría F, el cuál será abordado detalladamente en el capítulo posterior.

Para determinar la demanda futura se hizo uso de la fórmula de tránsito proyectado al año en vehículo por día:

$$Tn = To * (1 + r)^{n-1} [Ec. 2.3]$$

- Tn: Tránsito proyectado al año en vehículo por día.
- To: Tránsito actual (año base) en vehículo por día.
- n: Año futuro de proyección.
- r: tasa anual de crecimiento de tránsito.

En la región Piura para vehículos de pasajeros, se tiene una tasa de crecimiento anual de la población (R_{vp}) igual a 2.14% y para vehículos de carga, se tiene una tasa de crecimiento de PBI regional (R_{vc}) igual a 5%.

Con todos estos datos se calcula la proyección de tráfico futura considerando las condiciones actuales de la intersección (v. Tabla 10).

Tabla 10. IMDA por tipo de vehículo por demanda futura

Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	51330	51330	52429	53550	54697	55867	51330	52429	53550	54697	55867
Veh ligeros	49564	49564	50625	51708	52815	53945	49564	50625	51708	52815	53945
Buses	1480	1480	1512	1544	1577	1611	1480	1512	1544	1577	1611
Camiones y articulados	286	286	292	298	305	311	286	292	298	305	311

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Problemas detectados

- Tráfico y congestión vial

La congestión ocasionada por el tráfico es uno de los principales problemas detectados en las Av. Ramón Mugica y Av. Country, tal que aquellas zonas con la mayor congestión vial se localizan en las intersecciones a lo largo de la vía. El crecimiento del flujo vehicular en los últimos años ha ocasionado problemas de inseguridad, tanto para los usuarios peatones como para los usuarios conductores; y la congestión formada por la movilidad de estudiantes, trabajadores y comerciantes; contexto bajo el cual se busca mejorar el sistema vial presente en la avenida a través de la construcción de una ciclovía.

La intersección con la Av. Cáceres presenta un nivel de servicio F, esto implica que cada vehículo demora más de 60 segundos en realizar su operación en el tráfico, aproximadamente de 65 segundos de demora (v. Figura 20); generando congestión vial.

Esta situación es crítica, y para tratar de mejorar esto se debería regular el ciclo de los semáforos, mejorar la señalización del área, optimizar el derecho de vía y/o analizar la implementación de una rotonda.

En el caso de la intersección evaluada, la congestión vehicular es muy similar en los periodos horarios críticos de “horas punta”, el acceso a nuevas zonas residenciales, a instituciones educativas y públicas explicarían el nivel de congestión (Bayona y Márquez Teodoro, 2015). Esto se ve reflejado por las causas antes mencionadas.

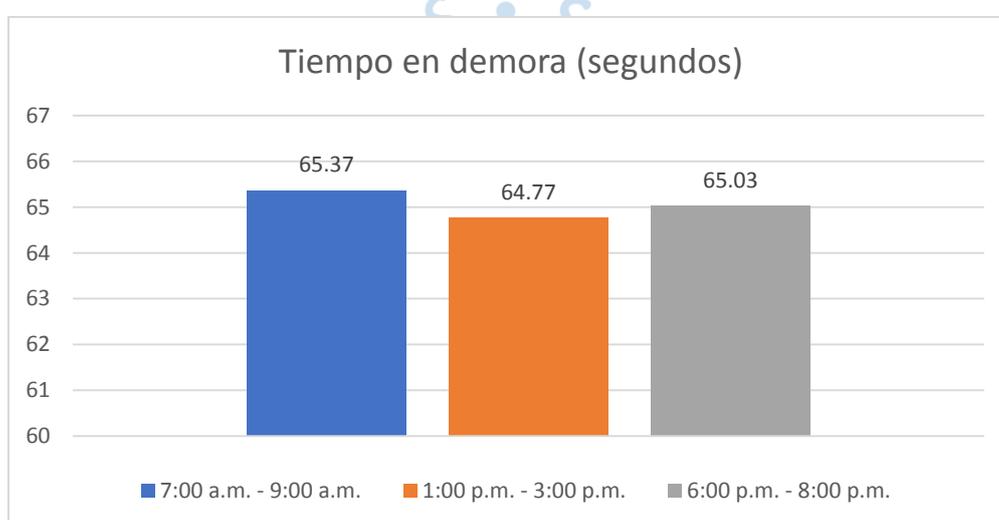


Figura 21. Tiempo en demora en la intersección Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres
Fuente: Bayona y Márquez (2015).

- Congestión debido a la presencia de ambulantes

Otro problema detectado es el caso de la congestión generada por los comerciantes ambulantes que se encuentran en la intersección de las Av. Country y Av. Sullana. Los peatones de la zona ocasionarían un gran problema de accesibilidad para los usuarios ciclistas al momento de hacer uso de la ciclovía, además del tráfico que esta situación también causa.

Una solución adecuada para los vendedores ambulantes de la zona es incentivar el respeto por los ciclistas y la ciclovía, así también considerar la opción de una reubicación de estas personas a una zona donde no se les perjudique y resulte beneficiosa para el tráfico.

- Contaminación

Los desperdicios emitidos por los usuarios y vehículos en la vía, ya sea por los conductores o por los mismos peatones y/o vendedores ambulantes son un problema a tomar en cuenta para el desarrollo sostenible de la ciclovía. Dejar este problema de lado resultaría

anti estético y reduciría el interés de los usuarios a hacer uso de la ciclovia. Para reducir la contaminación por el arrojado de desperdicios y basura se plantea la solución de colocar botes de basura a cada cierta distancia a lo largo de toda la ciclovia, así como también generar una conciencia ambiental sobre el arrojado de desperdicios en los transeúntes y conductores.

- Dimensionamiento de la calzada

Los cambios de dimensiones de la calzada a lo largo de la avenida, cerca de las zonas de intersecciones, donde se tiene un aumento significativo del ancho de la calzada ante los semáforos, implica un problema para la implementación de la ciclovia debido a que no se cumpliría con los requisitos mínimos de dimensionamiento de la ciclovia. Por lo tanto, se requieren analizar soluciones variadas para superar este problema sin afectar de manera crucial el propósito de dicho sobreechancho.

- Red de desagüe en la Av. Sullana y Av. Country

En la intersección de las Av. Sullana y Av. Country se encuentra una red de desagüe muy elevada en el interior de la vereda del separador central, esto generaría problemas en la etapa de construcción al momento de realizar las actividades de excavación para la implementación de la ciclovia debido a que se puede romper alguna tubería y producir una inundación en la zona. Para este caso se realizará una reconstrucción de este desagüe que no interfiera en la implementación de la ciclovia.

Toda la información expuesta presenta un mayor grado de detalle de cómo la ciudad de Piura está constituida respecto a la movilidad vial urbana. Se nos da a conocer datos concretos, datos estadísticos, así como también detalles de las principales vías de la ciudad de Piura que nos ayudan a conocer mejor la problemática que esta vive. Además de los estudios y trabajos realizados en la zona donde se planea implementar la ciclovia y cómo esta implementación afectaría directamente en el ámbito ambiental, social y vial en la avenida.

Capítulo 3

Planteamiento y evaluación de propuestas

3.1. Datos de entrada

Los datos de entrada representan todas las características físicas como: el ancho de los carriles, el ancho de las calzadas, la cantidad de carriles, inclinación, pendientes, ubicaciones geométricas, condiciones semafóricas, el tiempo de ciclo y condiciones de tránsito como el flujo vehicular y flujo de saturación (Otero, 2015). Todos estos datos de entrada se obtienen por observación directa de la zona y del estudio de tránsito, seleccionando los carriles principales y detallándolos para cada dirección (v. Tabla 11).

Tabla 11. Dirección Oeste-Este

Datos de entrada (Oeste-Este)	Carril izquierdo	Carril central
Número de carriles	1	2
Ancho de carriles (m)	3	3.2
Volumen directo	-	790
Volumen hacia la derecha	-	186
Volumen hacia la izquierda	369	-
Volumen de bicicletas	-	-
Flujo de saturación ideal S_0	1900	1900
Equivalente en vehículos livianos E_t	2	2
Tiempo de verde efectivo (s)	39	28
Longitud de ciclo	73	73
Tiempo de ámbar	3.5	3.5
Tiempo de todo rojo	0.5	0.5
Proporción de los vehículos en fase verde	0.53	0.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Dirección Este-Oeste

Datos de entrada (Este-Oeste)	Carril izquierdo	Carril central
Número de carriles	1	2
Ancho de carriles (m)	3	3.2
Volumen directo	-	670
Volumen hacia la derecha	-	40

Volumen hacia la izquierda	361	-
Volumen de bicicletas	-	-
Flujo de saturación ideal S_0	1900	1900
Equivalente en vehículos livianos E_t	2	2
Tiempo de verde efectivo (s)	39	28
Longitud de ciclo	73	73
Tiempo de ámbar	3.5	3.5
Tiempo de todo rojo	0.5	0.5
Proporción de los vehículos en fase verde	0.53	0.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Dirección Sur-Norte

Datos de entrada (Sur-Norte)	Carril izquierdo	Carril central
Número de carriles	1	2
Ancho de carriles (m)	3	3.2
Volumen directo	-	621
Volumen hacia la derecha	-	162
Volumen hacia la izquierda	108	-
Volumen de bicicletas	-	-
Flujo de saturación ideal S_0	1900	1900
Equivalente en vehículos livianos E_t	2	2
Tiempo de verde efectivo (s)	26	26
Longitud de ciclo	73	73
Tiempo de ámbar	3.5	3.5
Tiempo de todo rojo	0.5	0.5
Proporción de los vehículos en fase verde	0.36	0.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Dirección Norte-Sur

Datos de entrada (Norte-Sur)	Carril izquierdo	Carril central
Número de carriles	-	2
Ancho de carriles (m)	-	3.2
Volumen directo	-	715
Volumen hacia la derecha	-	319
Volumen hacia la izquierda	-	109
Volumen de bicicletas	-	-
Flujo de saturación ideal S_0	-	1900
Equivalente en vehículos livianos E_t	-	2
Tiempo de verde efectivo (s)	-	26
Longitud de ciclo	-	73
Tiempo de ámbar	-	3.5
Tiempo de todo rojo	-	0.5
Proporción de los vehículos en fase verde	-	0.36

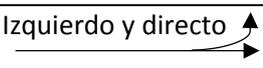
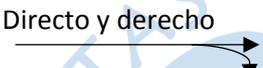
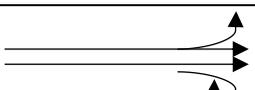
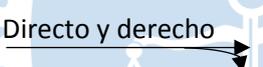
Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Agrupación de carriles y velocidad del flujo de demanda

Se consideran los accesos de una intersección de forma individual, así como los grupos de carriles de cada uno. Se separan por la geometría de la intersección y la distribución de movimientos.

- **Grupo de carriles (Dirección Oeste-Este)**

Tabla 15. Agrupamiento de carriles

Número de carriles	Movimientos por carril	Número de posibles grupos de carriles
2	Izquierdo y directo  Directo y derecho 	1.  2. 
3	Izquierdo exclusivo  Directo  Directo y derecho 	2.  3. 

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de la tasa de flujo**

Para determinar la tasa de flujo se usa la siguiente fórmula que representa el volumen horario sobre el factor de hora pico.

$$V_p = \frac{V}{FHP} \quad [Ec. 3.1]$$

V_p : tasa de flujo durante los primeros 15 minutos pico (veh/h)

V: volumen horario (veh/h)

FHP: factor de hora pico

Se divide el volumen horario entre el factor de hora pico (FHP) para los carriles.

3.2. Evaluación del nivel de servicio actual

La intersección de la Av. Ramón Mugica y la Av. Andrés Avelino Cáceres es uno de los mayores problemas de la ciclovía. En la hora punta, este cruce recibe aproximadamente 4031 vehículos, 2195 provenientes de la Av. Cáceres, 874 de la Av. Country y 965 de la Av. Ramón Mugica. Por ello, ha sido seleccionada para ser simulada con el software SYNCHRO 8.0, cuyo funcionamiento está basado en el HCM 2010.

Actualmente, llegan 2 carriles en cada acceso, los cuales están divididos por el separador central; aunque, el estado deficiente del pavimento no permite visualizar su distribución. Por lo tanto, se asumirá la mostrada en la siguiente figura. Además, se tiene carriles segregados en las avenidas, menos en el de la Av. Ramón Múgica, los cuales admiten el giro a la izquierda.



Figura 22. Intersección Av. Cáceres y Av. Country

Fuente: Elaboración propia – SYNCHRO 8.0

La configuración del semáforo de la intersección consta 2 fases. La primera fase le da luz verde a la Av. Ramón Múgica y a la Av. Country durante un lapso de 34 segundos y rojo a la Av. Cáceres. La segunda fase le da luz verde a la Av. Cáceres en ambos sentidos durante 39 segundos y rojo a los 2 accesos restantes (v. Figura 23).

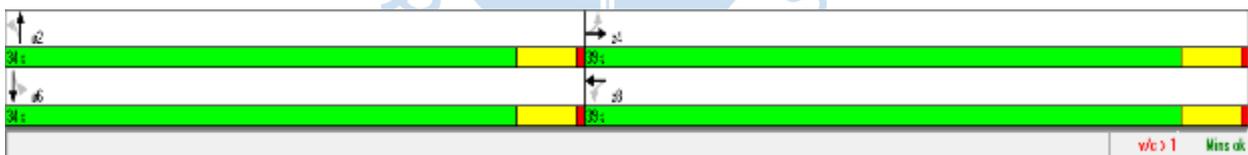


Figura 23. Diagrama de fases actual de la intersección de la Av. Ramón Múgica y Av. Cáceres

Fuente: SYNCHRO 8.0

La programación mostrada, no cuenta con giros a la izquierda protegidos y produce demoras en la Av. Andrés Avelino Cáceres, ya que presenta un tiempo de rojo de casi 42 segundos, el cual es disconforme con el volumen vehicular. Por ello, es necesario reconsiderar el diseño del semáforo, de manera que se para beneficien todos los accesos y se obtenga un nivel de servicio óptimo.

Se debe tener en cuenta que el ineficiente diseño geométrico, la escasa señalización y la incorrecta programación del semáforo, generan un nivel de servicio muy bajo en las intersecciones. A continuación, se mencionarán algunas de las razones que producen la congestión en la zona de estudio:

- La cantidad de giros hacia la izquierda desde la Av. Cáceres son bastante elevados, por ello cuentan con un carril exclusivo de 25 metros de longitud. A pesar de ello, se sigue generando congestión debido a que la longitud de este carril no es suficiente. Lo ideal sería que esta sea mayor a la cola que se genera en el carril en sentido recto, para garantizar que los vehículos que quieren voltear a la izquierda no tengan problemas con los que siguen recto y puedan ingresar a los carriles exclusivos.
- Se debe regular el transporte público proveniente de la Av. Cáceres que cruzan a la Av. Country, ya que su trayectoria produce demoras. Primero recogen pasajeros en el Grifo Mega, el cual no es un lugar apto, y desde ese punto realizan el giro bloqueando a los demás carriles de la intersección, para poder llegar a recoger a los pasajeros en la Av. Country. La cantidad de vehículos que ingresan a la Av. Country es de aproximadamente 1390 en su hora pico, que, añadiéndole a las dificultades del transporte público, se generan demoras mayores.
- Debido a que no existe una correcta señalización en el pavimento, los conductores que transitan por la Av. Cáceres parten de tres carriles, encontrándose al cruzar con dos carriles, lo que provoca un cuello de botella que obstaculiza el tránsito y lo vuelve lento. Si a esto se le suma el problema con las vías auxiliares que usan dicha intersección para pasar a la principal, estarían tratando de competir cinco vehículos en solo dos carriles.
- La Av. Country y la Av. Ramón Mugica muestran una cantidad de giros hacia la derecha elevados para los que se deberían evaluar alternativas de solución. Los giros hacia izquierda son moderados; sin embargo, es necesario analizar el conflicto con los flujos en contra, ya que no existe una fase de giro protegido o carril exclusivo. Además, ambas avenidas presentan un flujo muy alto en la dirección recta, estos dos puntos pueden sobrepasar su capacidad, ya que el tiempo de espera es alto.
- El actual ciclo semafórico no responde adecuadamente a la solicitud generada por la gran demanda de vehículos que circulan en la intersección. Esto se puede apreciar en la Av. Andrés Avelino Cáceres, la cual cuenta con tan solo 39 segundos de verde para cada sentido y 42 segundos de espera entre rojo y ámbar, generándose congestión y un bajo nivel de servicio. Es por ello, que se debe replantear la programación del semáforo, de manera que se controle la demanda.

Como resultado de la simulación, se obtienen valores críticos, como por ejemplo es el caso de la Av. Country, cuya demora es de 1138.8 s/veh. Se observa que el nivel de servicio en todos los accesos de esta intersección están dentro de la categoría F y E (v. Tabla 16), es decir, la capacidad de la vía está por llegar a su límite, los vehículos tienen un mínimo espacio libre entre estos, teniendo una velocidad uniforme de entre 50 – 55 km/h.

Tabla 16. Niveles de Servicio de la Intersección.

Parámetro	Valor
Nivel de servicio y tiempo de demora global (s)	F (818.4)
Nivel de servicio y tiempo de demora Av. Cáceres (s)	F (329)
Nivel de servicio y tiempo de demora Av. Ramón Mugica (s)	E (152)
Nivel de servicio y tiempo de demora Av. Country (s)	E (182.8)
Longitud de colas Av. Cáceres Este (m)	104.4
Longitud de colas Av. Cáceres Oeste (m)	132.1
Longitud de colas Av. Ramón Mugica (m)	120.7
Longitud de colas Av. Country (m)	42.6

Fuente: Elaboración propia – SYNCHRO 8.0

Todo lo anteriormente mencionado, nos lleva a considerar soluciones que puedan optimizar el flujo vehicular presente en la intersección.

3.3. Propuesta N°1: Ciclovía parcialmente segregada

La propuesta consiste en una vía parcialmente segregada con espacios viales reservados exclusivos para el uso de bicicleta; estos pueden estar integrados a la calzada o vereda. En este caso, la ciclovía será unidireccional (v. Figura 24), donde se buscará proteger al ciclista del volumen y velocidad de los vehículos motorizados (Municipalidad de Lima, 2017).



Figura 24. Ejemplo de ciclovía parcialmente segregada unidireccional

Fuente: Manual de Normas Técnicas para la construcción de ciclovías, 2017.

Estas ciclovías hacen más cómoda y directa la ruta del ciclista, generan una mayor atracción visual del paisaje debido a que suelen situarse en zonas comerciales y permiten una mayor conectividad con calles aledañas a las principales debido a que el ciclista puede desplazarse en el mismo sentido que el flujo vehicular e integrarse fácilmente a nuevas calles (Municipalidad de Lima, 2017).

Una ciclovía en sentido unidireccional, además de facilitar la integración a una nueva calle, facilita el cruce de peatones, genera un mayor grado de seguridad en las intersecciones, como en el caso de este proyecto, debido a que las condiciones de visibilidad son buenas, y

sobre todo permite circular en modo seguro a altas velocidades, teniendo en cuenta el tráfico del momento (Sanz et al., 2016). Además, la implementación de la ciclovía de manera parcialmente segregada impactaría favorablemente al comercio de la zona. Los negocios serán más notorios a los ciclistas que hagan uso de la ciclovía.

La seguridad de estas ciclovías se respalda en el uso y aplicación de resguardos y de elementos fijos como bordillos, bolardos, setos o sardineles cuya función es generar un límite entre el flujo vehicular y ciclista. La media del respaldo depende del tipo de ciclovía en análisis y de la velocidad de los vehículos motorizados, y la altura de los elementos varía del umbral máximo de los vehículos motorizados (Sanz et al., 2016).

Para este proyecto, el umbral máximo de las avenidas involucradas es mayor a 7000 veh/día, por lo tanto, se recomienda el uso de postes guías a una altura de 1.5 m; y como se trata de una ciclovía unidireccional, cuya circulación será al lado de la calzada con una velocidad promedio de vehículos motorizado de 40 km, el resguardo será de 0.65 m (Sanz et al., 2016). Esto sin duda, genera un grado de seguridad alto hacia los ciclistas.

El ancho de la ciclovía también es un factor importante en este proyecto debido al gran flujo de ciclistas que transitarían por ella, por ende, para esta ciclovía se recomienda un ancho de vía de 1.6 m a 2 m, sin considerar respaldos. Este ancho es relativamente amplio para circular libremente sin ningún tipo de congestión, y sobre todo que el riesgo de accidentes entre ciclistas sea menor (Sanz et al., 2016).

3.3.1. Diseño geométrico

La Av. Ramón Mugica y Av. Country cuenta con una sección de vía promedio de 23 metros. El diseño geométrico de la ciclovía parcialmente segregada propone una reducción en los anchos de las veredas de unos 30 cm aproximadamente, verificando, además, que cumpla con el ancho mínimo de las aceras según la Normativa de Habilitación Urbana; es decir, contar con un ancho de vereda de 3 m. También se propone reducir las dimensiones del separador central hasta unos 2.10 m, con tal de no perjudicar el flujo de vehículos en los carriles y mantener los carriles de las calzadas (v. Figura 25).

3.3.1.1. Ancho de vía. Se considerará el ancho mínimo de ciclovía de 1.60 m, debido a que el ancho de los carriles de los vehículos motorizados es el mínimo y se quiere evitar congestión por tráfico en máxima medida.

- Resguardos. Se considerará un resguardo mínimo de 0.60 m para evitar de igual manera la congestión de por tráfico.
- Barandas. Se utilizarán postes guías o barandas de 1.5 m de altura para menguar la probabilidad de riesgo por accidentes y evitar que los vehículos circulen por la misma.

- Diseño de intersecciones. Una vez que la ciclovía se encuentre con la intersección de la Av. Ramón Mugica – Av. Cáceres y la intersección de la Av. Country – Av. Eguiguren, la ciclovía estará señalizada de manera continua en el pavimento hacia la siguiente calzada.

Se implementará la señalización correspondiente para guiar a los usuarios y la implementación de semáforos en las intersecciones para la circulación de los ciclistas.

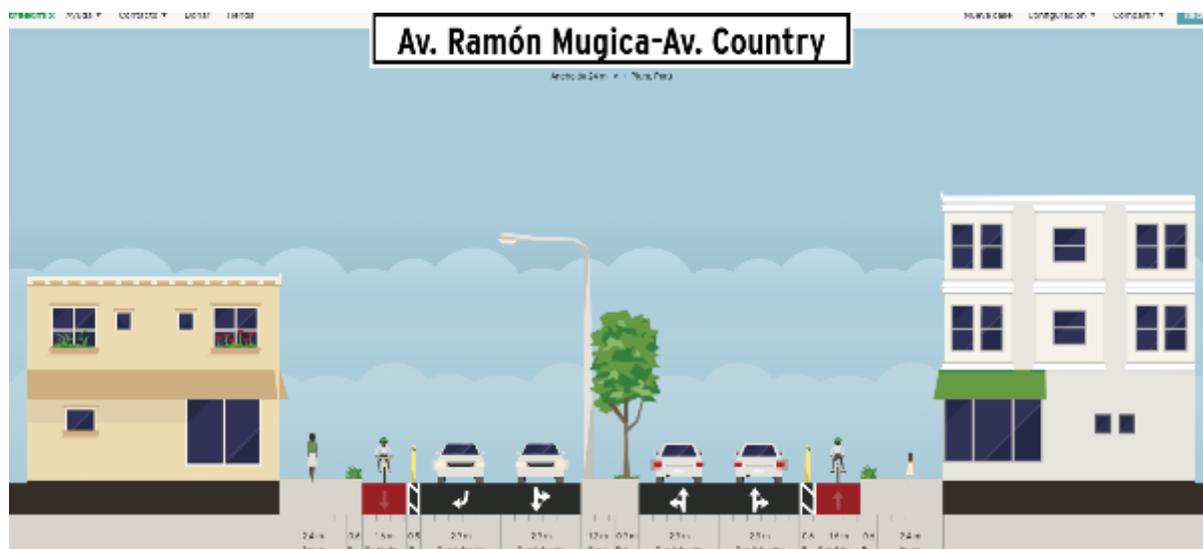


Figura 25. Derecho de vía de la Av. Ramón Mugica y Av. Country - ciclovía unidireccional.
Fuente: Elaboración propia – Streetmix.

3.3.1.2. Velocidad de diseño. La velocidad de diseño típica para entornos urbanos es de 30 km/h, aunque la velocidad deberá ser mayor para pendientes más pronunciadas.

Debido a la longitud del tramo de las Av. Ramón y Av. Country, se escoge una velocidad de diseño de 45 km/h (v. Tabla 1).

3.4. Propuesta N°2: Ciclovía segregada

La exitosa experiencia de la Av. José Eugenio Aguilar Santisteban en Piura invita a recrear su distribución del derecho de vía. Sin embargo, será necesario realizar un estudio de más minucioso de las variables presentes en las Av. Ramón Múgica y la Av. Country con respecto al caso ejemplar.

3.4.1. Diseño geométrico

La Av. Ramón Múgica y la Av. Country cuentan en su conjunto, con un promedio de sección de vía de 23 m y casi una longitud de 830 m, desde la Av. Fortunato Chirichigno y la Av. Sullana Norte. Las dos calzadas presentes son de doble sentido, por lo que es indispensable verificar que el ciclista se encuentre totalmente seguro en esta ruta según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (v. Tabla 17).

Tabla 17. Velocidad promedio alcanzada por vehículos ligeros y pesados según la distancia recorrida

Distancia Recorrida	Velocidad alcanzada (km/h)					
	Vehículos ligeros			Vehículos pesados		
	Pendiente – 6 %	Llano	Pendiente +6 %	Pendiente – 6 %	Llano	Pendiente +6 %
25	39	32	27	20	12	9
50	48	43	37	33	22	13
75	55	50	45	40	28	13
100	60	55	51	45	33	13
125	60	60	55	50	33	13

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2015.

Como se observa, la velocidad en zonas urbanas es 60 km/h como máximo. Además, para zonas que presentan instituciones educativas como colegios o universidades, y centros de salud; la velocidad máxima permitida es 30 km/h. En este caso, las avenidas en estudio cuentan con la Universidad de Piura y la Posta Médica Chapairá.

En conclusión, existen tramos en donde los vehículos recorren con 60 km/h y otros con 30km/h. Es por ello, que, dada las condiciones de velocidad de esta ruta, por seguridad es preferible la implementación de una ciclovía segregada.

El derecho de vía mantendrá la simetría y respetará las consideraciones previstas, lo que significa el respeto de espacio a veredas y a jardines, como a parámetros mínimos establecidos. Sin embargo, se tiene que realizar una redistribución de los árboles ubicados en el separador central, de manera que por el medio pueda transitar los dos carriles de la ciclovía.

3.4.1.1. Ancho de vía. En una ciclovía bidireccional, el espacio requerido para la circulación de 2 ciclistas en sentido opuesto es la sumatoria de las dimensiones de dos ciclistas en sus laterales más próximos (1.75 m), es decir 2 m.

La sección de una ciclovía bidireccional depende de otros factores como los obstáculos laterales y las condiciones de los espacios adyacentes. En este caso se colocarán sardineles de 0.10 m como mínimo, por lo tanto, las dimensiones de sección se incrementan 0.50 m a cada lado. Además, debido a la presencia de árboles en toda la vía, la distancia a estos deberá ser como mínimo 0.75 m, por ser considerado un obstáculo lateral discontinuo.

El ancho de la ciclovía estará conformado por dos carriles de sentidos opuestos con 1.5 m cada uno. Un sardinel a ambos lados de 0.15 m, restando un espacio de 1.20 m a cada costado, el cual será usado para la disposición de los árboles (v. Figura 26).



Figura 26. Derecho de vía de la Av. Ramón Múgica y Av. Country - ciclovía bidireccional.
Fuente: Elaboración propia – Streetmix.

3.4.1.2. Velocidad de diseño. En buenas condiciones (clima, pendiente y calidad de pavimento), se considera una velocidad de diseño de 30 Km/h, este indicador puede variar pues en la actualidad, tomando en cuenta las nuevas técnicas de elaboración y la tecnología aplicada puede esperarse velocidades de hasta 20 a 25 Km/h. Si se tiene una pendiente pronunciada, la velocidad de descenso deberá ser mayor que la empleada en los tramos rectos para permitir que el ciclista aumente la velocidad con seguridad.

La velocidad de diseño escogida es de 45 km/h ya que es la que más se aproxima a las condiciones del topográficas de la zona, así como al nivel de servicio anteriormente mencionando (Ver Tabla 1).

3.5. Evaluación de propuestas y selección definitiva

La velocidad promedio de los vehículos usuarios de la vía es menor a la máxima permitida, es decir 60 km/h. Si esta fuera mayor se podrían generar serios conflictos, especialmente en la ciclovía parcialmente segregada, ya que, ante un posible accidente, la vida de los ciclistas estaría en riesgo. Por lo que, ambas propuestas garantizan la seguridad de los usuarios.

- Ciclovía parcialmente segregada - Propuesta N°1

Con respecto a la ciclovía parcialmente segregada, resulta inconveniente ubicarla de esta manera ya que esto un aumento necesario de la calzada para ubicar la red ciclo viaria, además de reducir el ancho de los carriles para los vehículos motorizados. Esto, sin duda, es un problema porque resultaría complicado implementar una ciclovía en las calles continuas, debido a que el ancho de los carriles es de dimensión mínima, dificultando mucho el diseño

de la ciclovía para su conexión en una red más grande, a pesar de tener un mejor acceso a las calles secundarias laterales.

Los vehículos como taxis y combis tendrán que estacionarse en el límite de la ciclovía para recoger pasajeros; esto, por ende, generaría un problema de congestión y caos al momento que las personas atraviesen la ciclovía para subirse a los vehículos. Además del tráfico que se generará por los mismos vehículos, que tendrán que formar cola tras el estacionamiento de otros, ya que no podrían circular libremente debido al poco ancho de los nuevos carriles.

Un gran número de personas en el país carecen de cultura vial, es decir, los usuarios de las vías no poseen un buen comportamiento y pensamiento en las calles. Esto maximiza los riesgos de producción de accidentes trayendo consigo una baja seguridad para los usuarios conductores, peatones y ciclistas. La implementación de la ciclovía al lado del carril aumentaría las probabilidades de accidentes si no se toman las medidas necesarias para combatir la falta de cultura vial.

- Ciclovía segregada - Propuesta N°2

Contrariamente a lo expuesto, la ciclovía segregada no presenta a gran escala estos problemas en el ámbito vial, los vehículos no tendrán problemas de estacionamiento y el flujo vehicular no será perjudicado de manera considerable.

Si bien la construcción e implementación de esta ciclovía implica remover los árboles ubicados en el separador central, estos se pueden trasplantar para no modificar negativamente el aspecto de la ciclovía ni las áreas verdes de las avenidas. De esta manera, se conserva los beneficios de contar con estos árboles, pues los algarrobos producen oxígeno, sombra en días cálidos, protección en días lluviosos y que el paisaje resulta más atractivo a los ciclistas.

Cabe anotar que, teniendo un límite entre los ciclistas y los vehículos motorizados no tan espaciado, esto aumentaría la exposición de los ciclistas a los gases contaminantes de los vehículos motorizados, contar con la presencia de árboles reduciría esta exposición de manera significativa.

En las intersecciones con alto flujo vehicular, la ciclovía no cruzará de largo porque implicaría añadir una fase más al ciclo del semáforo para garantizar seguridad, por lo que la ciclovía se desviará a los costados y recorrerá siguiendo el mismo flujo de los peatones evitando el tráfico pesado de la intersección.

Por lo mencionado anteriormente, se considera que el diseño de la Propuesta N°2 presenta mejores características en cuanto a atractividad, geometría, vialidad y serviciabilidad; además de ser menos perjudicial para el tráfico y el comercio de la zona, favoreciendo a estos considerablemente.



Capítulo 4

Diseño geométrico definitivo

Con este diseño se busca cumplir con los requerimientos dados por los manuales y guías peruanas con la finalidad de presentar un buen producto, en este proyecto se hará uso del Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías.

4.1. Diseño geométrico de la ciclovía segregada

Las avenidas Ramón Mugica y Country cuenta con un promedio de sección de vía de 23.30 m y casi una longitud de 830 m, desde la Av. Fortunato Chirichigno hasta la Av. Sullana Norte. La remodelación de esta avenida está dispuesta para crear una ciclovía sobre el separador central. Como se mencionó anteriormente, esta es más segura que las ciclovías compartidas, sobre todo aquellas como los carriles bici o carriles bus-bici, pues al ser una ciclovía segregada bidireccional tiene un menor contacto con los vehículos motorizados, especialmente por lo que se desplazan a altas velocidades.

4.1.1. Dimensionamiento básico de la ciclovía

4.1.1.1. Ancho de la ciclovía. Para la correcta circulación de dos ciclistas en sentido contrario se necesita un espacio igual a la sumatoria de 2 ciclistas en sus laterales más próximos (v. Figura 27), es decir 2.0 m (v. Figura 26). La sección dependerá también de los obstáculos laterales, como son en este caso, el sardinel o bordillo, como este contará con 0.10 m de altura como mínimo, la sección aumenta 0.50 m. a cada lado, dando como total un ancho de 3.00 m.

A lo anterior se le debe sumar la distancia hasta los obstáculos adyacentes discontinuos, como postes de alumbrado y árboles próximos. Esta distancia deberá tener un mínimo de 0.75 m (v. Figura 28).

Por tanto, la ciclovía Ramón Mugica – Country, el ancho de la ciclovía estará compuesto de dos carriles de 1.5 metros cada uno, con bordillos laterales de 0.15 m de ancho, sobrando un espacio de área verde de 1.2 m a ambos lados, abarcándose el ancho total de 5.7 m que presenta el separador central.

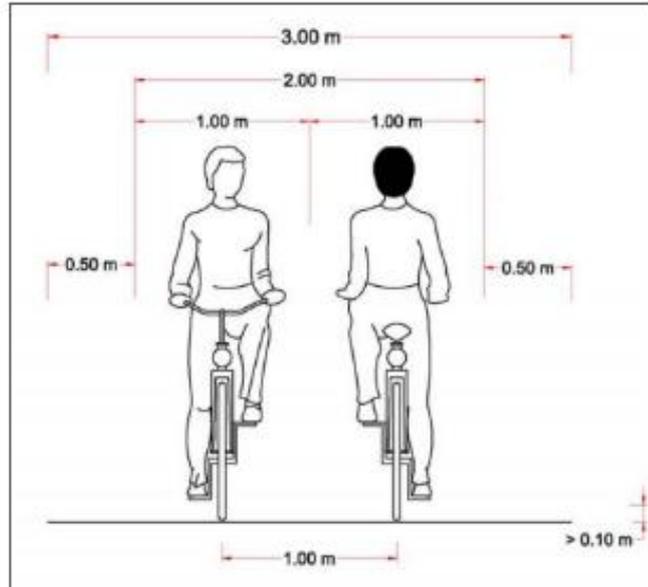


Figura 27. Espacio entre ciclistas
Fuente: Plan Maestro de Ciclovías Lima y Callao

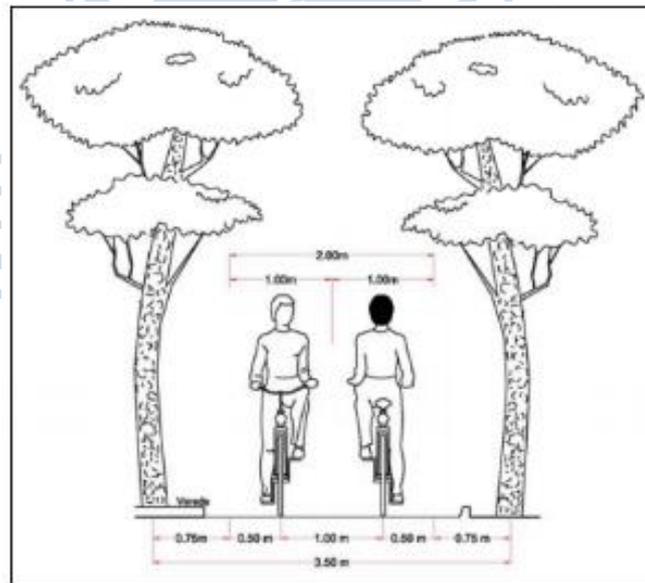


Figura 28. Ancho total de la ciclovía
Fuente: Plan Maestro de Ciclovías Lima y Callao

4.1.1.2. Velocidad de diseño. La velocidad de diseño de la ciclovía determinará su ancho, el radio y peralte de las curvas, y las distancias de señalización. Teniéndose en cuenta que la ciclovía será implementada en condiciones normales, es decir, en buenas condiciones climáticas y con terreno pavimentado y plano, la velocidad de diseño considerada es de 30 Km/h. Sin embargo, con la tecnología actual aplicada en las bicicletas es posible tener una velocidad de hasta 40 Km/h.

4.1.2. Perfil longitudinal de la ciclovía

El perfil longitudinal elaborado mediante los softwares TCX Converter y AutoCAD, mostró un pendiente de 1%, la cual no implicaría problemas de fatiga en la ciclovía. (v. Anexo 4).

4.2. Diseño de intersecciones

En el diseño de ciclovías, las intersecciones son puntos de alta importancia pues en ellas se presentan la mayor parte de los accidentes y conflictos en las vías. Además, también son definitivos en términos de comodidad y seguridad para los ciclistas pues su mal diseño provocaría una pérdida de energía y esfuerzo por parte de los usuarios de la ciclovía.

Según las características del tráfico y tipo de vía, las ciclovías pueden realizarse siguiendo ciertas pautas, como hacer las ciclovías segregadas para mayor seguridad, sin embargo, es recomendable generar un nuevo esquema, diseño y programación de actividades para cada proyecto pues las situaciones donde se desarrollan son distintas.

La intersección de la Av. Ramón Mugica y Av. Andrés Avelino Cáceres deberá ser segura, coherentes y directas. Para ello, seguirá los siguientes criterios:

- Se deberá tener un control de velocidad y a la vez, garantizar la buena visibilidad para todos los usuarios que transiten por estas vías. De esta manera, se reducirán los conflictos entre usuarios, teniéndose en cuenta que el orden de prioridad de vía comienza por los peatones, seguido por los ciclistas y finalmente por los motorizados.
- La intersección contará con diseño y señalización demarcada y claramente legible que brinden una buena guía al usuario del camino a seguir y advierta a peatones y motorizada del paso de bicicletas, facilitando la percepción entre usuarios.
- La intersección garantizar la fluidez de transporte de los usuarios, reduciendo el tiempo de espera y recorrido de ciclistas.

Todo el trayecto de la ciclovía estará demarcado de color rojo con la finalidad de contrastar los diferentes espacios en la calzada y sea más fácil de identificar por el ciclista, la ruta que debe seguir y para los peatones y motorizados prever el paso de bicicletas.

La coloración de la ciclovía es un elemento que cumple una función de brindar seguridad vial e información concisa al ciclista en las intersecciones.

En las avenidas donde se implementarán las ciclovías son de alto flujo de tránsito con carriles en dos sentidos y sin presencia de óvalo, por lo que la maniobra adecuada para cruzar la intersección por parte de los ciclistas sería la siguiente:

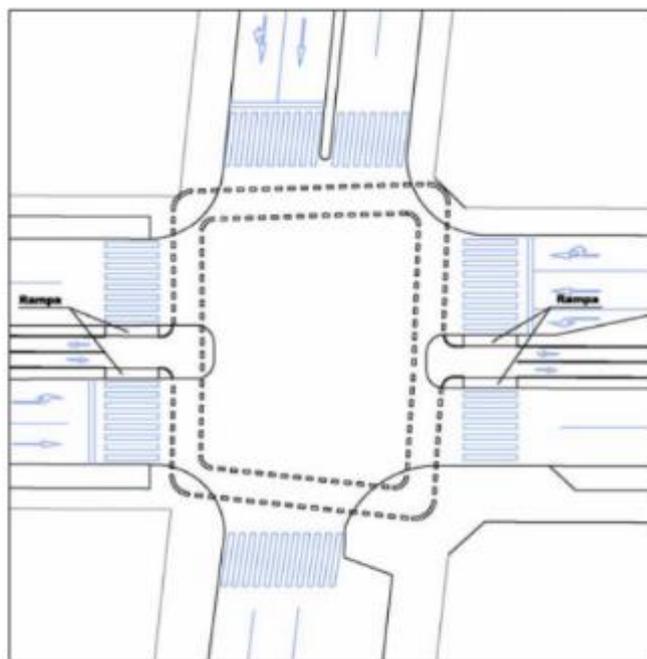


Figura 29. Ciclovía en separador central en cruce con vía de doble sentido de circulación
Fuente: Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías.

4.2.1. SemafORIZACIÓN

Las ciclovías deben contar con un ciclo semafórico, el cual tiene brinde seguridad a los ciclistas en las intersecciones y evite accidentes.

La semaforización de la ciclovía de la Av. Ramón Mugica y la Av. Country será la misma que la usada por los vehículos motorizados y peatones. A continuación, se propondrán algunas mejoras para estos semáforos:

- Para determinar si el semáforo necesita una fase de giro protegido a la izquierda, se siguieron los lineamientos dados por el Federal Highway Administration de los Estados Unidos, los cuales consisten en la multiplicación del volumen de giro a la izquierda y el volumen opuesto por carril. Si el producto es mayor a 50 000, entonces será necesario la fase protegida.

Tabla 18. Producto cruzado para determinar la necesidad del giro protegido a la izquierda.

Dirección	Volumen de giro a la izquierda	Nº carriles en sentido opuesto	Volumen en sentido opuesto	Volumen opuesto por carril	Producto cruzado
Zona 1	94	2	587	293.5	27589
Zona 2	100	2	636	318	31800
Zona 3	335	2	662	331	110885
Zona 4	366	2	605	302.5	110715

Fuente: Elaboración propia.

- Como se puede apreciar en la zona 3 y la zona 4, correspondientes a la Av. Andrés Avelino Cáceres, el producto cruzado sobrepasa los 50 000, por lo tanto, necesitan urgentemente una fase exclusiva de giro a la izquierda protegido.
- El ciclo semafórico actual tiene dos fases, la fase 1 le da el pase a la Av. Ramón Mugica y la Av. Country, mientras la Av. Cáceres permanece en rojo y la fase 2, le luz verde a la Av. Cáceres y al resto de avenidas, luz roja. Las dos fases son insuficientes cuando se trata de una intersección de alto volumen de vehículos y son necesarios los giros a la izquierda, como es este caso.

4.3. Referencias para el diseño del pavimento

Para la elección del tipo de pavimentación de la ciclovía se tomarán en cuenta las recomendaciones de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas (MT Colombia, 2016).

Tabla 19. Valoración de superficies de rodadura

	Mezclas bituminosas	Concreto	Adoquín/ baldosa	Gravilla compactada
Adherencia	3	3	3	1
Resistencia rodadura	3	2	1	0
Resistencia a la erosión	3	3	3	0
Regularidad superficial	3	2	1	0
Costo de construcción	1	2	0	3
Costo de mantenimiento	2	2	1	1
Compatibilidad con los vehículos motorizados	3	3	1	0
0 mala, 1 regular, 2 aceptable, 3 buena				

Fuente: MT Colombia, 2016.

En la tabla, se puede observar que las ciclovías pueden estar pavimentadas con adoquín/ baldosas, gravilla compactada, mezclas bituminosas y concreto. Siendo las dos últimas superficies de rodadura, las que presentan un mejor desempeño según las características especificadas.

Como se mencionó anteriormente, entre las Av. Luis A. Eguiguren y la Av. Sullana Norte, está presente un canal de desagüe bajo el separador central. Por lo que, primero es necesario determinar el uso o futura utilización del canal para poder tener una elección de material idónea. Si de ser necesario, el canal es reubicado, se podrá rellenarlo y construir la ciclovía con asfalto o concreto. De lo contrario, tendrá que emplearse adoquines sin biselar, ya que son más económicos y fáciles de instalar, y da la posibilidad de que, en un eventual uso del canal, la ciclovía podrá ser reubicada de forma rápida.

En lo posible, se evitará el uso de adoquines, debido que, a comparación de los otros materiales, presentan mayores asentamientos diferenciales, que podrían ocasionar

accidentes de los ciclistas. Además, es incómodo para los ciclistas debido a su superficie no uniforme.

El asfalto y el concreto serían las dos opciones más adecuadas para ser usadas como superficie de rodadura. Sin embargo, se escogió el asfalto, ya que además de tener buenas condiciones de cohesión, antideslizamiento y resistencia, el costo de instalación y mantenimiento, es menor que el del concreto y permite realizar mezclas para el manejo de pavimentos de color.

4.4. Referencias para señalización

El Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, difundido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, regula la señalización para vías y carreteras. A continuación, se darán a conocer las señales que se implementarán en la ciclo vía Mugica-Cáceres (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

4.4.1. Señalización vertical

- Reguladoras o de reglamentación

Estas señales indican a los usuarios las limitaciones, prohibiciones o restricciones presentes en la vía y cuyo incumplimiento simboliza una violación al reglamento. Para la ciclo vía se usarán las siguientes:

- ✓ R-1 Indica efectuar la detención del vehículo.
- ✓ R-2 Señal de "Ceda el Paso".
- ✓ R-14 Indica la dirección del flujo.
- ✓ R-42 Calzada exclusiva para bicicletas, separada físicamente con infraestructura.
- ✓ R-42A Calzada para bicicletas, separada mediante señalización (ciclo carril).



Figura 31. Señal Reguladora R-2

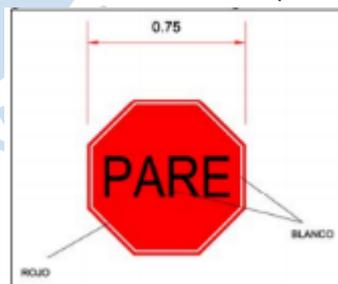


Figura 30. Señal Reguladora R-1



Figura 33. Señal Reguladora R-42

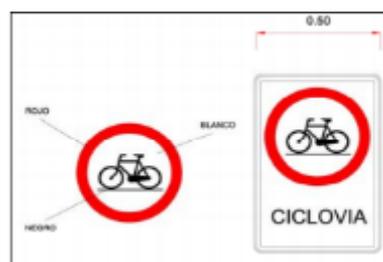


Figura 32. Señal Reguladora R-42 A

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras, 2000.

- Informativa

Su objetivo es guiar al conductor proporcionándole información relacionada a la identificación de destinos, direcciones, intersecciones, sitios de interés, distancias, servicios, etc.

- ✓ I-18 Aproximación al final de la ciclovia (dirigido a ciclistas).

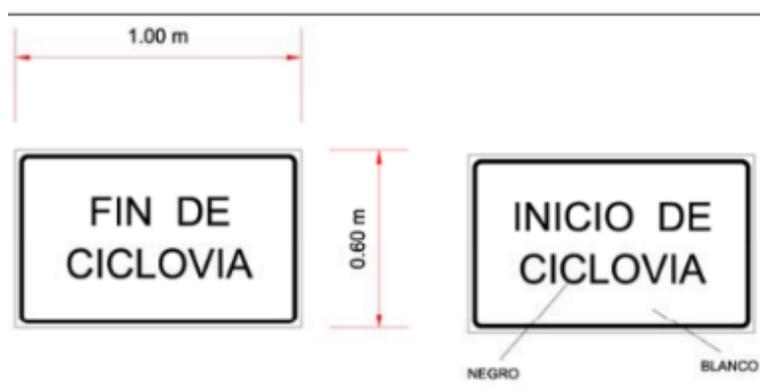


Figura 34. Señal Informativa I-18

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras, 2000.

4.4.2. Señalización horizontal

Están puestas en marcas sobre el pavimento con la función de delimitar y a la vez, canalizar el tránsito de los vehículos motorizados y bicicletas.

- Ubicadas en las intersecciones, estas señales tienen como propósito advertir a los conductores de vehículos motorizados del paso de y ciclistas, además de ordenar el cruce de las mismas. Se representan por líneas discontinuas de 0.30 m de ancho por 0.60 m de largo espaciadas cada 0.60 m.

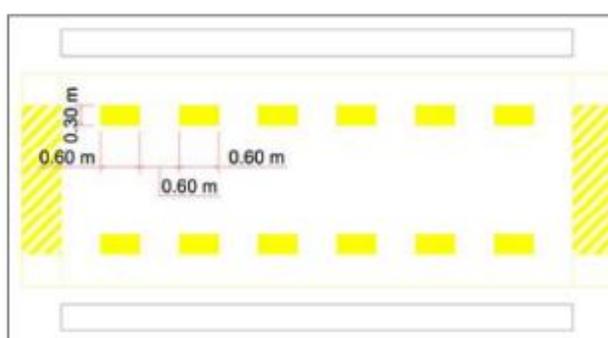


Figura 35. Señal horizontal - cruce de intersección tramo recto

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras, 2000.

- En la ciclovia.
- ✓ Se hace uso de la línea continua de color blanco refractivo de 0.10 m de grosor para delimitar el ancho total de la ciclovia.

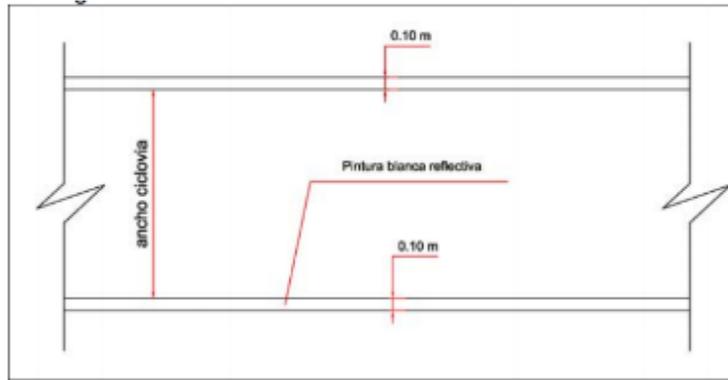


Figura 36. Delimitación del ancho de vía
Fuente: Plan Maestro de Ciclovía Lima y Callao.

- ✓ Una línea de pare es de 0.5 m de grosor, de color blanco refractivo y ubicada en los extremos de la ciclovía de manera perpendicular al sentido de tránsito.

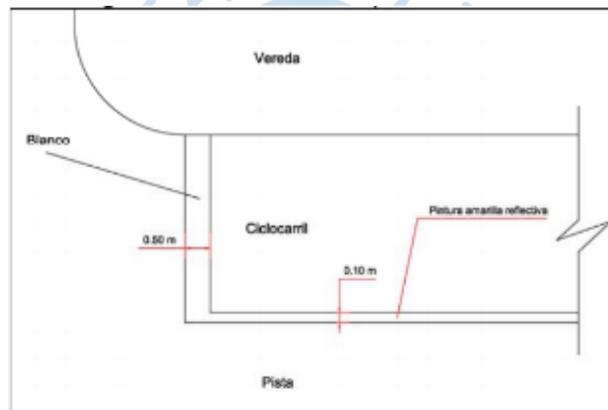


Figura 37. Línea de pare de ciclovía
Fuente: Plan Maestro de Ciclovía Lima y Callao.

- ✓ Trazar una bicicleta en el pavimento de todo el trayecto de la ciclovía dejando 100 m como máximo entre cada dibujo, así como también en los ingresos y salidas de tramos posteriores a accesos y cruces, y ante la cercanía de cambios de dirección o rutas alternativas.

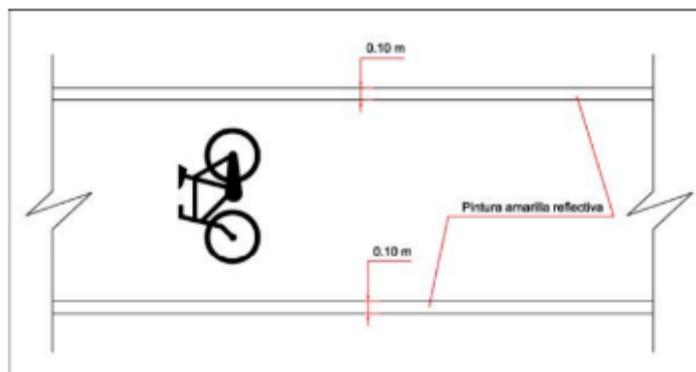


Figura 38. Marcas en pavimento - bicicleta
Fuente: Plan Maestro de Ciclovía Lima y Callao

- ✓ Con la finalidad de indicar que los carriles de la ciclovía son solo para el uso exclusivo de bicicletas, se colocará la palabra SOLO BICI.

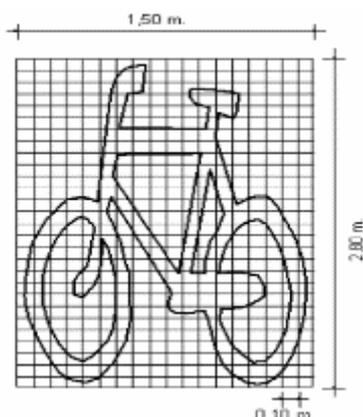


Figura 39. Dimensiones de las marcas en el pavimento – bicicleta

Fuente: Manual de Diseño de Ciclorutas para Santa Fe de Bogotá.



Figura 40. Marcas en el pavimento – SOLO BICI

Fuente: Plan Maestro de Ciclovía Lima y Callao.

4.4.3. Ubicación de señales

4.4.3.1. Localización. Por lo general, las señales deberán estar ubicadas en el lado derecho del tránsito. En algunos casos estarán colocadas en lo alto sobre la vía. En casos excepcionales, como señales adicionales, se podrán colocar al lado izquierdo del sentido del tránsito. La distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal no deberá ser menor de 0.60 m.

4.4.3.2. Altura. Las señales deberán cumplir con una altura de visibilidad mínima e igual a 2.10 m desde el nivel de la vereda hasta el borde inferior de la señal.

4.4.3.3 Ángulo de colocación. El ángulo de colocación de las señales será de 90° con respecto a las veredas, en la mayoría de los casos. Este ángulo podrá variar solo en los para las señales con material reflectante, permitiendo una diferencia en la inclinación entre 8 a 15°.

4.4.3.4. Postes o soporte. Los postes o soportes que se utilizarán para la señalización vertical podrán ser tubos de fierro redondo o cuadrado, perfiles omegas perforados o tubos plásticos rellenos de concreto. Para el caso de señales preventivas, se deberá utilizar postes pintados de franjas negras y blancas de 0.3 m de grosor y de manera intercalada. Para las señales informativas serán de color gris

4.4.3.5. Ubicación de señales de pare. Si bien las señales verticales estas reguladas por el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, la determinación de la señal de PARE esta función de la velocidad de diseño.

Esta ubicación se puede determinar con la siguiente formula. El resultado para nuestra zona de estudio es de 30.80 m de distancia de señal de pare (Acuña et al., 2016).

$$S = \frac{V^2}{225 * f(+/-)G} + 0.7V \text{ [Ec. 4.1]}$$

S: Distancia de señal de pare (m).

Descendente (Línea continua) / Ascendente (Línea discontinua).

F: Coeficiente de fricción de la calzada.

G: Pendiente m/m (ascenso/recorrido).

4.5. Seguridad en la ciclovía

4.5.1. Iluminación en la ciclovía

Una adecuada iluminación es un factor de seguridad muy importante para los ciclistas. Para ello, es necesario garantizar la implementación de luces en todo el trayecto de la vía.

La Av. Ramón Mugica y la Av. Country, presentan poca iluminación por las noches, lo que podría ocasionar que los ciclistas puedan sufrir accidentes debido a obstáculos que no fueron vistos en el camino, además de estar propensos a posibles asaltos.

Otro de los puntos importantes por los cuales la ciclovía tiene que estar correctamente iluminada, se debe a que el ciclista debe estar siempre a simple vista de los conductores de vehículos motorizados, no solamente en las intersecciones.

Es por los puntos anteriormente mencionados, que la ciclovía Ramón Mugica – Country, contará con faros distribuidos en todo el recorrido de la vía.

4.5.2. Estacionamientos

Una infraestructura ciclo-inclusiva debe contar con espacios adecuados y seguros en los que se puedan estacionar las bicicletas. Si no se tiene en cuenta esto, las posibilidades de uso de este vehículo, se reducirían.

Una buena distribución y aplicación de un ciclo - parqueadero genera confianza en el usuario y por tanto garantiza mayores niveles de uso (Municipalidad de Lima, 2017).

Un buen estacionamiento de bicicletas garantiza como mínimo tres aspectos: seguridad, comodidad y protección a la intemperie. (Pardo, Caviedes, & Calderón Peña, 2013).



Figura 41. Ciclo-parqueadero en espacio público Jr. Camaná – SAT
Fuente: Manual de Normas Técnicas para la Construcción de Ciclovías y Guía de Circulación de Bicicletas, 2017.

El modelo de estacionamiento escogido es la U invertida, ya que es simple, comprensible para el usuario, tiene bajo costo, y es de fácil instalación y mantenimiento. Su forma permitirá la adecuada conexión de la llanta trasera y marco de la bicicleta al ciclo-parqueadero, que mantendrá seguro al móvil.

La ubicación de los estacionamientos obedecerá a la proximidad a los principales destinos de los conductores de bicicleta como restaurantes, salones de belleza, farmacias y supermercados.

Los posibles puntos de parqueadero público estarían ubicados en:

- Parqueadero en el separador central entre la Av. Andrés Avelino Cáceres y la Calle Santa María.
- Parqueadero en el separador central entre la Calle Santa María y la Calle Los Parques.
- Parqueadero en el separador central entre la Calle Los Parques y la Calle Los Ceibos.

Las U invertidas estarán hechas con tubos de acero de 5 cm de diámetro, empotradas al suelo y colocadas en la zona de área verde del separador central destinada para estacionamientos. Las dimensiones propuestas para los parqueaderos de la ciclovía, mostradas en las siguientes imágenes, están basadas en el Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao.

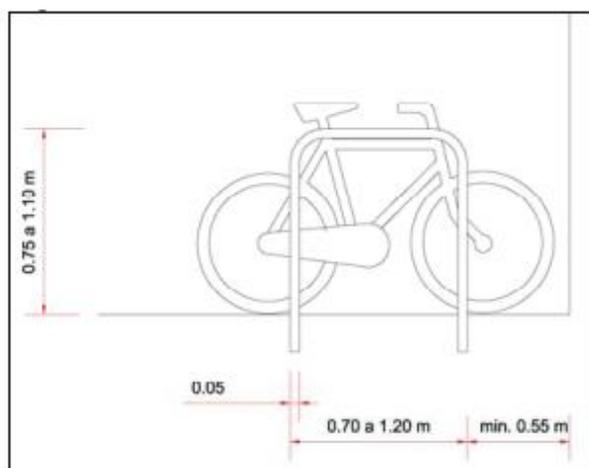


Figura 42. Parqueadero universal.

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

4.5.3. Continuidad de la ciclovía

4.5.3.1. Integración con el transporte público/paraderos. Para lograr que el transporte público y la bicicleta tengan una integración exitosa, se requerirá de una infraestructura para bicicletas perfectamente planificada que complemente el sistema de transporte público y garantice que el transporte en bicicleta se realice de forma cómoda y segura.

La bicicleta tanto como el automóvil, realizan un servicio de puerta en puerta, pues su capacidad de penetración es alta, es decir, facilita el acceso a casi todos los destinos. Se le puede dar uso en todo momento, es rápida y eficiente en distancias sobre todo cortas e intermedias. Por otro lado, el transporte público tiene ventaja al poder movilizar gran cantidad de personas en distancias más largas.

Por ello, la primera alternativa de integración, establece un sistema de transporte modal basado en las distancias de recorrido, que consta en caminar distancias cortas (0-500 m), usar la bicicleta para distancias intermedias (500 m – 5 km) y el transporte público para distancias más largas (5 km a más). Esta sería la opción de transporte más razonable en términos económicos, urbanos y ambientales.

Por otro lado, el sistema de transporte intermodal, propone la agrupación inteligente de bicicletas y transporte público, ofreciendo opciones integradas de movilidad a las personas y una alternativa muy llamativa a diferencia del uso de automóviles como transporte diario.

Como segunda alternativa, se plantea el uso de “racks” que permitan que las bicicletas sean movilizadas por medios de transporte como: buses, taxis y mototaxis. De esta manera, las personas que necesitan recorren una distancia larga en bicicleta, tienen la posibilidad de combinar el uso de este vehículo con el transporte público, logrando la integración de ambos modos.

Adicionalmente a estas propuestas, sería recomendable la creación de una institución que controle el tránsito y el uso de las bicicletas, que genere políticas ciclo-inclusivas y determine medidas adecuadas para que el transporte en la bicicleta sea seguro y no restrictivo.



Figura 43. Modelo de bus con rack para bicicletas
Fuente: Shutterstock, 2015.

4.5.3.2. Promoción de la bicicleta y educación ciclista. Para lograr una ciudad con movilidad ciclo-inclusiva, en la que se integre al usuario en la dinámica del transporte diario como actor vial legítimo, es necesaria, además de la regulación e infraestructura, la promoción del uso de la bicicleta y la educación ciclista.

Las estrategias de educación y promoción se consolidan en el gobierno, pero también parten de iniciativas ciudadanas que tienen como objetivos: fundamentar el uso de la bicicleta, educar sobre su uso correcto e informar los deberes y derechos de los usuarios de la vía.

Para aprovechar los beneficios que nos proporciona la bicicleta como movilidad sostenible, se plantea la generación de actividades de promoción para su uso, en las que los más pequeños sean un objetivo importante, dado que, sensibilizarlos, garantizaría en un mediano a largo plazo, el uso de este transporte cuando sean adultos, arraigándose este estilo de vida en los ciudadanos.

Fomentar el uso de la bicicleta en el público de entre 15 y 25 años, también es fundamental, ya que estos podrían optar por el uso de este, en lugar de un automóvil o hacer uso de este de forma racional. Por otro lado, el grupo de personas que son mayores de 35 años, es poco probable que cambien de medio de transporte, sin embargo, es posible educarlos en el respeto hacia el usuario de la vía pública.

Es importante tener en cuenta, que no todas las personas están dispuestas a usar la bicicleta como medio de transporte. Esto puede deberse a muchas razones, entre ellas la familiaridad con este vehículo, la destreza y aspectos concernientes con género y edad. Las características ambientales también son elementos claves para escoger el medio de

transporte más beneficioso. Si el entorno no es confiable, lógicamente la cantidad de usuarios que harán uso de la vía, será limitada. Es por ello, que antes de llevar a cabo las campañas de sensibilización, recreación e integración, es necesario hacer de la ciclovia, un trayecto seguro. Como medidas para la promoción del uso de la bicicleta, se presentan:

- La asignación de un presupuesto anual por el gobierno para proyectos de bicicletas.
- La regularización de automóviles para la seguridad de ciclistas y peatones.
- La integración el sistema de salud a la promoción de la bicicleta.
- La integración de las bicicletas con el sistema de transporte multimodal.
- La recopilación de datos estadísticos sobre el uso de bicicletas.
- La elaboración de un plan maestro de apoyo al ciclismo.

4.5.3.3. Propuesta de continuidad del proyecto. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha aprobado un proyecto que consiste en la implementación de ciclovías en las principales avenidas de la ciudad de Piura, financiando este sistema de ciclovías a través de acciones de mantenimiento y adecuación de los elementos viales (Arbulú Panta, 2020).

Este sistema de ciclovías está conformado por ciclovías unidireccionales y bidireccionales ubicadas en las siguientes avenidas: en la Av. Grau, recorriendo la calle Tacna hasta el Óvalo Grau y continuando en la Av. Cushing hasta la Av. Ex Chulucanas Raúl Matta, en la Av. Andrés Avelino Cáceres, entre la Av. Guillermo Irazola-Puente Cáceres hasta la calle Fortunato Chirichigno, y en las avenidas Luis Antonio Eguiguren, Av. Vice, Av. Sullana y Av. Independencia en Castilla (Arbulú Panta, 2020).

La ciclovia de la Av. Ramón Mugica y Av. Country podría conectar con estas futuras ciclovías, así la ciudad de Piura contará con su propio sistema integrado de ciclovías que facilitará el transporte y mejorará la sostenibilidad vial de la ciudad.

Conclusiones

- El nivel de servicio actual determinado sin la implementación del proyecto, el cual es la clasificación más baja y ocurre cuando el flujo es mayor a la capacidad generando congestión y formación de colas; representa uno de los principales problemas a resolver con el proyecto.
- El programa SYNCHRO 8.0 reflejó la situación anterior como un estado crítico y deficiente como categoría F, el flujo vehicular tiene bajas velocidades y una libertad de maniobra casi nula; por lo que la implementación de la ciclovía mejora esta situación reduciendo el número de vehículos y controlando el flujo en las intersecciones. Esto se demuestra en el análisis hecho post proyecto en el que se ve que el nivel de servicio ha mejorado a un nivel D.
- El tipo de ciclovía elegido según la evaluación y análisis realizado es de tipo segregada y ubicada en el separador central debido a que no interviene en la sección transversal de la calzada dejando libre el paso del flujo vehicular; con el fin de evitar la formación de colas, problemas de seguridad y problemas de tráfico que se generarían ubicando la ciclovía al lado de las calzadas, a pesar de algunas ventajas que esta pueda ofrecer.
- Es importante realizar un análisis más profundo y más detallado en los varios aspectos que se necesitan para llevar a cabo la implementación de la ciclovía y que por la coyuntura actual, no se han realizado de la manera más óptima. Esto incluye el análisis de tráfico actual, análisis semafórico de las intersecciones, estudio de los niveles de servicio a lo largo de toda la vía y el tipo de zona residencial, urbana o comercial en la que se llevará a cabo el proyecto.



Referencias bibliográficas

- 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo. (julio 2017). Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
- Acuña, R., Hernández, H., Jiménez, D. y Zamora, J. (noviembre 2016). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica: Diseño de vías para una movilidad más segura*. Universidad de Costa Rica; Escuela de Ingeniería Civil.
- Alzamora, L. y Rosales, C. (2020). *Modelación del tránsito y propuestas de solución del corredor vial Av. Don Bosco, Piura* (2010) [Tesis]. Universidad de Piura, Piura.
- Arbulú Panta, K. (2020, 1 de diciembre). Construirán más de 22 kilómetros de ciclovías en Piura. *WALAC Noticias*.
- Bayona, B. y Márquez Teodoro. (2015). *La congestión vehicular en la ciudad de Piura*. Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Buehler, R. y Dill, J. (2016). Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling. *Journal Transport Reviews*, 36(1), 9–27.
- CAF. (2019). *Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura*. Banco de Desarrollo de América Latina.
- Dacosta Escobar, P. R. (2018). *El Impacto de las Ciclovías Urbanas en el Comercio Local* [Trabajo de fin de máster]. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- El paraíso de los ciclistas se llama Holanda: sí lo han conseguido. (abril 2017). Magnet. <https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/el-paraiso-de-los-ciclistas-se-llama-holanda-asi-lo-han-conseguido>
- El Perú y el Cambio Climático. (abril 2016). *Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Lima. Ministerio del Ambiente.
- Frank, L. (2004). Economic determinants of urban form resulting trade-offs between active and sedentary forms of travel. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(3), 146–153.

- Gamarra, A. (2018). *Aspectos técnicos para la implementación de una ciclovía como parte de la remodelación de la Av. Chulucanas* [Tesis]. Universidad de Piura, Piura.
- Hernán, G., Linares, A., Velasco, L., Díez, J. M. y Rojo, M. (2014). Bikeways and Cycling Urban Mobility. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 567–576.
- Herramientas. (marzo 2020). *Información del tiempo y clima*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0003>
- Informe Final. (marzo 2018). *Consultoría para la evaluación de diseño y ejecución presupuestal (EDEP) para las acciones de mantenimiento y de aquellas dirigidas a garantizar la seguridad vial en el transporte*. Lima. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Li, X.-B., Lu, Q.-C., Lu, S.-J., He, H.-D., Peng, Z.-R., Gao, Y. y Wang, Z.-Y. (2016). The impacts of roadside vegetation barriers on the dispersion of gaseous traffic pollution in urban street canyons. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 80–91.
- Mapa de ciclovías. (abril 2018). *Conoce las rutas que existen en Lima para ir en bicicleta*. Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/lima/mapa-de-ciclovias-rutas-en-lima-para-ir-en-bicicleta-805689/>
- Marton, A. (julio 2016). *Curitiba tendrá ciclovías que generarán energía a partir del movimiento de los ciclistas*. Plataforma Urbana. <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/07/17/curitiba-tendra-ciclovias-que-generaran-energia-a-partir-del-movimiento-de-los-ciclistas/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2009, 22 de abril). *Normas Legales*. (Decreto supremo, 0.16-2009). El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016, 31 de mayo). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. (Norma, 16-2016-MTC/14).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2020, 24 de enero). *Decreto de urgencia para garantizar la seguridad vial*. (Decreto de urgencia, 019-2020). El Peruano.
- Mohieldin, M. y Vandycke, N. (julio 2017). *Movilidad sostenible para el siglo XXI*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/07/10/sustainable-mobility-for-the-21st-century>
- Municipalidad de Lima (2017a). *Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del ciclista*.
- Municipalidad de Lima (2017b, 19 de abril). *Manual de Normas Técnicas para la Construcción de Ciclovías y Guía de Circulación de Bicicletas*. (Norma, 311-2017-MML-GTU). Lima. Calderón, Patricia; Arrué, Juan; Pardo, Carlosfelipe.
- Murillo, J. (noviembre 2019). *Guía técnica de diseño para la infraestructura ciclista*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

- Otero, L. (2015). *Alternativa de Solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica* (216). Universidad de Piura, Piura.
- Páez, D., Ortiz, M. y Bocarejo, J. (2017). *Aprender de los países vecinos: Experiencias de ciudades de América Latina en la promoción de la bicicleta como modo de transporte cotidiano*. Bogotá. Hill Consulting.
- Rehabilitación de la Carretera CA:11 La Entrada-El Florido. *Estudio de Impacto Ambiental: (2014)*. Honduras. ACI; Ecología y Servicios S.A.
- Ríos, E. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con INFRAWORKS y SYNCHRO 8* (257) [Tesis]. Universidad de Piura, Piura.
- Rodríguez, R. (2014). *Plan de desarrollo urbano de Piura, 26 de octubre, Castilla y Catacaos al 2032*. Municipalidad Provincial de Piura. http://www2.muni_piura.gob.pe/institucional/transparencia/PDU/Plano09.pdf
- Sanz, A., Kisters, C., Montes, M., Pardo, C., López, J. y Ome, L. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá. Ministerio de Transportes de Colombia.
- Serli, S., Scott, N. y Winters, M. (2019). Effectiveness of a bicycle skills training intervention on increasing bicycling and confidence: A longitudinal quasi-experimental study. *Journal of Transport & Health*, 14.
- Sminkey, L. (febrero 2015). *1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/>
- Stülpnagel, R. von y Jonas, L. (2020). Crash risk and subjective risk perception during urban cycling: Evidence for congruent and incongruent sources. *Accident Analysis & Prevention*, 142.
- Uno de cada cinco europeos está expuesto al ruido del tránsito rodado por encima del umbral de la UE. (abril 2017). Universidad Autónoma de Barcelona. <https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/uno-de-cada-cinco-europeos-esta-expuesto-al-ruido-del-transito-rodado-por-encima-del-umbral-de-la-ue-1345667994339.html?noticiaid=1345724335049>
- Wust, W. (febrero 2015). *Si en Piura se continúa talando algarrobos como hasta ahora, en 5 años no quedará ni uno*. Actualidad Ambiental. <https://www.actualidadambiental.pe/walter-wust-si-en-piura-se-continua-talando-algarrobos-como-hasta-ahora-en-5-anos-no-quedara-ni-uno/>
- Yan, X., Ma, M., Huang, H., Abdel-Aty, M. y Wu, C. (2011). Motor vehicle–bicycle crashes in Beijing: Irregular maneuvers, crash patterns, and injury severity. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1751–1758.



Memoria descriptiva

- **Alcance y objetivos del proyecto**

El presente proyecto se redacta de acuerdo a la finalidad de la asignatura “Proyectos de Ingeniería Civil” para la titulación del grado de Bachiller de Ingeniería Civil, impartida en la Universidad de Piura, a la que da fin.

La asesoría y supervisión corresponden a la Ing. Jenny Sánchez Ramírez, del departamento de Ingeniería Civil.

Este proyecto tiene como objetivo proponer un diseño geométrico completo de una ciclo vía en la Av. Ramón Mugica y la Av. Country como alternativa de movilidad sostenible que además de facilitar el transporte de los estudiantes de la Universidad de Piura y habitantes de la Urb. Santa Isabel, Urb. San Felipe y Urb. Angamos sea un medio que propicie mantener un adecuado distanciamiento social durante la actual época de pandemia por COVID -19.

- **Antecedentes**

El presente proyecto ha de servir como documento administrativo para su presentación ante facultad, con el fin de incentivar a otros proyectistas a realizar la remodelación de otras avenidas y a larga, la ciudad de Piura contaría con su propia red ciclo vial. Este proyecto ha sido realizado buscando las soluciones más prácticas y racionales para su consecución.

El proyecto constará de los documentos de: Memoria Descriptiva, Anexos, Planos.

- **Ubicación**

Ubicación: Av. Ramón Mugica – Av. Country

Distrito: Piura

Provincia: Piura

Departamento: Piura



Figura 44. Ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth Pro, 2020.

- **Norma y reglamento aplicable**

El proyecto deberá acogerse a la siguiente normativa:

- ✓ “Manual de Normas Técnicas para la Construcción de Ciclovías y Guía de Circulación de Bicicletas (Municipalidad de Lima, 2017)”
- ✓ “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)”
- ✓ “Highway Capacity Manual (2010)”
- ✓ “Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista (Murillo, 2019)”

- Descripción de necesidades

La ciudad de Piura requiere un sistema de transporte moderno, sostenible y seguro basado en el uso de bicicletas como alternativa al sistema de transporte tradicional. Existe la necesidad de los habitantes en utilizar este medio para una rápida movilización en las horas punta y así evitar la congestión vehicular. La ejecución y construcción del proyecto requiere el cierre temporal de calles y pasajes cercanas a la zona de construcción, desviando el tráfico a otras vías aledañas.

25 de noviembre, 2020.

Anexos





Anexo 1: Av. Ramón Mugica y Av. Country



Intersección de las Av. Ramón Mugica y Av. Cáceres
Fuente: Google Street View, 2020.



Av. Country
Fuente: Google Street View, 2020.



Calle Parque y Av. Country
Fuente: Google Street View, 2020.

Anexo 2: Sección transversal de las avenidas



Derecho de vía de la Av. Ramón Mugica.
Fuente: Google Street View, 2020

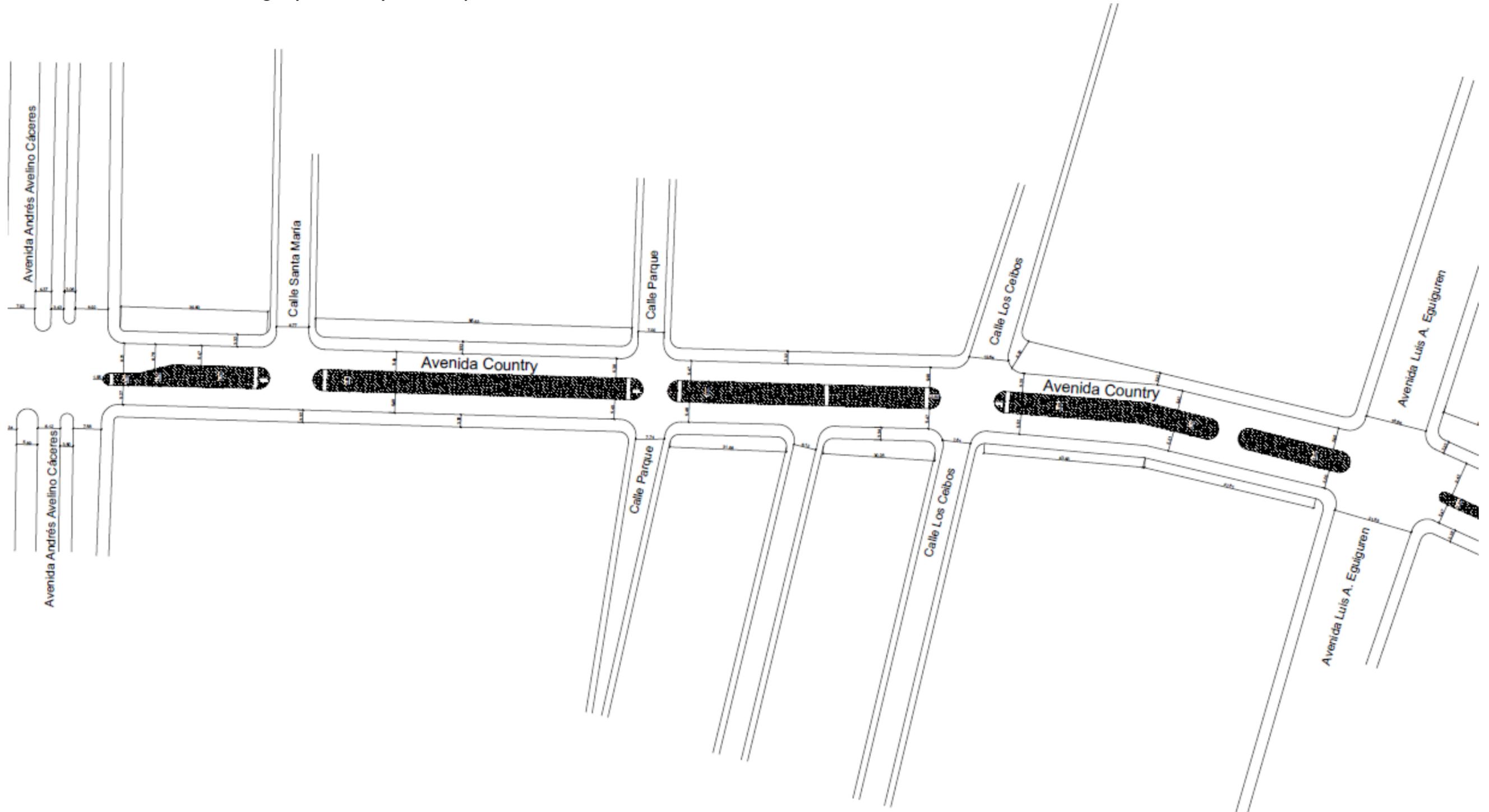


Derecho de vía de la Av. Country.
Fuente: Google Street View, 2020



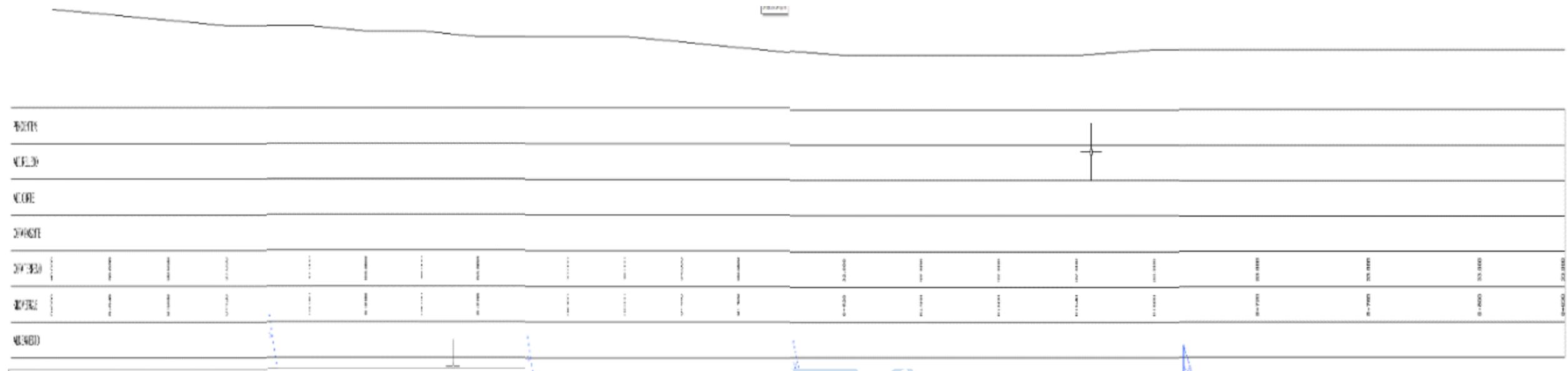
Av. Country
Fuente: Google Street View, 2020.

Anexo 3: Plano de las Av. Ramón Mugica y Av. Country – Vista en planta



VISTA EN PLANTA DE LA ZONA DEL PROYECTO – AV. RAMÓN MUGICA Y AV. COUNTRY

Anexo 4: Perfil longitudinal de las A. Ramón Mugica y Av. Country



Anexo 5: Vegetación de la zona de proyecto



Vegetación en la Av. Ramón Mugica
Fuente: Google Street View, 2020.



Presencia de árboles en la Av. Country
Fuente: Google Street View, 2020.



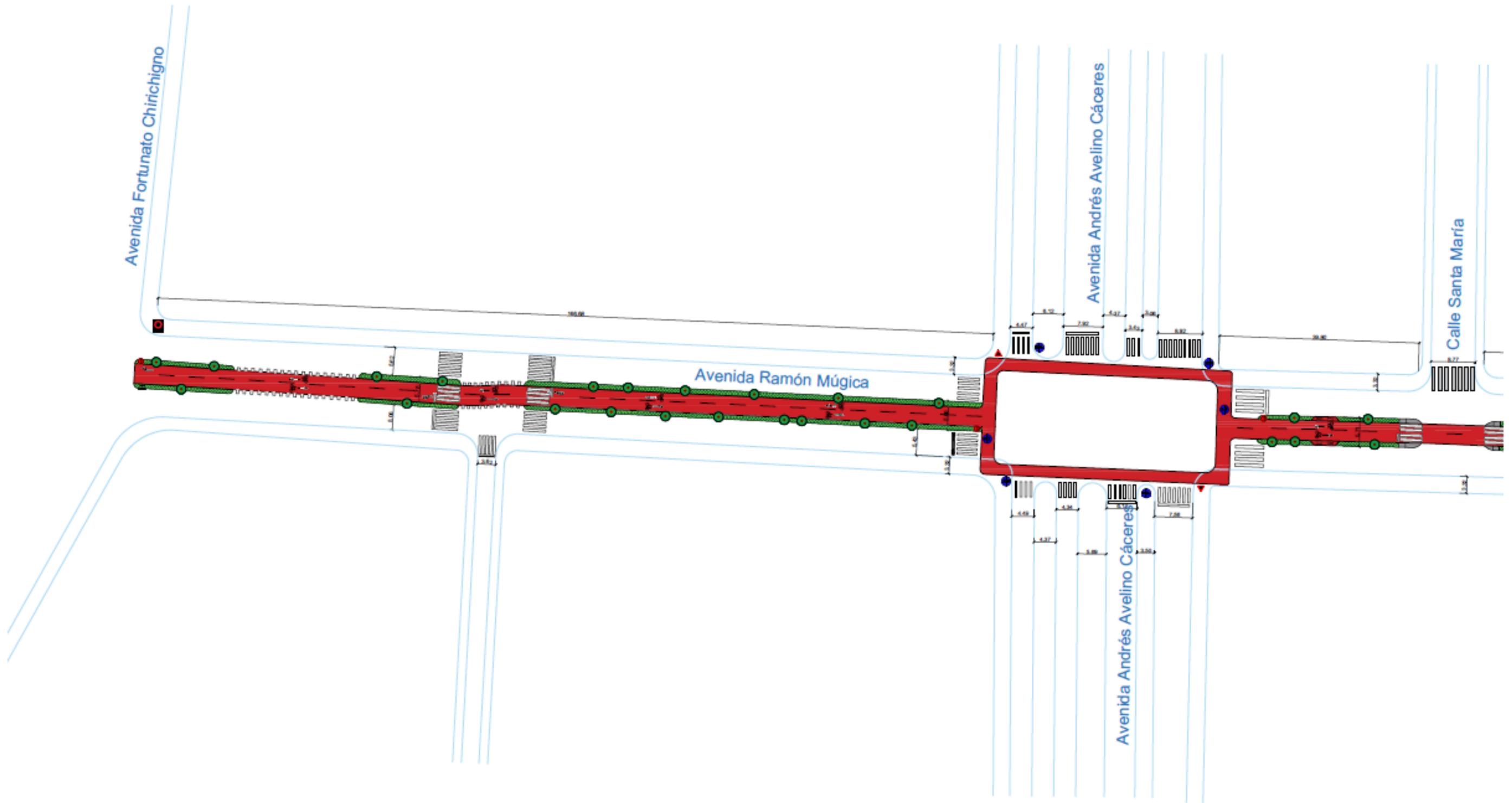
Presencia de árboles en la Av. Country
Fuente: Google Street View, 2020.

Anexo 6: Consolidado del flujo vehicular

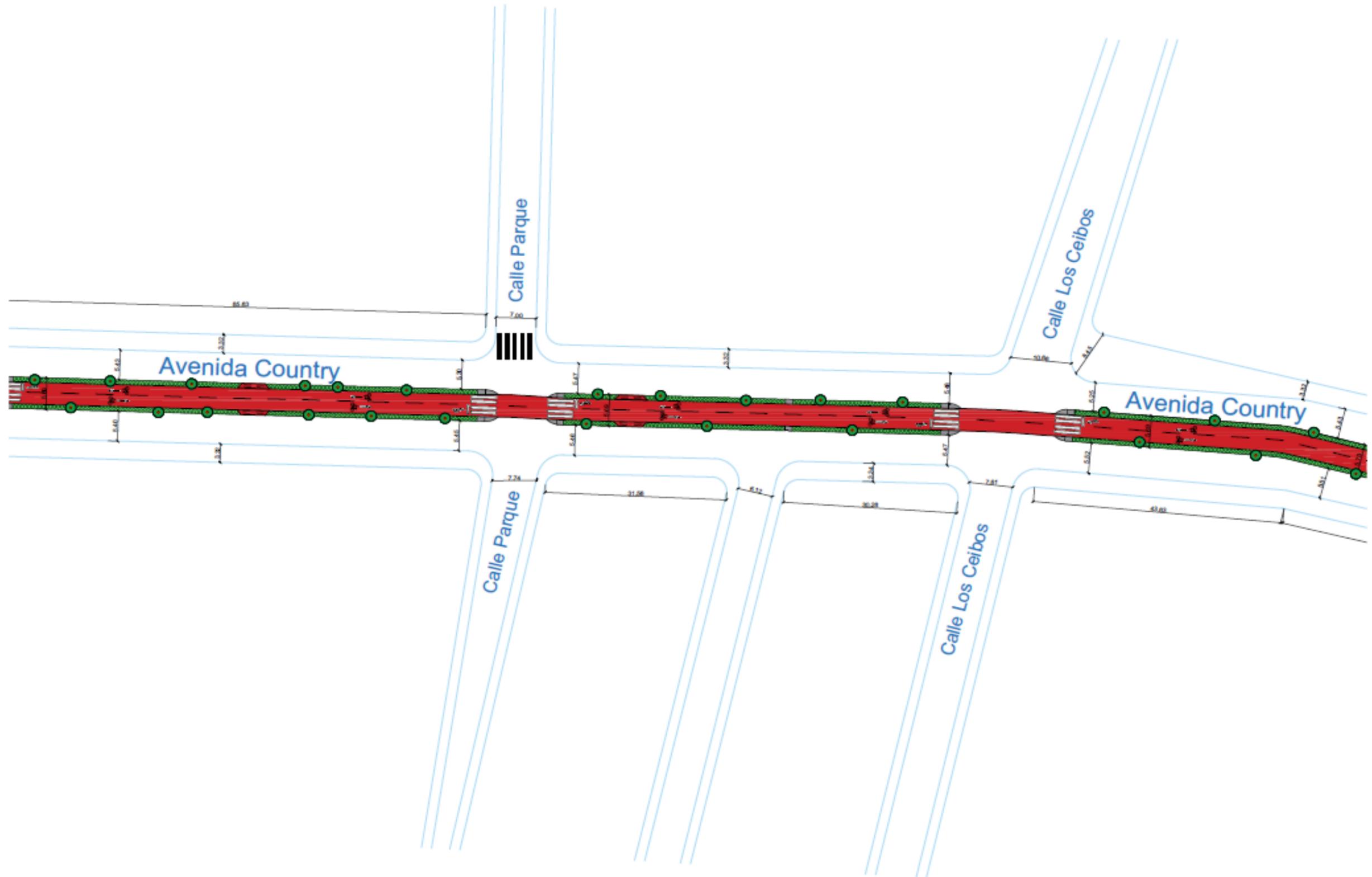
CONSOLIDADO FLUJO VEHICULAR																							
Día	Sentido	Moto		Auto	Camioneta		Micro	Bus		Camión			Semi tráiler						Tráiler				TOTAL
		Lineal	Taxi		Pick Up	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2R2	2R3	3R2	3R3	
Sábado	Entrada	3,608	6,454	5,923	2,895	340	29	49	666	5	4	2	-	-	12	113	-	2	1	1	-	-	20,104
	Salida	4,955	8,529	6,448	3,184	653	397	117	560	7	5	7	-	6	13	105	-	4	-	1	1	-	24,992
Martes	Entrada	4,348	7,318	5,366	3,007	365	22	70	636	1	4	2	-	-	6	79	-	1	1	2	-	-	21,228
	Salida	5,533	8,429	6,665	4,051	747	565	75	577	2	4	4	-	12	14	100	-	-	-	4	-	-	26,782
Miércoles	Entrada	4,648	7,373	5,418	3,070	405	21	53	658	22	4	-	-	-	4	122	-	-	-	6	2	-	21,806
	Salida	6,058	8,216	7,013	4,269	632	311	82	585	2	-	4	-	-	11	126	-	-	-	-	1	-	27,300
TOTAL		29,150	46,319	36,834	20,476	3,143	1,346	447	3,672	40	20	18	-	18	60	644	-	7	-	-	4	-	142,212

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Planos en AUTOCAD 2D de la propuesta definitiva



VISTA EN PLANTA DEL INICIO DE LA CICLOVÍA EN LA AV. RAMÓN MUGICA



VISTA EN PLANTA DE LA CICLOVÍA EN LA AV. COUNTRY

