UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS
"EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO"

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES

ELABORADA POR:

Ing. MARIANO JESUS SANTA MARIA CARLOS

ID: 0009-0009-3792-4382

ASESOR:

Dr. EDWARD SANTA MARÍA DÁVILA

ID: 0000-0001-6789-4983

LIMA, PERÚ

2025

“EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO”

MARIANO JESÚS SANTA MARÍA CARLOS

Presentado a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2025

Autor	: Ing. Mariano Jesus Santa Maria Carlos
Recomendado	: Dr. Edward Santa María Dávila Asesor de la Tesis
Aceptado por	: Dr. Jorge Luis Mendoza Dueñas Director de la Unidad de Posgrado

@ 2025; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados ó el autor autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes.

DEDICATORIA

A Dios, a Jesús, a la Virgen María; a mi madre, a mi padre y a mi hermana. También dedico este trabajo a mis abuelos Flor de María, Concepción y Benigna que me protegen desde el cielo. Además, a mi abuelo Juan Miguel.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera infinita al Dr. Santa María por su apoyo en la elaboración de mi tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

DEDICATORIA ..... **iii**
AGRADECIMIENTOS ..... **iv**
ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... **v**
LISTA DE TABLAS ..... **xi**
LISTA DE FIGURAS ..... **xiv**
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS ..... **xvi**
RESUMEN ..... **xvii**
ABSTRACT ..... **xviii**
INTRODUCCIÓN **1**
CAPÍTULO I: PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN **2**
1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO . 2
1.1.1 Formulación del Problema General 2
1.1.2 Formulación de los Problemas Específicos 3
1.1.3 Justificación y Alcances 3
1.1.3.1 Justificación del Estudio *3*
1.1.3.2 Alcance del Estudio *4*
1.2 OBJETIVOS 4
1.2.1 Formulación del Objetivo General 4
1.2.2 Formulación de los Objetivos Específicos 4
1.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES 4
1.3.1 Formulación de la Hipótesis General 4
1.3.2 Formulación de las Hipótesis Especificas 5
1.3.3 Variables 5
1.3.3.1 Variable Dependiente *5*
1.3.3.2 Variables Independientes *5*
1.4 METODOLOGÍA 6
1.4.1 Tipos de la Investigación 6
1.4.2 Proceso Analítico Jerárquico 7
1.4.3 Escala de Calificación de Subcriterios de Evaluación 13
1.4.3.1 Comportamiento del Ciclista *13*
1.4.3.1.1 Geometría de la Vía *13*
1.4.3.1.2 Siniestralidad Vial en Ciclovías *14*
1.4.3.1.3 Presencia de Policías de Tránsito *14*
1.4.3.1.4 Comportamiento Agresivo de Ciclistas *15*
1.4.3.1.5 Percepción de Alto Volumen de Tráfico *15*

1.4.3.1.6 Edad del Ciclista y Medidas Propias de Seguridad (Uso del Casco) 16
1.4.3.2 Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías ……..… 16
1.4.3.2.1 Ciclovía en Separador Central – Físicamente Segregada 16
1.4.3.2.2 Ciclovía en Calzada – Físicamente Segregada 18
1.4.3.2.3 Ciclocarril – No Segregado 19
1.4.3.2.4 Carril Compartido con Vehículos Motorizados – No Segregado 20
1.4.3.3 Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 22
1.4.3.3.1 Identificación de Puntos Críticos de Atropellamiento (PCA) 22
1.4.3.3.2 Presencia de Áreas de Ciclo Estacionamientos Seguros (ACES) 22
1.4.3.3.3 Cantidad de Obstáculos en la Ciclovía por Kilómetro 23
1.4.3.3.4 Estado del Pavimento de la Ciclovía 24
1.4.3.3.5 Estado de la Señalización Horizontal y Vertical 24
1.4.3.3.6 Calidad de la Iluminación de la Ciclovía 26
1.4.3.4 Bicicleta (Vehículo) ……..… 27
1.4.3.4.1 Ciclistas que le han Hecho Mantenimiento a su Bicicleta 27
1.4.3.4.2 Bicicletas con Elementos Perceptivos 28
1.4.3.4.3 Bicicletas con Accesorios Auxiliares 28
1.4.4 Valor del Índice de Prioridad Global Modificado ……. 29
1.4.5 Casos de Estudio …… 30
1.4.5.1 Selección de Ciclovías de Estudio …….. 32
1.4.5.2 Aplicación de Encuestas de Intercepción de Viaje a los Ciclistas 34
1.4.5.3 Evaluación de la Infraestructura Ciclista Segura 35
1.4.5.4 Diagnóstico 36
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 37
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 37
2.2 BASES TEÓRICAS 42
2.2.1 Seguridad Vial …… 42
2.2.2 Ciclovías en el Contexto Actual de Lima Metropolitana …… 43
2.2.3 El Análisis Multi-Criterio y el Método AHP ……... 43
2.2.4 Del Panel de Expertos 43
2.2.5 Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……. 44
2.2.5.1 Geometría de la Vía …….. 44
2.2.5.2 Siniestralidad Vial en Ciclovías ……..… 44
2.2.5.3 Presencia de Policías de Tránsito …… 44
2.2.5.4 Comportamiento Agresivo de Ciclistas …….. 45
2.2.5.5 Percepción de Alto Volumen de Tráfico ……... 45

2.2.5.6 Edad del Ciclista y Medidas Propias de Seguridad …… 45
2.2.6 Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …….… 46
2.2.7 Entorno Vial (Diseño, mantenimiento y operación) ……. 46
2.2.7.1 Identificación de Puntos Críticos de Atropellamiento …….… 46
2.2.7.2 Presencia de Áreas de Ciclo Estacionamientos Seguros …….. 47
2.2.7.3 Cantidad de Obstáculos en la Ciclovía por Kilómetro …… 47
2.2.7.4 Estado del Pavimento de la Ciclovía …… 47
2.2.7.5 Estado de la Señalización Horizontal y Vertical …….. 48
2.2.7.6 Calidad de la Iluminación de la Ciclovía ……... 48
2.2.8 Bicicleta (Vehículo) ……. 48
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS ……. 49
2.3.1 Carril Compartido con Vehículos Motorizados 49
2.3.2 Casco (Ciclista) 49
2.3.3 Ciclocarril 49
2.3.4 Ciclosenda (Bicisenda) 49
2.3.5 Ciclovía 49
2.3.6 Ciclovía Segregada (Infraestructura Ciclovial Segregada) 50
2.3.7 Comportamiento del Ciclista 50
2.3.8 Infraestructura Ciclista 50
2.3.9 Líneas de Deseo Peatonal 50
2.3.10 Seguridad Vial 50
2.3.11 Visión Cero 51
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN …….. 52
3.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS ……. 52
3.1.1 Proceso Analítico Jerárquico …….… 52
3.1.2 Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) en Lima Centro – Distrito de Lima Cercado ……. 57
3.1.2.1 Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……... 57
3.1.2.1.1 Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas 58
3.1.2.1.2 Percepciones de los Ciclistas 58
3.1.2.2 Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …... 61
3.1.2.3 Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 63
3.1.2.4 Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo) ……..... 65
3.1.2.5 Diagnóstico ……... 67

3.1.3 Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) en Lima Centro – Distrito de Miraflores . 67
3.1.3.1 Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……... 67
3.1.3.1.1 Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas 67
3.1.3.1.2 Percepciones de los Ciclistas 68
3.1.3.2 Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …... 71
3.1.3.3 Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 73
3.1.3.4 Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo) ……... 75
3.1.3.5 Diagnóstico ……..... 77
3.1.4 Caso de Estudio: Ciclovías de la Av. Universitaria, sentidos de Norte a Sur y Sur a Norte (Entre la Av. Angélica Gamarra y la Av. Germán Aguirre) en Lima Norte – Distrito de San Martín de Porres …… 77
3.1.4.1 Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……... 77
3.1.4.1.1 Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas 78
3.1.4.1.2 Percepciones de los Ciclistas 78
3.1.4.2 Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …... 81
3.1.4.3 Evaluación del Criterio: Entorno vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 84
3.1.4.4 Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo) ……. 88
3.1.4.5 Diagnóstico ……... 89
3.1.5 Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) en Lima Sur – Distrito de Chorrillos ……... 90
3.1.5.1 Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……... 90
3.1.5.1.1 Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas 90
3.1.5.1.2 Percepciones de los Ciclistas 91
3.1.5.2 Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …... 94
3.1.5.3 Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 96
3.1.5.4 Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo) ……. 99
3.1.5.5 Diagnóstico ……... 100
3.1.6 Caso de estudio: Ciclovía de la Av. Los Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) en Lima Este – Distrito de San Juan de Lurigancho ……. 101
3.1.6.1 Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario) ……... 101
3.1.6.1.1 Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas 101

3.1.6.1.2 Percepciones de los Ciclistas 102
3.1.6.2 Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías …... 104
3.1.6.3 Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación) ……... 107
3.1.6.4 Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo) ……... 108
3.1.6.5 Diagnóstico …….. 110
3.2 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ……... 110
3.2.1 Resultados Destacados ……. 110
3.2.2 Explicación de Resultados …….… 111
3.2.3 Hallazgos Importantes ……. 113
3.2.4 Juicios e Interpretaciones …….. 116
3.2.5 Limitaciones y Debilidades del Estudio …… 116
3.2.6 Implicaciones de Resultados …….… 117
3.2.7 Propuestas de Políticas Públicas para la Realización de Inspecciones de Seguridad Vial (ISV) en Ciclovías ……..... 117
3.2.8 Propuestas para la Mejora del Marco Normativo del Diseño Geométrico de Infraestructura Ciclística 119
3.2.9 Recomendaciones para Próximas Investigaciones ……... 120
3.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ……..… 120
3.3.1 Contrastación de la Hipótesis General ……...… 120
3.3.2 Contrastación de las Hipótesis Especificas …… 120
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES …….. 122
4.1 CONCLUSIONES ……... 122
4.2 RECOMENDACIONES …….. 123
REFERENCIAS …….. 125
ANEXOS ……. 130
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA ……... 130
ANEXO 2: ENCUESTA CON FINES ACADÉMICOS - REPRESENTACIÓN DE JUICIOS DE VALOR …….. 131
ANEXO 3: EVALUACIÓN DE ENCUESTAS CON PASOS ASOCIADOS AL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) …….. 133
ANEXO 4: CÁLCULO DE PONDERACIONES Y VALORACIONES GLOBALES (PESOS) …….. 136
ANEXO 5: ENCUESTA DE INTERCEPCIÓN DE VIAJE A LOS CICLISTAS ……... 139
ANEXO 6: FORMATO DE EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA SEGURA ……. 140

ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO 142

LISTA DE TABLAS:

Tabla 1 Variable dependiente de la investigación ……. 5
Tabla 2 Variables y subvariables independientes de la investigación …… 6
Tabla 3 Escala fundamental de Saaty para comparaciones por pares …….. 8
Tabla 4 Ejemplificación del cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares que resultaron ser consistentes …… 11
Tabla 5 Notación de pesos de los criterios y subcriterios del estudio ……. 12
Tabla 6 Escala de calificación del subcriterio: Geometría de la vía …… 14
Tabla 7 Escala de calificación del subcriterio: Siniestralidad vial en ciclovías …… 14
Tabla 8 Escala de calificación del subcriterio: Presencia de policías de tránsito …….. 15
Tabla 9 Escala de calificación del subcriterio: Comportamiento agresivo de ciclistas ……. 15
Tabla 10 Escala de calificación del subcriterio: Percepción de alto volumen de tráfico ……..… 16
Tabla 11 Escala de calificación del subcriterio: Edad del ciclista y medidas propias de seguridad …….. 16
Tabla 12 Escala de calificación del subcriterio: Ciclovía en separador central – Físicamente Segregada …….. 17
Tabla 13 Escala de calificación del subcriterio: Ciclovía en calzada – Físicamente segregada …….. 18
Tabla 14 Escala de calificación del subcriterio: Ciclocarril – No segregado … 20
Tabla 15 Escala de calificación del subcriterio: Carril compartido con vehículos motorizados – No segregado ……..… 21
Tabla 16 Escala de calificación del subcriterio: Identificación de puntos críticos de atropellamiento (PCA) …….. 22
Tabla 17 Escala de calificación del subcriterio: Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros (ACES) ……..… 23
Tabla 18 Escala de calificación del subcriterio: Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro …….. 23
Tabla 19 Escala de calificación del subcriterio: Estado del pavimento de la ciclovía …….. 24
Tabla 20 Evaluación preliminar para el estado de la señalización horizontal y vertical …… 25
Tabla 21 Escala de calificación del subcriterio: Estado de la señalización horizontal y vertical …….. 26
Tabla 22 Escala de calificación del subcriterio: Calidad de la iluminación de la ciclovía …….. 27
Tabla 23 Escala de calificación del subcriterio: Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta …….. 27
Tabla 24 Escala de calificación del subcriterio: Bicicletas con elementos perceptivos ……..… 28
Tabla 25 Escala de calificación del subcriterio: Bicicletas con accesorios auxiliares …….. 29
Tabla 26 Cuadro de kilómetros de ciclovías por distrito en Lima Metropolitana ……..… 30
Tabla 27 Volumen de ciclistas en 10 avenidas de Lima Metropolitana …… 31
Tabla 28 Ciclovías seleccionadas para casos de estudio …….. 32
Tabla 29 Cálculo del número de encuestas ……. 35
Tabla 30 Flujo de ciclistas ……... 35

Tabla 31 Catalogación de infraestructura ciclista, por niveles de seguridad vial 36
Tabla 32 Obstáculos permanentes interferentes 47
Tabla 33 Clasificación de la condición de pavimentos 48
Tabla 34 Caracterización de expertos participantes 52
Tabla 35 Evaluación de la consistencia de los juicios de los expertos 53
Tabla 36 Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Criterios 54
Tabla 37 Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 1 54
Tabla 38 Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 2 54
Tabla 39 Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 3 55
Tabla 40 Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 4 55
Tabla 41 Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa 58
Tabla 42 Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa 59
Tabla 43 Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa 61
Tabla 44 Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa 66
Tabla 45 Resultados de inspecciones oculares correspondientes 67
Tabla 46 Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa 68
Tabla 47 Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa 69
Tabla 48 Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa 71
Tabla 49 Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Arequipa 76
Tabla 50 Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Arequipa 77
Tabla 51 Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria 78
Tabla 52 Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria 79
Tabla 53 Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria 81
Tabla 54 Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Universitaria 88
Tabla 55 Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Universitaria 89
Tabla 56 Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil 91
Tabla 57 Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil 92
Tabla 58 Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil 93
Tabla 59 Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Guardia Civil 99

Tabla 60 Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Guardia Civil …….. 100
Tabla 61 Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este …….. 101
Tabla 62 Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este …… 103
Tabla 63 Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este …… 104
Tabla 64 Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Jardines Este …… 109
Tabla 65 Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Jardines Este …… 110
Tabla 66 Ponderación o valoración global de los subcriterios de evaluación, obtenidos por el método AHP, ordenados de mayor a menor ……... 113
Tabla 67 Resultados consolidados ……... 115

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 Estructura jerárquica del análisis multi-criterio - Evaluación de las Condiciones del Nivel de Seguridad Vial en Ciclovías de Lima Metropolitana 7
Figura 2 Consideraciones de mejor a peor calidad de iluminación por tipo de luminaria 26
Figura 3 Distribución geoespacial de diez avenidas importantes de Lima Metropolitana 31
Figura 4 Formato de evaluación 36
Figura 5 Pesos de Criterios 55
Figura 6 Pesos de los subcriterios 56
Figura 7 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) 62
Figura 8 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) 63
Figura 9 Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 2 - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega 64
Figura 10 Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa 65
Figura 11 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) 72
Figura 12 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) – Ciclovía Av. Arequipa 74
Figura 13 Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 1 - Ciclovía de la Av. Arequipa (Fallas de peladuras leves) 74
Figura 14 Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Arequipa 75
Figura 15 Iluminación non-cutoff – Ciclovía Av. Arequipa 75
Figura 16 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Universitaria, sentido Norte – Sur 82
Figura 17 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Universitaria, sentido Sur - Norte (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra) 84
Figura 18 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Universitaria en el sentido de norte a sur (Entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre) 85
Figura 19 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Universitaria en el sentido de sur a norte (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra) 87
Figura 20 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) 95
Figura 21 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) 97
Figura 22 Tomas fotográficas in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 3 - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) 98

Figura 23 Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Guardia Civil …….. 98
Figura 24 Iluminación cutoff – Ciclovía Av. Guardia Civil …… 99
Figura 25 Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) …… 106
Figura 26 Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) …… 107
Figura 27 Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 3 - Ciclovía de la Av. Jardines Este …… 108
Figura 28 Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Jardines Este ……. 108
Figura 29 Comparación de resultados por criterios de evaluación para casos de estudio, para ciclovías de caso de estudio …….. 115
Figura 30 Propuestas de Políticas Públicas para la realización de Inspecciones de Seguridad Vial en Ciclovías …….. 118

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS:

AASHTO	:	*American Association of State Highway and Transportation Officials*
ACES	:	Áreas de Ciclo Estacionamientos Seguros
AHP	:	Proceso Analítico Jerárquico
a_{nm}	:	Puntaje calculado de los subcriterios correspondiente
BM	:	Banco Mundial
C	:	Pesos de criterios
CBQ	:	*Cycling Behavior Questionnaire*
CI	:	Ciclistas
CROW	:	Centro de Regulación e Investigación en Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, Construcción de Carreteras e Ingeniería de Tráfico de Países Bajos
E	:	Encuesta
FSP	:	Funcionarios o servidores públicos
HCM	:	*Highway Capacity Manual*
I	:	Investigadores
IPG	:	Índice de Prioridad Global
LCV	:	Observatorio Lima Como Vamos
MML	:	Municipalidad Metropolitana de Lima
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú
NACTO	:	*National Association of City Transportation Officials*
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
OTM	:	Manual de Tráfico de Ontario
PCA	:	Puntos Críticos de Atropellamiento
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú
SC	:	Pesos de Subcriterios
SJL	:	Distrito de San Juan de Lurigancho
SMP	:	Distrito de San Martín de Porres
SPA	:	Bicicleta con Sistema de Pedaleo Asistido
SR	:	Superficie de Rodadura
T	:	Técnicos
TRB	:	*Transportation Research Board*
UCR	:	Universidad de Costa Rica
VMP	:	Vehículos de Movilidad Personal

RESUMEN

El incremento del número de siniestros de tránsito que involucren a los ciclistas en el Perú, tuvo significativos aumentos entre los años 2020 y 2021; implementar ciclovías seguras para sus usuarios es una prioridad necesaria para disminuir tal problemática. En este contexto, el presente estudio tiene el objetivo de proponer una herramienta multi-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías en Lima Metropolitana mediante la aplicación del método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP); tal que se englobe las siguientes variables: comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial y la bicicleta (vehículo). Los resultados muestran que las variables entorno vial y estándar y tipo de diseño de las ciclovías son las más influyen en la determinación de un buen nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana, ambas variables tienen una preponderancia en conjunto del 73.74%, en cambio la variable bicicleta (vehículo) resultó ser menos influyen en el estudio de seguridad vial. La herramienta multi-criterio fue aplicada como caso de estudios en cinco ciclovías en las cuatro zonas de Lima Metropolitana.

Palabras clave: Seguridad Vial, Ciclovías, Inspección de Seguridad Vial, Proceso Analítico Jerárquico

ABSTRACT

The increase in the number of traffic accidents involving cyclists in Peru had significant increases between 2020 and 2021; implementing safe bikeways for their users is a necessary priority to reduce such problems. In this context, the present study aims to propose a multi-criteria tool for the inspection of the level of road safety in bikeways in Metropolitan Lima using the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method; such that the following variables are included: behavior of the cyclist; standard and type of bikeways design; road environment and the bicycle (vehicle). The results show that the variables road environment and standard and type of bikeways design are the most influential in determining a good level of road safety on bicycle lanes in Metropolitan Lima, both variables have a joint preponderance of 73.74%, conversely, the bicycle (vehicle) variable turned out to be less influential in the road safety study. The multi-criteria tool was applied as a case study in five bikeways in the four areas of Metropolitan Lima.

Keywords: Road Safety, Bikeways, Road Safety Inspection, Analytic Hierarchy Process

INTRODUCCIÓN

El desarrollo, promoción, fomento e investigación del uso de la bicicleta como medio de transporte es fundamental para el crecimiento sostenible de ciudades peruanas; su uso no genera impactos negativos sobre el medio ambiente, además su acceso para las personas es asequible, democrático y contribuye a una menor congestión en grandes urbes. En los últimos años en Lima Metropolitana se ha visto un notable incremento de personas que adoptan a la bicicleta como principal medio de transporte, vistos los registros de siniestros de tránsito brindados por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial del Perú, se determina que entre en los años 2020 y 2021 hubieron incrementos significativos del 29% y 26% respectivamente, de los números de siniestros de tránsito que involucren a ciclistas; esta situación posiblemente es dada a causas como la falta de un diagnóstico previo de una infraestructura ciclista insegura, causa originada a partir de un enfoque de visión cero.

A partir de lo anterior, el presente estudio de investigación se plantea la pregunta ¿Cómo evaluar las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana?. Por lo que el objetivo general del estudio es proponer una herramienta para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías en Lima Metropolitana, mediante la aplicación del método del Proceso Analítico Jerárquico, con el involucramiento de variables como: el comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial y la última variable la bicicleta (vehículo).

Para llevar a cabo el objetivo, la investigación se ha dividido en cuatro capítulos: el primer capítulo, protocolo de la investigación: desarrolla la descripción del problema de estudio, objetivos, variables y metodología; en el segundo capítulo, marco teórico: se sientan las bases teóricas del objetivo de la investigación y sus variables; en el tercer capítulo, desarrollo del trabajo de investigación: se analizan los datos y resultados de la investigación, además se realiza la discusión e interpretación de los resultados; y en el cuarto y último capítulo: conclusiones, y recomendaciones, se proporcionan los puntos principales de la investigación y se lleva a cabo los objetivos de la misma.

CAPÍTULO I: PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1.1. Formulación del Problema General

Actualmente se identifica la necesidad de dotar de una herramienta multi-criterio para la debida inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías a las agencias estatales involucradas en el tránsito, transporte y seguridad vial de Lima Metropolitana; con el objetivo de favorecer al desarrollo y gestión del mejoramiento y rehabilitación de la actual infraestructura ciclística.

Lima Metropolitana en la actualidad, sigue experimentando el “Boom ciclista”; lo que significa que un mayor número de personas está optando en desplazarse principalmente desde sus hogares hacia sus centros de trabajo o estudio en bicicleta, esto debido principalmente y probablemente a causas como el aumento de los costos de los pasajes, pérdidas en el tiempo de espera en el transporte público, la congestión que contribuye el transporte privado, por el desarrollo de una cultura medioambiental entre los habitantes de la ciudad y de lo que significó el periodo de la pandemia por COVID 19 en el Perú. De lo anterior, el observatorio Lima Como Vamos (LCV, 2024), identificó en su reporte urbano de percepción ciudadana – Edición 13 y a partir de encuestas realizadas; trabajo de investigación de campo realizado entre noviembre y diciembre de 2023; que del total de limeños y chalacos encuestados que se movilizan por motivo de trabajo o estudio, el 4.6% adopta a la bicicleta como su principal medio de transporte, determinándose un incremento del 0.5% con relación a un estudio de similares características hechas por el mismo observatorio en el año 2022 (LCV, 2022).

La constante aparición de nuevos ciclistas en la ciudad, hace que Lima Metropolitana requiera del mejoramiento, rehabilitación, implementación y construcción de ciclovías, que se integren a una infraestructura y sección vial que presenta mayormente diversas falencias originarias desde su mal diseño vial urbano. De un estudio realizado por el Banco Mundial (BM, 2020), se identificó diversos problemas de calidad de la infraestructura ciclista, entre ellos: estrechos anchos de carril de las ciclovías [Anchos de carril menores a 1.50 m, ancho mínimo definido por el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (RNE, 2006)], ciclovías con anchos de seguridad estrechos o inexistentes (Anchos de seguridad menores a 0.60 m, que es lo mínimo recomendado por normas técnicas internacionales), falta de separación física entre ciclovía y vereda, y conflictos con otros medios de transporte. Está situación logra que la experiencia de los ciclistas al andar por las ciclovías capitalinas sea percibida en algunos casos como vialmente insegura. Cifras de la Dirección de Seguridad Vial del Dirección de Seguridad Vial del Perú (MTC, 2022), señalan que entre los años 2020 y 2021 se incrementaron el número de personas fallecidas

a bordo de una bicicleta en un 60% en todo el Perú; agregar que según el Observatorio Nacional de Seguridad Vial del MTC (MTC, 2023a) entre los años 2021 y 2022 se registraron solo en Lima Metropolitana y el Callao, 29 personas (3.1%) fallecidas por siniestros de tránsito que iban a bordo de una bicicleta.

Es así, de lo anteriormente tratado se tiene a formular el siguiente planteamiento del problema: **¿Cómo evaluar las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana?**

1.1.2. Formulación de Problemas Específicos

- ¿Cuál es el enfoque vigente de la concepción de seguridad vial del ciclista de parte de las agencias estatales, especialistas y expertos del tema?
- ¿Qué variables o criterios tienen mayor incidencia en la caracterización de la infraestructura ciclista como segura o insegura viablemente?
- ¿Cómo se caracteriza en lo referente a niveles de seguridad vial la actual infraestructura ciclista de Lima Metropolitana?

1.1.3. Justificación y Alcances

1.1.3.1. Justificación del Estudio

A partir de lo desarrollado en la formulación del problema general y problemas específicos, a continuación, resulta importante tratar las justificaciones que hacen necesarias la realización de la presente investigación:

Desde el punto de vista teórico se realiza la presente investigación, porque a pesar que ya existen otros estudios similares sobre el tema no se han encontrado estudios de inspecciones de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana que consideren variables tales como: comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial y por último la bicicleta (vehículo), y que se tenga en cuenta las percepciones de seguridad vial de ciclistas limeños; por esto el presente estudio estará llenando un vacío en el conocimiento teórico.

Posee justificación práctica, porqué la herramienta multi-criterio y la metodología propuesta para la inspección de niveles seguridad vial de infraestructura ciclista ayudará a las agencias estatales de seguridad vial, tránsito y transporte; en establecer soluciones rápidas a los problemas de seguridad vial que se presentan en las ciclovías capitalinas, por ejemplo: siniestros viales.

Además, se justifica metodológicamente, porque propone el desarrollo de una herramienta multi-criterio como mecanismo para la evaluación del nivel de seguridad de la infraestructura ciclística en Lima Metropolitana, fundamentándose en criterios y subcriterios de evaluación objetivos del actual sistema vial, siendo estos criterios y subcriterios de

evaluación ponderados a partir de juicios de valor de un panel de expertos en temas de seguridad vial, transporte y movilidad sostenible.

1.1.3.2. Alcance del Estudio

El alcance temático abarca temas de metodología multi-criterio, seguridad vial en ciclovías y movilidad sostenible.

Respecto al alcance espacial, el estudio en completo se realiza para el análisis de casos de estudio del nivel de seguridad vial de ciclovías de Lima Metropolitana, Perú.

Por último, lo que concierne al alcance temporal, la aplicación de encuestas de representación de juicios de valor a los expertos se efectuó entre los meses de septiembre de 2023 a enero de 2024; posterior a ello, en cuanto a las encuestas de intercepción de viaje a los ciclistas y la evaluación in-situ de la infraestructura ciclista se realizaron en marzo de 2024. Finalmente, el análisis de resultados y el desarrollo de la tesis se ejecutó durante el periodo de mayo a noviembre de 2024.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Formulación del Objetivo General

Proponer una herramienta multi-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías en Lima Metropolitana, mediante la aplicación del método del Proceso Analítico Jerárquico; tal que se englobe criterios del comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial y la bicicleta (vehículo).

1.2.2. Formulación de Objetivos Específicos

- Obtener la validación experta mediante método cualitativo cuantitativo de los principales criterios y subcriterios que afectan la seguridad del ciclista.
- Determinar y explicar la importancia de los criterios y subcriterios con mayores pesos que caracterizarán el nivel de seguridad vial de las ciclovías de Lima Metropolitana.
- Desarrollar casos de estudios con el fin de caracterizar la actual infraestructura ciclista de Lima Metropolitana, evaluando y catalogando a las ciclovías como vialmente: muy inseguras, inseguras, medianamente seguras, seguras o muy seguras, a partir de rangos numéricos.

1.3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.3.1. Formulación de la Hipótesis General

Los criterios para la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana están relacionados principalmente por subcriterios o subvariables, tales como: identificación de puntos críticos de atropellamiento, Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, Geometría de la vía.

1.3.2. Formulación de las Hipótesis Específicas

- Plantear un modelo lineal aditivo que determine la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en las ciclovías de Lima Metropolitana, a partir de la validación de juicios de expertos en el tema.
- Los criterios del comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; y el entorno vial; son los criterios que mayores pesos totalizarán en la incidencia para la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana.
- Determinar el nivel de seguridad vial en tramos de infraestructura ciclistas de Lima Centro, Norte, Sur y Este.

1.3.3. Variables

1.3.3.1. Variable Dependiente

Del ítem 1.1.1, se definió la formulación del problema general de la investigación: ¿Cómo evaluar las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana?, de lo anterior se desprende que la variable dependiente de la investigación es la caracterización cuantitativa del nivel de seguridad vial en ciclovías, el cual es producto del análisis y evaluación de las variables y sub variables independientes que conforman la presente investigación.

Tabla 1

Variable dependiente de la investigación

Variable dependiente	Descripción	Unidad de medida
Nivel de seguridad vial en ciclovías	Catalogación de tramos de la infraestructura ciclista de Lima Metropolitana, desde muy insegura, insegura, medianamente segura, segura y muy segura vialmente, a través la aplicación de la metodología AHP y la metodología propuesta para la determinación del índice de prioridad global calculado del nivel de seguridad vial en ciclovías.	Porcentaje

Nota. Para la estructura del análisis del proceso analítico jerárquico (AHP) la variable dependiente es considerada como el objetivo.

1.3.3.2. Variables Independientes

Las variables independientes que se proponen en la investigación y las cuales inciden en el hecho de determinar el nivel de seguridad vial en ciclovías son: comportamiento del ciclista (Usuario); estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación) y bicicleta (Vehículo). Además, se presentan las subvariables que conforman cada variable independiente.

Tabla 2

Variables y subvariables independientes de la investigación

Variables independientes	Descripción	Subvariables independientes
Comportamiento del Ciclista (Usuario)	La variable independiente comportamiento del ciclista se refiere a la percepción que tiene el ciclista sobre aspectos del entorno y la seguridad vial de la infraestructura ciclista por la cual transita.	Geometría de la vía
		Siniestralidad vial en ciclovías
		Presencia de policías de tránsito
		Comportamiento agresivo de ciclistas
		Percepción de alto volumen de tráfico
		Edad del ciclista y medidas propias de seguridad
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	La variable independiente estándar y tipo de diseño de las ciclovías se refiere a la caracterización de la geometría en sección transversal y a la evaluación de la operación vehicular del tramo de la vía analizada, referidos en aspectos de la seguridad vial de infraestructura ciclista.	Ciclovía en separador central (Físicamente segregada[a])
		Ciclovía en calzada (Físicamente segregada[a])
		Ciclocarril (No segregado[b])
		Carril compartido[c] con vehículos motorizados (No segregado[b])
Entorno vial	La variable independiente entorno vial se refiere al estado situacional actual de un tramo de infraestructura ciclista en evaluación, referido a su diseño, mantenimiento y operación.	Identificación de puntos críticos de atropellamiento
		Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros
		Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro
		Estado del pavimento de la ciclovía
		Estado de la señalización horizontal y vertical
		Calidad de la iluminación de la ciclovía
Bicicleta (Vehículo)	La variable independiente bicicleta, se refiere al estado de conservación de la misma y su influencia en la evaluación de la seguridad vial de tramos de infraestructura ciclista.	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta
		Bicicletas con elementos perceptivos
		Bicicletas con accesorios auxiliares

Nota. Para la estructura del análisis del proceso analítico jerárquico las variables y subvariables independientes vienen hacer los criterios y subcriterios respectivamente.
[a] El término “Físicamente Segregada”, se refiere a: infraestructura ciclovial segregada del tránsito motorizado.
[b] El término “No segregado”, se refiere a: infraestructura ciclovial no segregada del tránsito motorizado.
[c] Se incluye a vías compartidas con vehículos motorizados.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Tipos de la Investigación

Por enfoque la investigación es cuantitativa – cualitativa, cualitativa ya que se utiliza el método del proceso analítico jerárquico que se desarrolla a través de juicios de expertos, además algunos subcriterios son evaluados por la observación y criterio; y es cuantitativa, debido a que los resultados son producto del análisis de encuestas y métodos de recolección de datos de cantidades.

Por el nivel la investigación se dice que es descriptiva ya se busca describir las características del estado actual de la infraestructura ciclista en lo referente en aspectos de seguridad vial, además la investigación brinda características sociodemográficas de muestras de población ciclista en diferentes zonas de Lima Metropolitana.

Por el diseño la investigación es no experimental ya que se limita a observar, medir y cuantificar de forma directa sucesos dentro del entorno de estudio (Infraestructura ciclista).

Por el método de la investigación es analítica, porqué se analiza y explica las causas y los resultados de la situación actual de casos de estudio de ciclovías de la ciudad de Lima.

1.4.2. Proceso Analítico Jerárquico

El método del proceso analítico jerárquico, divide un problema de decisión (Decisiones emitidas por un grupo de expertos o especialistas en un tema específico) en una estructura jerárquica que desciende comenzando desde un objetivo general hasta criterios y subcriterios; esto con el fin de ayudar y organizar toma de decisiones, definiendo prioridades a través de comparaciones por pares entre criterios y subcriterios de evaluación (Saaty, 1990; Psarrou et al., 2022). El método se pone en marcha a partir de cinco estandarizados pasos: i) Desarrollo de la estructura jerárquica, ii) Representación de los juicios de valor, iii) Construcción de las matrices de comparación por pares y matrices normalizadas, iv) Cálculo de los vectores de prioridad y v) Análisis de resultados (Mendoza et al., 2019).

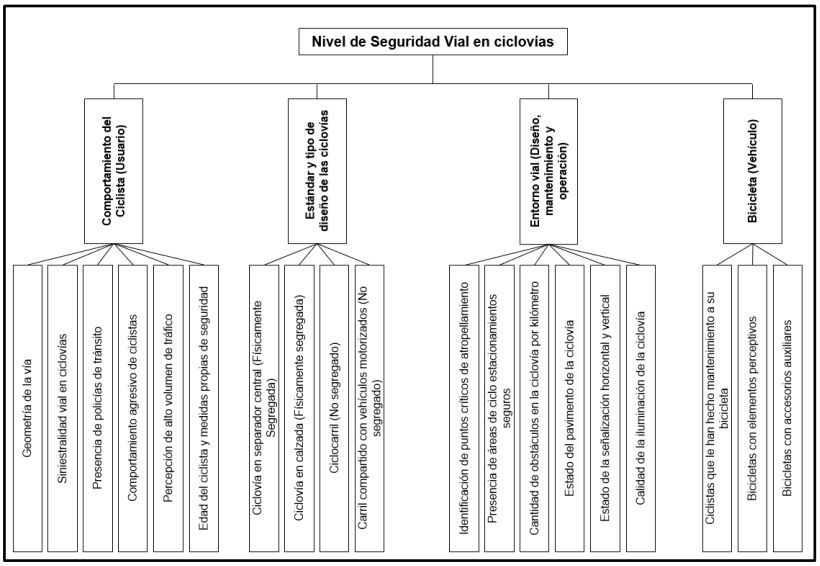
i) Desarrollo de la estructura jerárquica

De una previa revisión de la literatura internacional relacionada con el tema y objetivo de la investigación y de un posterior análisis de la información, se seleccionan los principales atributos (Criterios y subcriterios) relacionados al comportamiento del ciclista (Bishop et al., 2023; Useche et al., 2018), ciclovías y bicicleta (Ruiz-Padillo et al., 2021) que tienen impacto en la seguridad vial en la infraestructura ciclista, siempre teniendo cuenta que estos atributos se ajusten a la actualidad de la realidad y características de Lima Metropolitana.

Se seleccionan cuatro criterios y diecinueve subcriterios, con el fin de realizar la evaluación del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana. En la Figura 1, se muestra la estructura jerárquica del análisis multi-criterio del presente estudio.

Figura 1

Estructura jerárquica del análisis multi-criterio - Evaluación de las Condiciones del Nivel de Seguridad Vial en Ciclovías de Lima Metropolitana



ii) Representación de los juicios de valor

Los juicios de valor son dados por expertos, a ellos se les muestran los criterios y subcriterios seleccionados en el paso previo, de los cuales darán su apreciación sobre la prevalencia de unos sobre otros. La variabilidad de apreciaciones que puedan dar diferentes expertos imposibilita consolidar una priorización de los criterios y sub criterios dados (Mendoza et. al, 2019), es por lo cual se hace uso del método del proceso analítico jerárquico.

El método proceso analítico jerárquico brinda un tratamiento de ayuda para la toma de decisiones definiendo prioridades a través de comparación por pares entre los criterios y subcriterios de evaluación seleccionados en un estudio (Ruiz-Padillo et al., 2021). Las comparaciones por pares se realizan en base a una escala de nueve puntos (Saaty, 1990), con el fin de determinar la importancia entre criterios y subcriterios. En la Tabla 3, se muestra la escala fundamental de Saaty para la comparación por pares.

Tabla 3

Escala fundamental de Saaty para comparaciones por pares

Intensidad de importancia en escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo
3	Importancia moderada de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
5	Importancia esencial o fuerte de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
7	Importancia muy fuerte de uno sobre otro	Una actividad se ve fuertemente favorecida y su dominio se demuestra en la práctica
9	Importancia extrema de uno sobre otro	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del más alto orden de afirmación posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, cuando es necesario matizar	

Nota. De “¿Cómo tomar una decisión?: El Proceso Analítico Jerárquico”, por T. Saaty, 1990.

Teniendo definido los criterios y subcriterios de evaluación y la escala fundamental para la comparación por pares, se tiene a elaborar una herramienta de evaluación de criterios y subcriterios que se les proporciona a los expertos para su evaluación. En el Anexo 2, se muestra la encuesta de comparación por pares de criterios y subcriterios que fue aplicada a los expertos.

En referencia a la determinación de la cantidad de expertos a ser encuestados utilizando el método AHP, Saaty y Özdemir (2014) señalan que el número de expertos que se establecen en la participación de un estudio de investigación para un tema específico, no se determina según un cálculo de tamaño de muestra de un determinado universo. Por lo contrario, el número de expertos se establece en función de cuánto y qué tan bien conocen del tema en estudio. Además, Saaty y Özdemir (2014) indican que, con un número de siete

expertos se puede conducir a resultados óptimos con juicios de valor coherentes al utilizar el método AHP.

Asimismo, Majumdar y Mitra (2015) señalan que una muestra grande no es imperativa cuando se utiliza el método AHP en un estudio que se enfoca específicamente en la elección de modos suaves de transportes (Andar en bicicleta). Con respecto a la selección de los expertos se tienen en cuenta los siguiente criterios: profesionales con al menos cinco años de experiencia en el tema de estudio, académicos especialistas en temas de seguridad vial, transporte sostenible y/o diseño vial urbano; funcionarios o servidores públicos, con experiencia en la gerencia y/o desarrollo proyectos de movilidad sostenible y seguridad vial; y/o representantes de colectivos reconocidos, referente a la promoción de la bicicleta como principal medio de transporte (Awad & Jung, 2022; Hallowell & Gambatese, 2010).

iii) Construcción de las matrices de comparación por pares y matrices normalizadas

Posterior a la aplicación de las encuestas a los expertos, se tiene analizar las respuestas de la comparación por pares de los criterios y subcriterios en evaluación, para lo cual se hace necesario la construcción de las matrices de comparación por pares de criterios y subcriterios; siendo los elementos que conformarán las matrices, vendrán del valor de la intensidad de importancia de la evaluación de atributos. Siendo la matriz X = (x_{ij}), donde X = x_{ij}, $x_{ij} > 0$ y $x_{ij} = 1/ x_{ji}$ [x_{ij}], donde: i, j = 1, 2, …, n; y sí $x_{ij} = 1$ entonces i=j; y sí $x_{ij} = 1/ x_{ji}$ entonces i ≠ j. Además, “n” es el número de criterios o subcriterios establecidos para la comparación por pares, por lo cual el orden de la matriz X será de n x n (Ansah et. al, 2015; Psarrou et. al, 2022). A manera de ejemplificación, si de la comparación por pares de los criterios (Donde n=4): comportamiento del ciclista y entorno vial, la evaluación por parte del experto correspondió de 3 hacia el comportamiento del ciclista, entonces se forma el elemento x_{12}=3, por lo tanto, el elemento x_{21}=1/3, de una matriz del orden de 4 x 4.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Construida la matriz de comparación por pares ya sea de criterios o subcriterios, se tiene a calcular la matriz normalizada (Kumar & Pant, 2023).

$$\bar{X} = [\overline{x_{ij}}] = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \overline{x_{12}} & \cdots & \overline{x_{1n}} \\ \overline{x_{21}} & \overline{x_{22}} & \cdots & \overline{x_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{x_{n1}} & \overline{x_{n2}} & \cdots & \overline{x_{nn}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde $\overline{x_{ij}}$ se calcula como:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} x_{kj}} \quad (3)$$

iv) Cálculo de los vectores de prioridad

Calculada la matriz normalizada, se tiene a determinar los elementos del vector prioridad, los cuales resultan de la suma de sus elementos por filas de la matriz normalizada, todo ello dividido entre "n" (Kumar & Pant, 2023).

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n]^T \tag{4}$$

Donde:

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^{n} \overline{x_{ik}}}{n} \tag{5}$$

v) Análisis de resultados (Verificación de la razón de consistencia de la matriz de comparación por pares y determinación del índice de prioridad global)

Determinado el vector de prioridad, se tiene que analizar si los juicios dados por los expertos tienen la solidez necesaria para ser considerados en el análisis final del método del proceso analítico jerárquico (Ali Esmaeili et. al, 2023). Se evalúa la consistencia o no consistencia de la matriz de comparación por pares de los criterios o subcriterios; según sea el caso.

Para determinar la consistencia o no consistencia de la matriz de comparación por pares primero se calcula la matriz ponderada de prioridad general; ya sea el caso de criterios o subcriterios; la cual resulta de la multiplicación de la matriz de comparación por pares con el vector prioridad, tal como corresponda (Hoang & Kato, 2023):

$$X \cdot W = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} \cdot w_1 & x_{12} \cdot w_2 & \dots & x_{1n} \cdot w_n \\ x_{21} \cdot w_1 & x_{22} \cdot w_2 & \dots & x_{2n} \cdot w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} \cdot w_1 & x_{n2} \cdot w_2 & \dots & x_{nn} \cdot w_n \end{bmatrix} \tag{6}$$

Posterior a la multiplicación de la matriz por el vector, se calcula el denominado vector suma; cuyos elementos se determinan a partir de la suma de los elementos por fila de la matriz ponderada de prioridad general.

$$Y = \begin{bmatrix} x_{11} \cdot w_1 + x_{12} \cdot w_2 + \dots + x_{1n} \cdot w_n \\ x_{21} \cdot w_1 + x_{22} \cdot w_2 + \dots + x_{2n} \cdot w_n \\ \vdots \\ x_{n1} \cdot w_1 + x_{n2} \cdot w_2 + \dots + x_{nn} \cdot w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \tag{7}$$

Una vez determinado el vector suma, se tiene a calcular del valor propio principal de la matriz de comparación por pares X (Hoang & Kato, 2023), el cual se calcula como:

$$\lambda_{máx} = \frac{\sum \left(\frac{y_i}{w_i}\right)}{n} = \left(\frac{y_1}{w_1} + \frac{y_2}{w_2} + \dots + \frac{y_n}{w_n}\right)/n \tag{8}$$

La coherencia de las respuestas de los expertos se expresa mediante el índice de consistencia (Psarrou et al., 2022), el cual es calculado como:

$$IC = \frac{\lambda_{máx} - n}{n - 1} \tag{9}$$

De la misma manera se calcula el valor del índice aleatorio (Mendoza et al., 2019), el cual está en función de "n", siendo "n" el número de criterios o subcriterios establecidos para la comparación por pares (Ruiz-Padillo et al., 2021).

$$IA = \frac{1.98 \times (n-2)}{n} \tag{10}$$

Existe una relación que determina si los juicios brindados por los expertos del tema son inconsistentes, esta relación es llamada razón de consistencia (Ali Esmaeili et. al, 2023). Si la razón de consistencia (RC) es determinada en un valor menor a 0.1 se establece que el nivel de inconsistencia es aceptable y que los juicios brindados pueden ser aceptados en las estimaciones posteriores; de darse el caso contrario, se eliminan determinadas valoraciones (Saaty, 1990; Mendoza et al., 2019).

$$RC = \frac{IC}{IA} \tag{11}$$

Sí

$$X\ (Matriz\ de\ comparación\ por\ pares) = \begin{cases} Sí\ la\ RC < 0.1\ la\ matriz\ en\ consistente \\ Si\ la\ RC\ \geq 0.1\ la\ matriz\ es\ no\ consistente \end{cases} \tag{12}$$

Luego de asegurar que todas las matrices de comparaciones por pares de cada encuesta tengan un valor de razón de consistencia menor a 0.1, se calcula el promedio de los juicios hechos por los expertos del tema, haciendo uso de la media geométrica con los elementos correspondientes de igual fila y columna de cada matriz de comparación por pares de criterios y subcriterios que corresponda (Ali Esmaeili et. al, 2023). Saaty (1990) afirma que la mejor forma de considerar un valor representativo de los juicios o respuestas proporcionas por los expertos en las comparaciones por pares de los criterios y subcriterios de evaluación es la media geométrica. En la Tabla 4, se ejemplifica el proceso:

Tabla 4

Ejemplificación del cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares que resultaron ser consistentes

Código de encuesta	Juicios de la Matriz de criterios o subcriterios
	x_{ij}
E01	Valor x_{ij} de E01
E02	Valor x_{ij} de E02
E03	Valor x_{ij} de E03
⋮	⋮
EN	Valor x_{ij} de EN
Media geométrica	a_{ij} = [(Valor x_{ij} de E01) * (Valor x_{ij} de E02) * … * (Valor x_{ij} de EN)]$^{1/n}$

Nota. El valor de "n" corresponde al número de elementos en evaluación y a_{ij} corresponde al valor del promedio de la media geométrica y al nuevo elemento resultante de la matriz cuadrada de criterios o subcriterios.

Determinados todos los valores a_{ij}, se forman matrices cuadradas de criterios y subcriterios; siendo conformados por elementos a_{ij}, posteriormente se calcula la matriz normalizada de la matriz cuadrada correspondiente y se calcula el vector prioridad de esta última, siguiendo

de manera similar a los pasos iii) y iv) del proceso analítico jerárquico antes mostrados. Es así que se obtienen los pesos de los cuatro criterios y diecinueve subcriterios en estudio. En la Tabla 5 se muestra la notación de los pesos de los criterios y subcriterios del presente estudio:

Tabla 5

Notación de pesos de los criterios y subcriterios del estudio

Criterios			
C1: Comportamiento del ciclista	C2: Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	C3: Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	C4: Bicicleta (Vehículo)
Subcriterios del Criterio 1			
SC11: Geometría de la vía	SC12: Siniestralidad vial en ciclovías	SC13: Presencia de policías de tránsito	
SC14: Comportamiento agresivo de ciclistas	SC15: Percepción de alto volumen de tráfico	SC16: Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	
Subcriterios del Criterio 2			
SC21: Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	SC22: Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	SC23: Ciclocarril (No segregado)	SC24: Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)
Subcriterios del Criterio 3			
SC31: Identificación de puntos críticos de atropellamiento	SC32: Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	SC33: Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	
SC34: Estado del pavimento de la ciclovía	SC35: Estado de la señalización horizontal y vertical	SC36: Calidad de la iluminación de la ciclovía	
Subcriterios del Criterio 4			
SC41: Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	SC42: Bicicletas con elementos perceptivos	SC43: Bicicletas con accesorios auxiliares	

Determinado los pesos de los criterios y subcriterios del estudio a través del proceso analítico jerárquico, se tiene a determinar el índice de prioridad global el cual se calcula mediante el siguiente modelo lineal modelo aditivo:

$$\begin{aligned} IPG = {} & C_1 \times (SC_{11} \times a_{11} + SC_{12} \times a_{12} + SC_{13} \times a_{13} + SC_{14} \times a_{14} + SC_{15} \times a_{15} + \\ & SC_{16} \times a_{16}) + C_2 \times (SC_{21} \times a_{21} + SC_{22} \times a_{22} + SC_{23} \times a_{23} + SC_{24} \times a_{24}) + \\ & C_3 \times (SC_{31} \times a_{31} + SC_{32} \times a_{32} + SC_{33} \times a_{33} + SC_{34} \times a_{34} + SC_{35} \times a_{35} + \\ & SC_{36} \times a_{36}) + C_4 \times (SC_{41} \times a_{41} + SC_{42} \times a_{42} + SC_{43} \times a_{43}) \end{aligned} \tag{13}$$

Donde a_{nm} corresponden a un puntaje calculado, a partir de la escala de calificación de subcriterios.

La misma ecuación 13, se puede escribir de manera generalizada como:

$$IPG = \sum_{\alpha=1}^{n} C_\alpha \left(\sum_{\beta=1}^{m_{C_\alpha}} SC_\beta \cdot a_\beta \right) \tag{14}$$

Donde:

$IPG = \text{Índice de Prioridad Global}$
$C_\alpha = Peso\ del\ criterio\ correspondiente, obtenido\ por\ el\ proceso\ analítico\ jerárquico$
$n = \text{Número de criterios}$
$SC_\beta = Peso\ del\ subcriterio\ correspondiente, obtenido\ por\ el\ proceso\ analítico\ jerárquico$
$m_{C_\alpha} = \text{Número de subcriterios correspondientes al criterio } C_\alpha$
$a_\beta = Puntaje\ calculado\ de\ los\ subcriterios\ correspondiente.$

1.4.3. Escala de Calificación de Subcriterios de Evaluación

Culminado el desarrollo del método del proceso analítico jerárquico con la determinación de los pesos de los criterios y subcriterios propuestos para la evaluación del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana, posteriormente se tiene a centrarse en el proceso de evaluación del entorno de estudio, que corresponde a la infraestructura ciclista.

Con base en la metodología propuesta por Psarrou et al. (2022), detallada en su investigación “A novel methodology for micromobility system assessment using multi-criteria analysis"; se propone la siguiente metodología, en la que se asigna un puntaje calculado por cada uno de los subcriterios propuestos en este estudio a partir de escalas de calificación de los mismos. Para cada subcriterio de evaluación le corresponde su propia escala de calificación de cinco puntos, donde un puntaje de 5 (Motivador fuerte) indica que el subcriterio contribuye en buena forma en el favorecimiento de la seguridad vial de la ciclovía; mientras que el puntaje de 1 (Motivador débil) hace que la evaluación del subcriterio contribuya en forma menos favorable la condición de caracterizar a una ciclovía como segura o muy segura vialmente. Según como corresponda la evaluación de los subcriterios, la evaluación se puede subdividir por subtramos de la ciclovía; con el propósito de obtener un puntaje calculado del tramo de la ciclovía que resulte de un mayor análisis y observación.

A continuación, se detalla las escalas de calificación propuestas por cada subcriterio, además se detalla el proceso de determinación del puntaje calculado del mismo.

1.4.3.1. Comportamiento del Ciclista

Según la Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica (Universidad de Costa Rica [UCR], 2015), la valoración de los ciclistas respecto al estado físico de la infraestructura ciclista y sus percepciones de seguridad al transitar por las mismas, no se deben dejar de lado en la evaluación de la infraestructura ciclista (Por ejemplo: geometría o seguridad vial). Es por lo anterior, que se añadió el criterio comportamiento del ciclista para la evaluación de la seguridad vial en ciclovías.

1.4.3.1.1. Geometría de la Vía

El subcriterio geometría de la vía busca determinar cuál es la consideración de los usuarios de la ciclovía respecto al ancho de la ciclovía por la cual transitan (Tramo de ciclovía en análisis). Para conocer la percepción de la consideración se les consulta a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert; el cual se adapta para la construcción de la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 6).

Tabla 6

Escala de calificación del subcriterio: Geometría de la vía

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Geometría de la vía – Ancho de la ciclovía	Muy adecuado	5
	Adecuado	4
	Regular	3
	Insuficiente	2
	Muy insuficiente	1

El valor del puntaje calculado del subcriterio corresponderá a la suma de los productos de los porcentajes de las frecuencias absolutas obtenidas de las respuestas por su correspondiente puntaje asignado por la escala de Likert.

1.4.3.1.2. Siniestralidad Vial en Ciclovías

El subcriterio siniestralidad vial en ciclovías busca determinar a través de percepciones de descripciones de frecuencias dadas por usuarios de ciclovías, la ocurrencia de siniestros viales que hayan involucrado alguna lesión/muerte de ciclistas a lo largo del tramo en análisis. Para conocer tal percepción se les consulta a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert; el cual se adapta para la construcción de la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 7).

Tabla 7

Escala de calificación del subcriterio: Siniestralidad vial en ciclovías

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Siniestralidad vial en ciclovías	Nunca se producen	5
	Algunas veces	4
	Regularmente	3
	Frecuentemente	2
	Muy frecuentemente	1

El cálculo del valor del puntaje calculado del subcriterio es similar a lo detallado en el subcriterio Geometría de la vía.

1.4.3.1.3. Presencia de Policías de Tránsito

El subcriterio presencia de policías de tránsito explora cual es la consideración de los ciclistas acerca de la presencia de policías de tránsito que resguarden y controlen el paso de los usuarios por la infraestructura ciclista en análisis. Para comprender la percepción de la consideración se les consulta a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert; el cual se adapta para la construcción de la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 8).

Tabla 8

Escala de calificación del subcriterio: Presencia de policías de tránsito

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Presencia de policías de tránsito	Muy constante	5
	Constante	4
	Regular	3
	Escasa	2
	Nula	1

El cálculo del valor del puntaje calculado del subcriterio es similar a lo detallado en el subcriterio Geometría de la vía.

1.4.3.1.4. Comportamiento Agresivo de Ciclistas

El subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas explora la percepción de los ciclistas acerca del comportamiento de sus pares, respecto a descripción de frecuencias de ejecución de maniobras con imprudencia (Por ejemplo: Pedalear por el lado contrario o adelantar peligrosamente a otros ciclistas) dentro de la ciclovía analizada. Para conocer tal percepción se les consulta a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert; el cual se adapta para la construcción de la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 9).

Tabla 9

Escala de calificación del subcriterio: Comportamiento agresivo de ciclistas

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Comportamiento agresivo de ciclistas	Nunca	5
	Pocas veces	4
	Regularmente	3
	Frecuentemente	2
	Muy frecuentemente	1

El cálculo del valor del puntaje calculado del subcriterio es similar a lo detallado en el subcriterio Geometría de la vía.

1.4.3.1.5. Percepción de Alto Volumen de Tráfico

El subcriterio percepción de alto volumen de tráfico busca establecer la percepción por parte de los ciclistas, acerca del volumen de tráfico motorizado que circula en la misma sección vial donde se encuentran las ciclovías (Para el tramo de la ciclovía en análisis). Para comprender tal percepción se les consulta a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert; el cual se adapta para la construcción de la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 10).

Tabla 10

Escala de calificación del subcriterio: Percepción de alto volumen de tráfico

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Percepción de alto volumen de tráfico	Muy bajo	5
	Bajo	4
	Regular	3
	Alto	2
	Muy alto	1

El cálculo del valor del puntaje calculado del subcriterio es similar a lo detallado en el subcriterio Geometría de la vía.

1.4.3.1.6. Edad del Ciclista y Medidas Propias de Seguridad (Uso del Casco)

Este subcriterio analiza la relación entre la edad del ciclista y las medidas propias de seguridad (Específicamente: uso del casco). Estudios previos han demostrado que los adultos poseen mejores habilidades de conducción, adoptan mayores precauciones y presentan tiempos de reacción más eficientes en comparación con los adultos jóvenes y los adultos mayores (AASHTO, 2012; Algurén & Rizzi; 2022; Wei et al., 2024). Además, el uso del casco es primordial para evitar severas lesiones ante siniestros viales. A partir de los resultados de las encuestas, se identifica el grupo etario predominante y de la inspección ocular del uso de casco de los ciclistas encuestados, se determina el puntaje del subcriterio en cuestión (Ver Tabla 11). Para evaluar la relación entre los campos: edad del ciclista y el uso del casco, se aplicó la prueba de chi-cuadrado (Son et al., 2017; Olsson, 2023), verificando el efecto de asociación de los campos con el coeficiente de V de Cramer.

Tabla 11

Escala de calificación del subcriterio: Edad del ciclista y medidas propias de seguridad

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)	Predominancia de ciclistas encuestados cuyas edades se ubican entre los 36 a 60 años, además durante la inspección visual se registra que más del 50% de ciclistas encuestados usan casco.	5
	Predominancia de ciclistas encuestados cuyas edades se ubican entre los 18 a 35 años, además durante la inspección visual se registra que más del 50% de ciclistas encuestados usan casco.	4
	Predominancia de ciclistas encuestados cuyas edades estén por encima de los 60 años, además durante la inspección visual se registra que más del 50% de ciclistas encuestados usan casco.	3
	Predominancia de ciclistas que usan casco entre el 40% al 50%, no considerando rangos etarios.	2
	Predominancia de ciclistas que no utilizan casco, no considerando algún rango etario.	1

1.4.3.2. Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

1.4.3.2.1. Ciclovía en Separador Central – Físicamente Segregada

La evaluación del subcriterio Ciclovía en separador central – Físicamente segregada, corresponde a la evaluación por subtramos de ciclovías del tipo y estándar propuesto. La evaluación se realiza por subtramos verificando características geométricas en sección transversal y aspectos de la operacional vehicular (Ver Tabla 12). Para determinar el

puntaje calculado del subcriterio, que caracteriza al tramo de ciclovía en evaluación; se realiza el promedio del puntaje de evaluación resultante por cada subtramo. Detallar si se evalúa el subcriterio Ciclovía en separador central – Físicamente segregada, los valores de los puntajes calculados de los otros tres subcriterios pertenecientes al criterio: estándar y tipo de diseño de las ciclovías, se consideran como 0. Con el fin de caracterizar geométricamente la sección vial de cada subtramo, se realizan como mínimo tres mediciones a elementos de la sección vial de la ciclovía (Ancho de ciclovía, ancho de seguridad, áreas verdes, sardineles, veredas, …) por cada subtramo (Al inicio, al medio y al final); el valor promedio resultante de las mediciones por cada elemento, formará la caracterización geométrica de la sección vial de cada subtramo.

Tabla 12

Escala de calificación del subcriterio: Ciclovía en separador central – Físicamente Segregada

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Ciclovía en separador central – Físicamente Segregada	- La ciclovía en separador central tiene elementos físicos de segregación con el tráfico motorizado (Bordillos, hitos verticales o mobiliario urbano). - El ancho de la ciclovía en separador central es de 3.20 m o más. - El ancho de seguridad (Separación libre entre ciclovía y calzada) es al menos mayor de 0.80 m en ambos lados. - La velocidad máxima del tráfico motorizado es de 30 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	5
	- La ciclovía en separador central tiene elementos físicos de segregación con el tráfico motorizado (Bordillos, hitos verticales o mobiliario urbano). - El ancho de la ciclovía en separador central está entre 2.80 m a 3.20 m. - El ancho de seguridad es al menos mayor a los 0.60 m en ambos lados. - La velocidad máxima del tráfico motorizado es de 30 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	4
	- La ciclovía en separador central tiene elementos físicos de segregación con el tráfico motorizado (Bordillos, hitos verticales o mobiliario urbano). - El ancho de la ciclovía en separador central es menor a 2.80 m. - El ancho de seguridad es al menos mayor a los 0.60 m en ambos lados. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	3
	- La ciclovía en separador central tiene elementos físicos de segregación con el tráfico motorizado (Bordillos, hitos verticales o mobiliario urbano). - El ancho de la ciclovía en separador central es menor a 2.80 m. - El ancho de seguridad es al menos mayor a los 0.60 m en ambos lados, o se puede dar el caso en que en un lado el ancho de seguridad sea al menos mayor a los 0.60 m, pero en el otro lado el ancho de seguridad sea menor a los 0.60 m o inexistente. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	2
	- La ciclovía en separador central tiene elementos físicos de segregación con el tráfico motorizado (Bordillos, hitos verticales o mobiliario urbano). - El ancho de la ciclovía en separador central es menor a 2.80 m. - El ancho de seguridad es menor a 0.60 m en ambos lados, o inexistente en uno de los lados. - La velocidad máxima del tráfico motorizado es mayor a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente a una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada o se verifica diferencia de niveles. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	1

Subcriterio	Descripción	Puntaje
	- Caso especial: Para este puntaje se consideran los diseños de ciclovía en separador central que son diferentes a la configuración de ciclovía de dos carriles, uno por dirección.	

Nota. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista", por Municipalidad de Lima, 2017 (https://acortar.link/40IErx).

1.4.3.2.2. Ciclovía en Calzada – Físicamente Segregada

La evaluación del subcriterio Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, corresponde a la evaluación por subtramos de ciclovías del tipo y estándar propuesto. La evaluación se realiza por subtramos verificando características geométricas en sección transversal y aspectos de la operacional vehicular (Ver Tabla 13). Para determinar el puntaje calculado del subcriterio, que caracteriza al tramo de ciclovía en evaluación; se realiza el promedio del puntaje de evaluación resultante por cada subtramo. Detallar si se evalúa el subcriterio Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, los valores de los puntajes calculados de los otros tres subcriterios pertenecientes al criterio: estándar y tipo de diseño de las ciclovías, se consideran como 0. La caracterización geométrica de la sección vial de cada subtramo, es similar a lo detallado en ítem 1.4.3.2.1.

Tabla 13

Escala de calificación del subcriterio: Ciclovía en calzada – Físicamente segregada

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Ciclovía en calzada – Físicamente segregada	- La ciclovía en calzada tiene elementos de segregación física continua (Veredas, bordillos o muros de concreto) o discontinua (Bolardos, tachones o cordones de estacionamiento) del tráfico motorizado, los cuales se mantienen constantes totalmente o parcialmente predominantes en todo el subtramo de evaluación (Lo último se refiere a los elementos de segregación física, los cuales se encuentran presentes, no han sido dañados y no presentan rupturas). - Cuando la ciclovía en calzada es de un solo carril: • El ancho de la vía de circulación es de 2.00 m a más. • El ancho de seguridad (Colindante con el tráfico motorizado) es al menos mayor de 0.80 m. - Cuando la ciclovía en calzada es de dos carriles: • El ancho de la vía de circulación es de 3.20 m o más. • El ancho de seguridad (Colindante con el tráfico motorizado) es al menos mayor de 0.80 m o la ciclovía está protegida del tráfico motorizado por muros de concreto armado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	5
	- La ciclovía en calzada tiene elementos de segregación física continua (Veredas, bordillos o muros de concreto) o discontinua (Bolardos y tachones) del tráfico motorizado, los cuales se mantienen constantes totalmente o parcialmente predominantes en todo el subtramo de evaluación. - Cuando la ciclovía en calzada es de un solo carril: • El ancho de la vía de circulación está entre los valores de 1.60 m a 2.00 m. • El ancho de seguridad es al menos mayor de 0.60 m. - Cuando la ciclovía en calzada es de dos carriles: • El ancho de la vía de circulación está entre los valores de 2.80 m a 3.20 m. • El ancho de seguridad es al menos mayor de 0.60 m o la ciclovía está protegida del tráfico motorizado por muros de concreto armado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	4

Subcriterio	Descripción	Puntaje
	- La ciclovía en calzada tiene elementos de segregación física continua (Veredas, bordillos o muros de concreto) o discontinua (Bolardos y tachones) del tráfico motorizado, los cuales se mantienen constantes totalmente o parcialmente predominantes en todo el subtramo de evaluación. - Cuando la ciclovía en calzada es de un solo carril: • El ancho de la vía de circulación es menor a 1.60 m. • El ancho de seguridad es al menos mayor de 0.60 m. - Cuando la ciclovía en calzada es de dos carriles: • El ancho de la vía de circulación es menor a 2.80 m. • El ancho de seguridad es al menos mayor de 0.60 m o la ciclovía está protegida del tráfico motorizado por muros de concreto armado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	3
	- La ciclovía en calzada tiene elementos de segregación física continua (Veredas y/o bordillos) o discontinua (Bolardos y tachones) del tráfico motorizado, se puede dar el caso que los elementos de segregación no se mantienen constantes en todo el subtramo de evaluación. - Cuando la ciclovía en calzada es de un solo carril: • El ancho de la vía de circulación es menor a 1.60 m. • El ancho de seguridad es menor de 0.60 m. - Cuando la ciclovía en calzada es de dos carriles: • El ancho de la vía de circulación es menor a 2.80 m. • El ancho de seguridad es menor de 0.60 m. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Para el caso especial, si la ciclovía tuviera anchos de vía mayores a 1.60 m o 2.80 m; para ciclovías de un solo carril y de dos carriles, respectivamente; y si los elementos de segregación no se mantienen constantes en todo el tramo de análisis, se considera el puntaje respectivo. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	2
	- La ciclovía en calzada tiene elementos de segregación física continua (Veredas y/o bordillos) o discontinua (Bolardos y tachones) del tráfico motorizado, se puede dar el caso que los elementos de segregación no se mantienen constantes en todo el subtramo de evaluación. - Cuando la ciclovía en calzada es de un solo carril: • El ancho de la vía de circulación es menor a 1.60 m. • El ancho de seguridad es inexistente. - Cuando la ciclovía en calzada es de dos carriles: • El ancho de la vía de circulación es menor a 2.80 m. • El ancho de seguridad es inexistente. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h. - Si la ciclovía se encontrara adyacente al mismo nivel de una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal deberá estar demarcada.	1

Nota. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista", por Municipalidad de Lima, 2017 (https://acortar.link/40IErx) y adaptado del Proyecto: "Manual para infraestructura ciclovial", por MTC, 2023b (https://acortar.link/KkFIVC).

1.4.3.2.3. Ciclocarril – No Segregado

La evaluación del subcriterio Ciclocarril (Siempre en sentido unidireccional) – No segregado, corresponde a la evaluación por subtramos de ciclovías del tipo y estándar propuesto. La evaluación se realiza por subtramos verificando características geométricas en sección transversal y aspectos de la operacional vehicular (Ver Tabla 14). Para determinar el puntaje calculado del subcriterio, que caracteriza al tramo de ciclocarril en evaluación; se realiza el promedio del puntaje de evaluación resultante por cada subtramo. Detallar si se evalúa el subcriterio Ciclocarril – No segregado, los valores de los puntajes calculados de los otros tres subcriterios pertenecientes al criterio: estándar y tipo de diseño

de las ciclovías, se consideran como 0. La caracterización geométrica de la sección vial de cada subtramo, es similar a lo detallado en ítem 1.4.3.2.1.

Tabla 14

Escala de calificación del subcriterio: Ciclocarril – No segregado

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Ciclocarril – No segregado	Si se cumplen todas las siguientes características: - El ancho del ciclocarril es de 1.80 m o más. - El ancho de seguridad es de 0.60 m o más. - El pavimento del ciclocarril está pintado de color rojo o verde, y el pintado del pavimento se encuentra en buen estado. - El carril vehicular adyacente al ciclocarril, tiene como regulación una velocidad máxima permitida a 30 km/h.	5
	Si se cumplen todas las siguientes características: - El ancho del ciclocarril tiene una medida entre 1.50 a 1.80 m. - El ancho de seguridad es de 0.60 m o más. - El pavimento del ciclocarril está pintado de color rojo o verde, y el pintado del pavimento se encuentra en buen estado. - El carril vehicular adyacente al ciclocarril, tiene como regulación una velocidad máxima permitida a 30 km/h.	4
	Si se cumplen todas las siguientes características: - El ancho del ciclocarril tiene una medida entre 1.50 a 1.80 m. - El ancho de seguridad es menor a 0.60 m. - El pavimento del ciclocarril está pintado de color rojo o verde, y el pintado del pavimento se encuentra en regular estado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 40 km/h.	3
	Si se cumplen todas las siguientes características: - El ancho del ciclocarril tiene una medida menor a 1.50 m. - El ancho de seguridad es menor a 0.60 m. - El pavimento del ciclocarril está pintado de color rojo o verde, y el pintado del pavimento se encuentra en un estado intermedio de regular a mal estado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado se encuentra entre 30 a 50 km/h.	2
	Si se cumplen todas las siguientes características: - El ancho del ciclocarril tiene una medida menor a 1.50 m. - El ancho de seguridad es menor a 0.60 m. - El pintado del pavimento del ciclocarril se encuentra en mal estado. - La velocidad máxima del tráfico motorizado es mayor a 50 km/h.	1

Nota. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista", por Municipalidad de Lima, 2017 (https://acortar.link/40IErx) y adaptado del "Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE - NORMA CE.030", por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014 (https://n9.cl/rqtrg).

1.4.3.2.4. Carril Compartido con Vehículos Motorizados – No Segregado

La evaluación del subcriterio Carril compartido con vehículos motorizados – No segregado, corresponde a la evaluación por subtramos de ciclovías del tipo y estándar propuesto. La evaluación se realiza por subtramos verificando características geométricas en sección transversal y aspectos de la operacional vehicular (Ver Tabla 15). Para determinar el puntaje calculado del subcriterio, que caracteriza al tramo de ciclovía en evaluación; se realiza el promedio del puntaje de evaluación resultante por cada subtramo. Detallar si se evalúa el subcriterio Carril compartido con vehículos motorizados – No segregado, los valores de los puntajes calculados de los otros tres subcriterios pertenecientes al criterio: estándar y tipo de diseño de las ciclovías, se consideran como 0. La caracterización geométrica de la sección vial de cada subtramo, es similar a lo detallado en ítem 1.4.3.2.1.

Tabla 15

Escala de calificación del subcriterio: Carril compartido con vehículos motorizados – No segregado

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Carril compartido con vehículos motorizados[a] – No segregado	- El sentido de circulación del tráfico motorizado y de los ciclistas es el mismo. - La vía permite una velocidad máxima del tráfico motorizado igual o menores a 30 km/h. - En la vía se detalla la marca del pavimento: Prioridad Ciclista (Para el puntaje respectivo, la marca debe evidenciarse en un buen estado de pintado). - Cuando la vía compartida es de un solo carril, se cumple la siguiente condición: • El ancho de la vía compartida es de 4.30 m o más. - Cuando se trata con vías compartidas con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido para el tránsito de bicicletas: • El ancho de la vía compartida es de 3.00 m a más. - La vía presenta elementos reductores de velocidad (Por ejemplo: Gibas). - Si se presenta marcas en el pavimento de señales de carril compartido (Tránsito de bicicletas y vehículos motorizados), prioridad ciclista y de zona 30. Las marcas del pavimento deberán estar en buen estado.	5
	- El sentido de circulación del tráfico motorizado y de los ciclistas es el mismo. - La vía permite una velocidad máxima del tráfico motorizado igual o menores a 30 km/h. - En la vía se detalla la marca del pavimento: Prioridad Ciclista (Para el puntaje respectivo, la marca debe evidenciarse en un buen estado de pintado). - Cuando la vía compartida es de un solo carril, se cumple la siguiente condición: • El ancho de la vía compartida está entre 4.00 m a 4.30 m. - Cuando se trata con vías compartidas con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido para el tránsito de bicicletas: • El ancho de la vía compartida está entre 2.70 m a 3.00 m. - La vía presenta elementos reductores de velocidad (Por ejemplo: Gibas).	4
	- El sentido de circulación del tráfico motorizado y de los ciclistas es el mismo. - La vía permite una velocidad máxima del tráfico motorizado igual o menores a 30 km/h. - En la vía se detalla la marca del pavimento: Prioridad Ciclista (Para el puntaje respectivo, la marca debe evidenciarse en un regular estado de pintado). - Cuando la vía compartida es de un solo carril, se cumple la siguiente condición: • El ancho de la vía compartida está entre 4.00 m a 4.30 m. - Cuando se trata con vías compartidas con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido para el tránsito de bicicletas: • El ancho de la vía compartida está entre 2.70 m a 3.00 m. - La vía presenta elementos reductores de velocidad (Por ejemplo: Gibas).	3
	- El sentido de circulación del tráfico motorizado y de los ciclistas es el mismo. - La vía permite una velocidad máxima del tráfico motorizado entre a 30 km/h a 40 km/h. - En la vía se detalla la marca del pavimento: Prioridad Ciclista (Para el puntaje respectivo, la marca debe evidenciarse en un estado intermedio entre mal a regular estado de pintado). - Cuando la vía compartida es de un solo carril, se cumple la siguiente condición: • El ancho de la vía compartida está entre 3.00 m a 4.00 m. - Cuando se trata con vías compartidas con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido para el tránsito de bicicletas: • El ancho de la vía compartida está entre 2.50 m a 2.70 m. - La vía no presenta elementos reductores de velocidad.	2
	- El sentido de circulación del tráfico motorizado y de los ciclistas es el mismo. - La velocidad máxima del tráfico motorizado es mayor a 50 km/h. - En la vía se detalla la marca del pavimento: Prioridad Ciclista (Para el puntaje respectivo, la marca debe evidenciarse en un mal estado de pintado). - Si es el caso, que por la vía se evidenciara un volumen considerable de ciclistas, pero no encuentra presenta la marca del pavimento prioridad del ciclista, no se podría realizar la evaluación. - Cuando la vía compartida es de un solo carril, se cumple la siguiente condición: • El ancho de la vía compartida está entre 3.00 m a 4.00 m. - Cuando se trata con vías compartidas con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido para el tránsito de bicicletas: • El ancho de la vía compartida está entre 2.50 m a 2.70 m. - La vía no presenta elementos reductores de velocidad.	1

Subcriterio	Descripción	Puntaje
	- Si se presentan las siguientes configuraciones que pongan en peligro evidente la salud, bienestar y seguridad del ciclista (Por ejemplo: Carril compartido ciclista con ciclovía segregada en contraflujo, carril compartido ciclista con ciclocarril en contraflujo o carriles compartidos ciclista en una misma dirección de flujo vehicular) se asigna el puntaje respectivo.	

Nota. Adaptado de "Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista", por Municipalidad de Lima, 2017 (https://acortar.link/40IErx) y adaptado del Proyecto: "Manual para infraestructura ciclovial", por MTC, 2023b (https://acortar.link/KkFIVC).
[a] La definición incluye para vías compartidas con vehículos motorizados [Específicamente en vías de carácter local o bajo volumen vehicular y velocidades iguales o inferiores a 30 km/h (MML, 2014)]

1.4.3.3. Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación)

1.4.3.3.1. Identificación de Puntos Críticos de Atropellamiento (PCA)

El subcriterio identificación de puntos críticos de atropellamiento distingue en el entorno de la infraestructura ciclista, los conflictos que se pueden dar con otros medios de transporte, por ejemplo: intersecciones viales, entrada/salida de estacionamiento de vehículos motorizados, paso de peatones, líneas de deseo peatonal, etc. La evaluación del subcriterio se hace por subtramos, se contabiliza todos los conflictos identificados de todos los subtramos, para posteriormente calcular una relación del número de conflictos identificados por kilómetro (Número de conflictos/Longitud de la ciclovía en análisis), el valor de la relación se ubica en la tabla de la escala de calificación del subcriterio (Tabla 16), y según su ubicación se asigna el puntaje respectivo en la evaluación de todo el tramo de la ciclovía en estudio.

Tabla 16

Escala de calificación del subcriterio: Identificación de puntos críticos de atropellamiento (PCA)

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Identificación de puntos críticos de atropellamiento (PCA)	Entre 1 a 10 PCA/km	5
	Entre 11 a 20 PCA/km	4
	Entre 21 a 30 PCA/km	3
	Entre 31 a 40 PCA/km	2
	Más de 40 PCA/km	1

Nota. Adaptado de "Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study", por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).

1.4.3.3.2. Presencia de Áreas de Ciclo Estacionamientos Seguros (ACES)

El subcriterio presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros identifica la existencia de estaciones para el posicionamiento de bicicletas a lo largo del tramo de análisis, y que se evidencie el resguardo constante de seguridad privada, serenos municipales o Policía Nacional; lo anterior promueve probablemente la decisión de realizar viajes en bicicleta y la sensación de seguridad de los usuarios al dejar sus bicicletas en ciclo estacionamientos seguros (UCR, 2015). Teniendo en cuenta del Manual de Cicloparqueaderos (MTC,

2023c), se construye la escala de calificación del subcriterio, evaluando el tipo de soporte del ciclo estacionamiento y la evidencia de presencia constante de policías o serenos. Para la evaluación del subcriterio se verifica la existencia de ciclo estacionamientos por subtramos, posteriormente se realiza una evaluación general de todo el tramo de la ciclovía en estudio. Si es el caso que, en el tramo de la ciclovía evaluada, no presentara áreas de ciclo estacionamientos, se asigna el valor de 0 al puntaje del subcriterio.

Tabla 17

Escala de calificación del subcriterio: Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros (ACES)

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	En el área de influencia de la ciclovía evaluada, se tiene al menos un ciclo estacionamiento del tipo de soporte de U INVERTIDA. Además, se evidencia la presencia constante de policías o serenos.	5
	En el área de influencia de la ciclovía evaluada, se tiene al menos un ciclo estacionamiento del tipo de soporte POSTE Y ANILLO. Además, se evidencia la presencia constante de policías o serenos.	4
	En la ciclovía evaluada, se tiene al menos un ciclo estacionamiento del tipo de soporte HORIZONTAL ALTO Y BAJO. Además, se evidencia la presencia constante de policías o serenos.	3
	En la ciclovía evaluada, se tiene al menos un ciclo estacionamiento del tipo de soporte ONDULANTE, PEINE, PERCHERO, APOYO DE RUEDA, O ESPIRAL. Además, se evidencia la presencia constante de policías o serenos.	2
	Si en la ciclovía evaluada, se evidencia cualquier tipo de soporte de ciclovía, pero si esta no se tiene una constante presencia de policías o serenos, se asigna el puntaje respectivo.	1

1.4.3.3.3. Cantidad de Obstáculos en la Ciclovía por Kilómetro

El subcriterio cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro identifica los obstáculos permanentes (Postes de concreto, postes de señales verticales, …) o temporales (Puestos de venta itinerantes, Autos o motos lineales mal estacionados, …) que se encuentran dentro de los ciclocarriles de circulación durante la inspección de la infraestructura. La evaluación del subcriterio se hace por subtramos, se contabiliza todos los obstáculos identificados de todos los subtramos, para posteriormente calcular una relación del número de obstáculos identificados por kilómetro (Número de obstáculos/Longitud de la ciclovía en análisis), el valor de la relación se ubica en la tabla de la escala de calificación del subcriterio (Tabla 18), y según su ubicación se asigna el puntaje respectivo en la evaluación de todo el tramo de la ciclovía en estudio.

Tabla 18

Escala de calificación del subcriterio: Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Cantidad de obstáculos en la ciclovía	La ciclovía no tiene ningún obstáculo a lo largo del tramo evaluado.	5
	Si el tramo evaluado de la ciclovía presenta de uno a cinco obstáculos por kilómetro, se asigna el puntaje respectivo.	4
	Si el tramo evaluado de la ciclovía presenta de seis a diez obstáculos por kilómetro, se asigna el puntaje respectivo.	3

Subcriterio	Descripción	Puntaje
por kilómetro	Si el tramo evaluado de la ciclovía presenta de once a quince obstáculos por kilómetro, se asigna el puntaje respectivo.	2
	Si el tramo evaluado de la ciclovía presenta más de dieciséis obstáculos por kilómetro del tramo evaluado, se asigna el puntaje respectivo.	1

Nota. Adaptado de "Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study", por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).

1.4.3.3.4. Estado del Pavimento de la Ciclovía

El subcriterio estado del pavimento de la ciclovía, busca caracterizar el estado actual de la superficie de rodadura de la ciclovía en análisis. La evaluación del subcriterio se realiza por subtramos teniendo en consideración la escala subjetiva de calificación del subcriterio (Tabla 19), la cual proporciona diferentes descripciones de cómo se podría encontrar superficie de rodadura (SR) del pavimento en evaluación, teniéndose en cuenta el tipo de material de la SR. El puntaje calculado para la evaluación del nivel de seguridad vial de la ciclovía, se determina a partir del promedio de los puntajes obtenidos de la evaluación de los subtramos.

Tabla 19

Escala de calificación del subcriterio: Estado del pavimento de la ciclovía

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Estado del pavimento de la ciclovía	Ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto asfáltico o concreto hidráulico se presenta como relativamente nueva o casi nueva, libre de fisuras y parches.	5
	Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto asfáltico pueden presentar evidencia de hundimientos y fisuras leves. Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto hidráulico pueden presentar evidenciar fisuras leves o fallas de peladuras leves.	4
	Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto asfáltico pueden presentar baches y parches extensos. Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto hidráulico pueden presentar algunas fracturas en las juntas y/o fisuras. Si la superficie de rodadura de la ciclovía está compuesta de adoquines en buen estado, se adoptará un puntaje respectivo.	3
	Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto asfáltico pueden presentar deterioros en más del 50% de su superficie. Las ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto hidráulico presentan deterioros como desprendimientos de partículas finas y gruesas, parcheo y agrietamiento en las juntas. Si la superficie de rodadura de la ciclovía está compuesta de adoquines en regular estado, se adoptará un puntaje respectivo.	2
	Ciclovías con una superficie de rodadura de material de concreto asfáltico o concreto hidráulico pueden presentar deterioros en más del 75% de su superficie. Si la superficie de rodadura de la ciclovía está compuesta de adoquines en regular mal, se adoptará un puntaje respectivo.	1

Nota. Adaptado de "HCM 2010 Highway Capacity Manual", por Junta de Investigación de Transporte (TRB), 2010 (https://www.nationalacademies.org/trb/transportation-research-board).

1.4.3.3.5. Estado de la Señalización Horizontal y Vertical

Por la complejidad y diversidad de elementos de evaluación de este subcriterio, primero se tiene que realizar una evaluación preliminar.

Tabla 20

Evaluación preliminar para el estado de la señalización horizontal y vertical

Estado	Señalización vertical	Marcas en el pavimento			Semaforización	Dispositivos de control del tráfico vehicular[a]
	Señales de reglamentación (Por ejemplo: R-42, R-42A, R-42B, R-42C, R-58[a] y 58B)	Señales de prevención (Por ejemplo: P-46, P-46A, P-46B, P-48, P-48A, P-48-B)	Líneas de superficie de rodadura de la ciclovía	Marcas en el pavimento de paso de ciclista y flechas de sentido de circulación	Intersecciones y/o carriles (En carriles o vías compartidas con vehículos motorizados)	Marcas elevadas en el pavimento (Tachones o bordillos) y delineadores elevados (bolardos)
Bueno	3 puntos		3 puntos		3 puntos	3 puntos
	La señalización vertical se encuentra en estado óptimo de conservación y no se presentan modelos antiguos de señalización vertical.		Las marcas en el pavimento son notables (Buen color y configuración) en el sub tramo de evaluación.		El subtramo de evaluación presenta semaforización exclusiva para ciclistas, todas las luces se encuentran activas y su percepción es notable a los ciclistas.	Los dispositivos de control del tráfico vehicular se evidencian en buenas condiciones y están presentes totalmente a lo largo del subtramo de evaluación.
Regular	2 puntos		2 puntos		2 puntos	2 puntos
	La señalización vertical evidencia poco mantenimiento (Por ejemplo: Señales sucias, desgastadas por el tiempo y clima, con pegatinas o grafitis), pero aun así son perceptibles en su función. Se pueden presentar modelos antiguos de señalización vertical.		Las marcas en el pavimento se encuentran desgastadas por la misma operación, tiempo y clima, pero son perceptibles en su función.		El subtramo de evaluación presenta semaforización exclusiva para ciclistas en regular estado, esto implica que los semáforos se encuentran activos; sin embargo, existe la posibilidad que algunas luces no estén funcionando correctamente o que la visibilidad del semáforo no sea perceptible para los ciclistas ciclista.	Los dispositivos de control del tráfico vehicular se encuentran en regulares condiciones y presentes predominantemente a lo largo del sub tramo de evaluación.
Malo	1 punto		1 punto		1 punto	1 puntos
	La señalización vertical se encuentra incompleta (rota parcialmente) o no es perceptible a los ciclistas.		Las marcas en el pavimento son poco perceptibles (Despintadas) o imperceptibles en algunos casos.		Existe semáforo para ciclistas, pero no se encuentra en funcionamiento.	Los dispositivos de control del tráfico vehicular se encuentran en mal estado, esto implica que la señalización se encuentra incompleta (Dañada parcialmente), y/o su presencia es escasa.
Inexistente	Sin puntaje (0)		Sin puntaje (0)		Sin puntaje (0)	
	Se evidencia la no existencia de señalización vertical en el subtramo de evaluación.		Se evidencia la ausencia de marcas en el pavimento a lo largo del subtramo de evaluación.		Se evidencia la ausencia de semáforos en el subtramo de evaluación.	No aplicaría, si la ciclovía está segregada por veredas o espacios verdes.

[a] Solo entra en la evaluación para Ciclovías en calzada – Físicamente segregadas.

La evaluación preliminar corresponde a caracterizar el estado actual de la señalización vertical, marcas en el pavimento, semaforización y para el caso especial de Ciclovías en calzada – Físicamente segregadas, los dispositivos de control del tráfico vehicular; según corresponda. La consideración de la evaluación preliminar (Tabla 20) se deberá dar por subtramos, donde se obtiene un valor que es resultado de la suma de puntos de la evaluación del estado de los elementos antes detallados. Posteriormente se ubica la suma calculada en la escala de calificación del subcriterio (Ver Tabla 21), asignando el puntaje

respectivo para el subtramo. Obtenidos los puntajes de cada subtramo, se tiene a calcular el puntaje calculado; representativo para todo el tramo de la ciclovía en evaluación; que vendría a ser el promedio de puntajes obtenidos de cada subtramo.

Tabla 21

Escala de calificación del subcriterio: Estado de la señalización horizontal y vertical

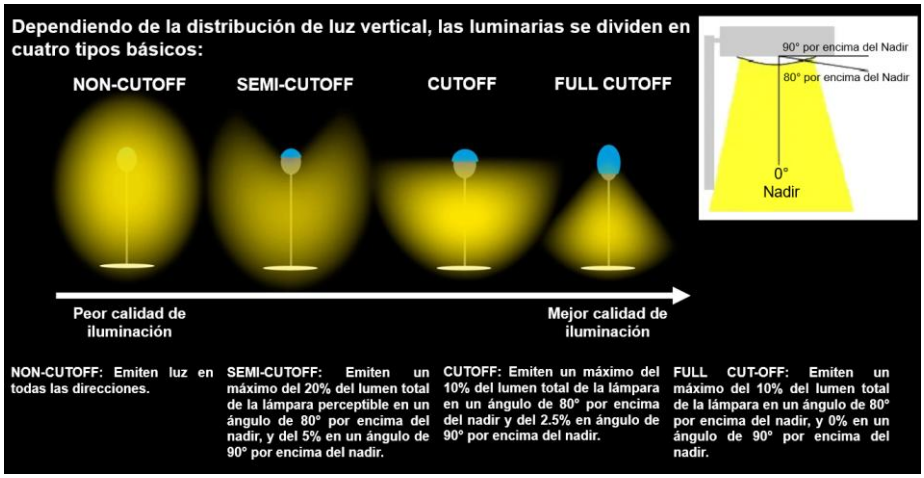
Subcriterio	Descripción		Puntaje
	Evaluación común	Para el caso particular de Ciclovías en calzada – Físicamente segregadas	
Estado de la señalización horizontal y vertical	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 16 a 18 se asigna el puntaje respectivo.	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 20 a 21 se asigna el puntaje respectivo.	5
	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 12 a 15 se asigna el puntaje respectivo.	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 15 a 19 se asigna el puntaje respectivo.	4
	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 8 a 11 se asigna el puntaje respectivo.	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 10 a 14 se asigna el puntaje respectivo.	3
	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 4 a 7 se asigna el puntaje respectivo.	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 5 a 9 se asigna el puntaje respectivo.	2
	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 0 a 3 se asigna el puntaje respectivo.	Si de la evaluación preliminar se obtiene un puntaje entre 0 a 4 se asigna el puntaje respectivo.	1

1.4.3.3.6. Calidad de la Iluminación de la Ciclovía

El subcriterio calidad de la iluminación de la ciclovía busca caracterizar el estado actual de la iluminación que se brinda al tramo de ciclovía en análisis. La evaluación del subcriterio se realiza por subtramos teniendo en consideración la propuesta de escala subjetiva de calificación (Ver Tabla 22). La escala de calificación del subcriterio se construye a partir de consideraciones de mejor a peor calidad de iluminación por tipo de luminaria (Figura 2).

Figura 2

Consideraciones de mejor a peor calidad de iluminación por tipo de luminaria



Nota. La figura muestra consideraciones de mejor a peor calidad de iluminación por tipo de luminaria, para postes de luz. Adaptado de “Iluminación LED exterior”, por Premium Light Pro, 2022 (https://acortar.link/aZ8Jni).

Evaluado el tipo predominante de luminarias de los postes de alumbrado público por cada subtramo, y habiéndose determinado el puntaje respectivo, se tiene a determinar el puntaje calculado del subcriterio; el cual es representativo para todo el tramo de la ciclovía en evaluación; como el promedio de puntajes obtenidos de cada subtramo.

Tabla 22

Escala de calificación del subcriterio: Calidad de la iluminación de la ciclovía

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Calidad de la iluminación de la ciclovía	De la inspección realizada a la ciclovía, se observa que predominantemente las luminarias de los postes de alumbrado público son del tipo full cutoff	5
	De la inspección realizada a la ciclovía, se observa que predominantemente las luminarias de los postes de alumbrado público son del tipo cutoff	4
	De la inspección realizada a la ciclovía, se observa que predominantemente las luminarias de los postes de alumbrado público son del tipo semi-cutoff	3
	De la inspección realizada a la ciclovía, se observa que predominantemente las luminarias de los postes de alumbrado público son del tipo non-cutoff	2
	De la inspección realizada a la ciclovía, se observa la no existencia de iluminación en la ciclovía	1

1.4.3.4. Bicicleta (Vehículo)

1.4.3.4.1. Ciclistas que le han Hecho Mantenimiento a su Bicicleta

El subcriterio, ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta busca conocer el último periodo en que los ciclistas realizaron mantenimiento mecánico a sus bicicletas. Para lo cual se hace consultas a los ciclistas a través de encuestas (Anexo 5), utilizando el método de la escala de Likert, siendo así que un periodo menor al último mantenimiento mecánico hecho a la bicicleta contribuye en buena medida a la determinación de un buen nivel de seguridad de la ciclovía. En la Tabla 23 se muestra la escala de calificación del subcriterio.

Tabla 23

Escala de calificación del subcriterio: Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta

Subcriterio	Descripción	Puntaje
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva.	5
	Al menos una vez, en los últimos tres meses.	4
	Al menos una vez, en los últimos seis meses.	3
	Al menos una vez, en el último año.	2
	Hace más de un año.	1

Nota. Adaptado de “Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study”, por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).

El valor del puntaje calculado del subcriterio corresponderá a la suma de los productos de los porcentajes de las frecuencias absolutas obtenidas de las respuestas por su correspondiente puntaje asignado por la escala de Likert.

1.4.3.4.2. Bicicletas con Elementos Perceptivos

El subcriterio bicicletas con elementos perceptivos, identifica mediante inspecciones visuales hechas a los ciclistas encuestados para la misma investigación y a la bicicleta del mismo, el número elemento perceptivos (Ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras, timbre o bocina) que puede llevar el usuario o tener la bicicleta. Hecha la identificación del número de elementos perceptivos por ciclista, se establece el puntaje respectivo según la escala de calificación del subcriterio (Tabla 24). El valor del puntaje calculado del subcriterio; representativo para todo el tramo de la ciclovía en evaluación; corresponderá a la suma de los productos de los porcentajes de las frecuencias absolutas obtenidas de las respuestas por su correspondiente puntaje asignado.

Tabla 24

Escala de calificación del subcriterio: Bicicletas con elementos perceptivos

Subcriterio	Descripción	Puntaje[a]
Bicicletas con elementos perceptivos	De la inspección visual, se observa los siguientes elementos perceptivos que puede llevar el ciclista o tener la bicicleta: Se observa que el ciclista usa ropa retrorreflejante que le permite ser perceptible, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras y timbre o bocina; se asigna el puntaje respectivo.	5
	De la inspección visual, se observa los siguientes elementos perceptivos que puede llevar el ciclista o tener la bicicleta: Se observa que el ciclista usa ropa retrorreflejante que le permite ser perceptible, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras y timbre o bocina; si se observan cuatro de los cinco elementos perceptivos, se asigna el puntaje respectivo.	4
	De la inspección visual, se observa los siguientes elementos perceptivos que puede llevar el ciclista o tener la bicicleta: Se observa que el ciclista usa ropa retrorreflejante que le permite ser perceptible, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras y timbre o bocina; si se observan tres de los cinco elementos perceptivos, se asigna el puntaje respectivo.	3
	De la inspección visual, se observa los siguientes elementos perceptivos que puede llevar el ciclista o tener la bicicleta: Se observa que el ciclista usa ropa retrorreflejante que le permite ser perceptible, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras y timbre o bocina; si se observan dos de los cinco elementos perceptivos, se asigna el puntaje respectivo.	2
	De la inspección visual, se observa los siguientes elementos perceptivos que puede llevar el ciclista o tener la bicicleta: Se observa que el ciclista usa ropa retrorreflejante que le permite ser perceptible, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras y timbre o bocina; si se observan uno de los cinco elementos perceptivos, se asigna el puntaje respectivo.	1

Nota. Adaptado de “Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study”, por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).
[a] Si fuera el caso que no se identificase ningún elemento perceptivo, se asigna el puntaje de 0.

1.4.3.4.3. Bicicletas con Accesorios Auxiliares

El subcriterio bicicletas con accesorios auxiliares, identifica mediante inspecciones visuales hechas a las bicicletas de los ciclistas encuestados para la misma investigación, el número con accesorios auxiliares (Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, Cesto o portabotellas) presentes en la bicicleta del encuestado. Hecha la identificación del número de accesorios auxiliares por bicicleta de cada ciclista, se establece el puntaje respectivo según la escala de calificación del subcriterio (Tabla 25). El valor del puntaje calculado del subcriterio; representativo para

todo el tramo de la ciclovía en evaluación; corresponderá a la suma de los productos de los porcentajes de las frecuencias absolutas obtenidas de las respuestas por su correspondiente puntaje asignado.

Tabla 25

Escala de calificación del subcriterio: Bicicletas con accesorios auxiliares

Subcriterio	Descripción	Puntaje[a]
Bicicletas con accesorios auxiliares	De la inspección visual, se observa los siguientes accesorios auxiliares presentes en la bicicleta del encuestado: Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, y Cesto o portabotellas; si se observan los cinco accesorios auxiliares, se asigna el puntaje respectivo.	5
	De la inspección visual, se observa los siguientes accesorios auxiliares presentes en la bicicleta del encuestado: Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, y Cesto o portabotellas; si se observan los cuatro de los cinco accesorios auxiliares, se asigna el puntaje respectivo.	4
	De la inspección visual, se observa los siguientes accesorios auxiliares presentes en la bicicleta del encuestado: Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, y Cesto o portabotellas; si se observan los tres de los cinco accesorios auxiliares, se asigna el puntaje respectivo.	3
	De la inspección visual, se observa los siguientes accesorios auxiliares presentes en la bicicleta del encuestado: Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, y Cesto o portabotellas; si se observan los dos de los cinco accesorios auxiliares, se asigna el puntaje respectivo.	2
	De la inspección visual, se observa los siguientes accesorios auxiliares presentes en la bicicleta del encuestado: Espejos retrovisores, Repuesto de cámara de llanta para bicicleta, Inflador de llantas, Suspensión, y Cesto o portabotellas; si se observan los uno de los cinco accesorios auxiliares, se asigna el puntaje respectivo.	1

Nota. Adaptado de "Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study", por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).
[a] Si fuera el caso que no se identificase ningún accesorio auxiliar, se asigna el puntaje de 0.

1.4.4. Valor del Índice de Prioridad Global Modificado

Después de detallar las escalas de calificación y la forma de cálculo de los puntajes de los subcriterios de evaluación, se tienen a mencionar que para el caso de los valores de los puntajes calculados (a_{21}, a_{22}, a_{23} y a_{24}) de los subcriterios correspondientes al criterio 2, cuando uno de ellos tome un valor diferente de 0, los otros tres tomarán el valor de 0, ya que por la naturaleza de la misma evaluación, para un tramo de ciclovía corresponderá solamente a un tipo y estándar definido (Similares atributos); no optándose la posibilidad de evaluar los otros subcriterios restantes, ya que otro tipo y estándar de ciclovía, no correspondería, es así que la Ecuación 13, cambia tomando la siguiente expresión.

$$IPG = C_1 \times (SC_{11} \times a_{11} + SC_{12} \times a_{12} + SC_{13} \times a_{13} + SC_{14} \times a_{14} + SC_{15} \times a_{15} + SC_{16} \times a_{16}) + C_2 \times (SC_{21} \times a_{21} + SC_{22} \times a_{22} + SC_{23} \times a_{23} + SC_{24} \times a_{24}) + C_3 \times (SC_{31} \times a_{31} + SC_{32} \times a_{32} + SC_{33} \times a_{33} + SC_{34} \times a_{34} + SC_{35} \times a_{35} + SC_{36} \times a_{36}) + C_4 \times (SC_{41} \times a_{41} + SC_{42} \times a_{42} + SC_{43} \times a_{43}) \quad (15)$$

Donde:

Sí a_{21} es ≠ 0, a_{22}, a_{23} y a_{24} serán = 0; sí a_{22} es ≠ 0, a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0; sí a_{23} ≠ 0, a_{21}, a_{22} y a_{24} serán = 0; y sí a_{24} ≠ 0, a_{21}, a_{22} y a_{23} serán = 0 ($Ecuación\ 15$)

De lo anterior, el IPG no tomaría un valor máximo de 5 para la evaluación, si no se tendría un valor máximo de índice de prioridad global ($IPG_{Máximo}$) inferior a 5, el cual estaría en función principalmente del valor obtenido del peso del criterio 2 y del máximo de peso obtenido entre los subcriterios del criterio 2.

1.4.5. Casos de Estudio

Según la Gerencia de Movilidad Urbana de la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML, 2024), a noviembre de 2023, Lima Metropolitana cuenta con 332.43 kilómetros de ciclovías en 34 distritos, de las cuales 232.96 km se encuentran en vías metropolitanas y 99.47 km en vías locales. En Lima Centro se concentra más del 50% de toda la infraestructura ciclista de Lima Metropolitana, siendo en cada uno de los distritos de: San Borja, Lima Cercado, San Isidro, Miraflores y San Miguel, la red ciclista mayor a 20 km. En Lima Norte, San Martín de Porres (SMP) es el distrito donde se encuentra el mayor número de kilómetros de ciclovías (20.25 km). En Lima Este los distritos de La Molina y San Juan de Lurigancho (SJL) abarcan más del 70% de la red vial de esta zona de Lima y en Lima Sur el distrito de Chorrillos es el distrito con más kilómetros de ciclovías, seguido por el distrito de Villa El Salvador.

Tabla 26

Cuadro de kilómetros de ciclovías por distrito en Lima Metropolitana

Zona	Distrito	km	Zona	Distrito	km
Lima Centro	Barranco	8.67	**Lima Sur**	Chorrillos	18.05
	Breña	0.10		Lurín	7.79
	Jesús María	13.61		Pachacamac	1.88
	La Victoria	6.14		Pucusana	0.00
	Lima Cercado	22.79		Punta Hermosa	6.23
	Lince	5.81		Punta Negra	5.60
	Magdalena del Mar	9.71		San Bartolo	2.56
	Miraflores	20.41		San Juan de Miraflores	5.39
	Pueblo Libre	8.28			
	Rímac	5.92		Santa María del Mar	0.10
	San Borja	28.40			
	San Isidro	24.35		Villa El Salvador	16.12
	San Miguel	20.33			
	Santiago de Surco	13.35		Villa María del Triunfo	0.29
	Surquillo	3.77			
	Sub Total	**191.64**		Sub Total	**64.01**
Lima Norte	Ancón	0.00	**Lima Este**	Ate Vitarte	6.38
	Carabayllo	0.00		Chaclacayo	0.00
	Comas	0.00		Cieneguilla	0.00
	Los Olivos	6.73		El Agustino	0.76
	Independencia	3.12		La Molina	22.60
	Puente Piedra	0.00		Lurigancho Chosica	0.00
	San Martín de Porres	20.25		San Juan de Lurigancho	11.66
	Santa Rosa	0.00		San Luis	0.85
				Santa Anita	4.43
	Sub Total	**30.10**		Sub Total	**46.68**

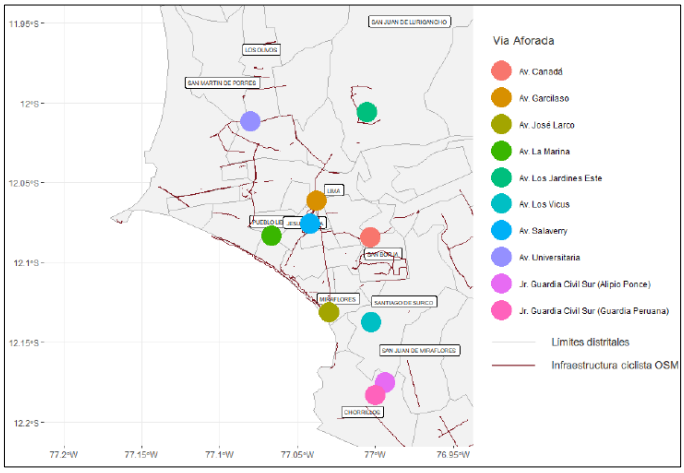
Nota. Adaptado de "Ciclovías Existentes en Lima Metropolitana", por MML, 2024 (https://acortar.link/W8s9sN).

La Dirección de Seguridad Vial del MTC (MTC, 2022) presentó el reporte "Patrones de Movilidad Ciclista en Lima Metropolitana", en el cual se analizan los volúmenes de ciclistas

que transitan por diez avenidas importantes de la ciudad de Lima Metropolitana (Ver Figura 3). El estudio incluyó un recuento de ciclistas en ambos sentidos de circulación.

Figura 3

Distribución geoespacial de diez avenidas importantes de Lima Metropolitana



Nota. La figura muestra la ubicación de aforos de tráfico motorizado y no motorizado realizados en distintas vías de Lima Metropolitana. De “Patrones de Movilidad Ciclista en Lima Metropolitana”, por Transis Intra, 2022 (https://acortar.link/Y6iEnA).

A partir del estudio en mención, en la Tabla 27 se muestran los volúmenes de ciclistas por hora pico de la mañana, tarde y noche identificados en 10 avenidas principales de Lima Metropolitana.

Tabla 27

Volumen de ciclistas en 10 avenidas de Lima Metropolitana

Avenida	Turno	Bicicletas	Avenida	Turno	Bicicletas
Av. Universitaria	Mañana	102	Av. La Marina	Mañana	154
	Tarde	51		Tarde	76
	Noche	204		Noche	169
Av. Canadá	Mañana	88	Av. Larco	Mañana	60
	Tarde	57		Tarde	67
	Noche	118		Noche	114
Av. Garcilaso de la Vega	Mañana	323	Av. Los Jardines	Mañana	12
	Tarde	157		Tarde	13
	Noche	540		Noche	25
Av. Guardia Civil Norte (Alipio Ponce)	Mañana	67	Av. Los Vicus	Mañana	17
	Tarde	33		Tarde	11
	Noche	54		Noche	23
Av. Guardia Civil Sur (Guardia Peruana)	Mañana	86	Av. Salaverry	Mañana	124
	Tarde	48		Tarde	76
	Noche	73		Noche	170

Nota. Adaptado de “Patrones de Movilidad Ciclista en Lima Metropolitana”, por Transis Intra, 2022 (https://acortar.link/Y6iEnA).

A partir de la Tabla 27, se detalla que, en las Avenidas Universitaria, Garcilaso de la Vega y Guardia Civil (Guardia Peruana) se presenta un número importante de volumen de ciclistas, principalmente en sus horas picos de la mañana y noche.

1.4.5.1. Selección de Ciclovías de Estudio

Habiéndose detallado la situación actual de las ciclovías en Lima Metropolitana y haber brindado datos acerca de volúmenes de ciclistas que circulan por diez principales vías de Lima Metropolitana, se tiene a seleccionar cinco ciclovías para utilizarlas como caso de estudio en la aplicación de la herramienta multi-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana:

Para Lima Centro por ser la zona de Lima Metropolitana donde se concentra el mayor número de kilómetros de ciclovías, se seleccionan dos ciclovías para análisis: la primera ciclovía seleccionada se encuentra entre las Avenidas Garcilaso de la Vega y Arequipa en el tramo comprendido entre la Av. 9 de diciembre y Calle Manuel Corpancho en Lima Cercado, este tramo de ciclovía se selecciona debido a que concentra un número importante de ciclistas; y la segunda ciclovía seleccionada, corresponde a la Av. Arequipa, tramo comprendido entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo en Miraflores, se selecciona esta ciclovía debido a que se tiene previo conocimiento que la infraestructura ciclista presenta óptimas condiciones de seguridad vial (Aste et al., 2020).

Para Lima Norte se selecciona las ciclovías de la Av. Universitaria (Dos ciclovías unidireccionales por sentido de circulación) para el tramo ubicado entre la Av. Germán Aguirre y la Av. Angélica Gamarra en SMP.

En Lima Sur se selecciona la ciclovía de la Av. Guardia Civil, para el tramo ubicado entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas en Chorrillos, la Av. Guardia Civil es una de las principales avenidas de Lima Sur por concentrarse importantes comercios.

Por último, en Lima Este se selecciona analizar la ciclovía de la Av. Los Jardines Este, en el tramo comprendido entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera en SJL.

Tabla 28

Ciclovías seleccionadas para casos de estudio

Ciclovías de caso de estudio
a) Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega – Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) – Distrito de Lima Cercado – Lima Centro. Longitud de la ciclovía: 0.764 km.

Ciclovías de caso de estudio

b) Ciclovía de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) – Distrito de Miraflores – Lima Centro. Longitud de la ciclovía: 1.031 km.

c) Ciclovías de la Av. Universitaria (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra) – Distrito de San Martín de Porres – Lima Norte. La longitud de la ciclovía en el sentido de Norte a Sur es de 1.539 km y de Sur a Norte 1.526 km.

d) Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) – Distrito de Chorrillos – Lima Sur. Longitud de la ciclovía: 1.473 km.

e) Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) – Distrito de San Juan de Lurigancho – Lima Este. Longitud de la ciclovía: 1.365 km.

Nota. Elaborado a partir de Google Earth, s.f-a (https://www.google.es/intl/es/earth/index.html).

1.4.5.2. Aplicación de Encuestas de Intercepción de Viaje a los Ciclistas

Con el fin de conocer las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas, así mismo también sus percepciones acerca de la infraestructura ciclista referente a la seguridad vial, se tiene a aplicar encuestas de intercepción de viaje a los usuarios que transitan por las ciclovías seleccionadas como casos de estudio, utilizando el formato que se muestra en el Anexo 5.

El número de encuestas (Tabla 29) se establece a partir de la selección de una muestra de la población actual (La cual fue calculada a partir de los datos del volumen de ciclistas del turno mañana mostrados en la Tabla 27 y actualizada con una tasa de crecimiento general del volumen de ciclistas de 0.5%, ver ítem 1.1.1.), y adoptándose un nivel de confianza del 95% y margen de error del 8% (Para el presente estudio, siempre para la evaluación de cada ciclovía en estudio, se trató de minimizar el error propuesto). El número de encuestas propuestas a realizar, fue calculado a partir de la fórmula para el tamaño óptimo en poblaciones finitas (Martínez, 2012).

$$n = \frac{Z^2NPQ}{(N-1)E^2 + Z^2PQ} \tag{16}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de la Población o Universo.

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (Que para 95%, Z es igual 1.96).

E = Error de estimación máximo aceptado (8%).

P = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (50%).

Q = (1-P) = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (50%).

Detallar que, para el cálculo del número de muestras de la población, se optó por considerar el volumen de ciclistas que circulan por el turno mañana, ya que se establecería con mayor claridad los porcentajes de distribución por propósito de viaje; que son principalmente por trabajo o estudio en Lima Metropolitana. Si bien de los datos mostrados en la Tabla 27 detalla que el mayor volumen de ciclistas se concentrado en vías por el turno noche, la aplicación de encuestas en ese horario no sería el adecuado, ya que el porcentaje de distribución por propósito de viaje no sería representativo, y se tendría que la mayor parte de la población muestreada estaría de regreso a sus hogares.

Tabla 29

Cálculo del número de encuestas

Ciclovía	Volumen de ciclistas – Turno Mañana 2022	Tasa de crecimiento r	Volumen de ciclistas calculado – Turno Mañana 2024 $V_{2024}=V_{2022}*(1+r)^{(2024-2022)}$	Nivel de confianza	Margen de error	N° de encuestas
Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa	323	0.5%	326	95%	8%	104
Av. Guardia Civil	86	0.5%	87	95%	8%	56
Av. Universitaria	102	0.5%	103	95%	8%	62
Av. Jardines Este	12	0.5%	12	95%	8%	12 (70)[a]

[a] De lo mostrado en la Tabla 29, para el caso de la ciclovía en Av. Jardines Este el número de encuestas a realizar se calcula en 12, pero para motivos de la presente investigación, se establece que el número de encuestas necesarias para encontrar una buena representatividad de respuestas sería de 70 encuestas.

Detallar que, para la evaluación de la ciclovía de Av. Arequipa en Miraflores y de lo mostrado en la Tabla 27, no se tiene referencia del volumen de ciclistas; para lo cual se realizó un aforo del volumen de ciclistas que circulan en ambos sentidos por la Av. Arequipa, antes de entrar al Óvalo Miraflores. El aforo se dio el 19 de marzo de 2024 entre las 7:00 y 8:30 horas de la mañana, los resultados son mostrados en Tabla 30, donde se detalla que el mayor flujo de ciclistas se dio entre las 7:30 a 8:30 horas de la mañana.

Tabla 30

Flujo de ciclistas

Hora cada 15 minutos	Cantidad de ciclistas (Considerando circulación de ida y vuelta)	Flujo de ciclistas por hora
7:00 – 7:15	45	-
7:15 – 7:30	62	-
7: 30 – 7:45	73	-
7: 45 – 8:00	71	249
8:00 – 8:15	82	285
8:15 – 8:30	**89**	**311**

Es así que, para la evaluación de la ciclovía de la Av. Arequipa, para el tramo comprendido entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo, se tendría que realizar 102 encuestas (N = 311, Nivel de confianza del 95% y margen de error del 8%).

Por último, mencionar que, para determinar la fiabilidad la consistencia interna de las diversas preguntas (ítem) formuladas en la encuesta de intercepción de viaje a los ciclistas, se utiliza la medida estadística del Alfa de Cronbach, donde un valor mayor igual a 0.70 se puede considerar que los ítems de la escala tienen consistencia interna aceptable (Rezaei et al., 2023).

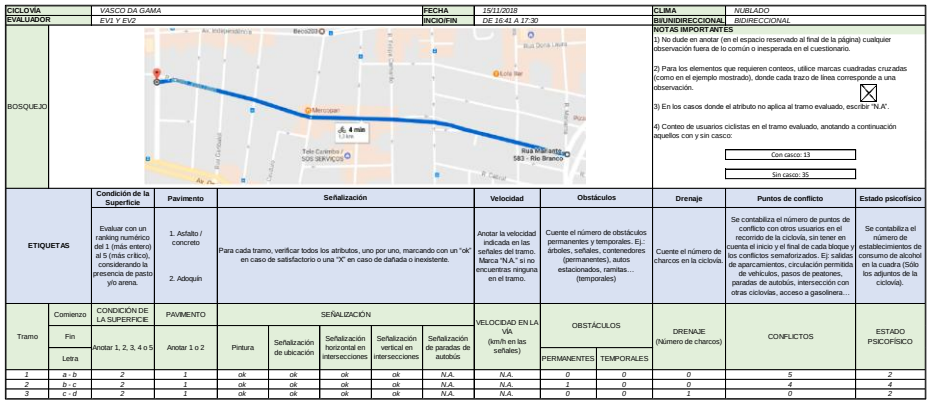
1.4.5.3. Evaluación de la Infraestructura Ciclista Segura

Para la evaluación de los criterios: estándar y tipo de diseño de las ciclovías y Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación), se propone utilizar el Formato de Evaluación de

Infraestructura Ciclista Segura, el cual se muestra en el Anexo 6. El formato de evaluación es realizado en base a lo presentado por Ruiz-Padillo et al. (2021) en su investigación denominada "*Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study*", el cual es un estudio de similares características al presente.

Figura 4

Formato de evaluación



CICLOVÍA	VASCO DA GAMA					FECHA	15/11/2018			CLIMA	NUBLADO		
EVALUADOR	EV1 Y EV2					INCIO/FIN	DE 16:41 A 17:30			BI/UNIDIRECCIONAL	BIDIRECCIONAL		
BOSQUEJO										NOTAS IMPORTANTES: 1) No dude en anotar (en el espacio reservado al final de la página) cualquier observación fuera de lo común o inesperada en el cuestionario. 2) Para los elementos que requieren conteos, utilice marcas cuadradas cruzadas (como en el ejemplo mostrado), donde cada trazo de línea corresponde a una observación. ☒ 3) En los casos donde el atributo no aplica al tramo evaluado, escribir "N.A". 4) Conteo de usuarios ciclistas en el tramo evaluado, anotando a continuación aquellos con y sin casco: Con casco: 13 Sin casco: 35							
ETIQUETAS		Condición de la Superficie	Pavimento	Señalización			Velocidad	Obstáculos		Drenaje	Puntos de conflicto	Estado psicofísico	
		Evaluar con un ranking numérico del 1 (más entero) al 5 (más crítico), considerando la presencia de pasto y/o arena.	1. Asfalto / concreto 2. Adoquín	Para cada tramo, verificar todos los atributos, uno por uno, marcando con un "ok" en caso de satisfactorio o una "X" en caso de dañada o inexistente.			Anotar la velocidad indicada en las señales del tramo. Marca "N.A." si no encuentras ninguna en el tramo.	Cuente el número de obstáculos permanentes y temporales. Ej.: árboles, señales, contenedores (permanentes), autos estacionados, ramitas… (temporales)		Cuente el número de charcos en la ciclovía	Se contabiliza el número de puntos de conflicto con otros usuarios en el recorrido de la ciclovía, sin tener en cuenta el inicio y el final de cada bloque y los conflictos semaforizados. Ej: salidas de aparcamientos, circulación permitida de vehículos, pasos de peatones, paradas de autobús, intersección con otras ciclovías, acceso a gasolinera…	Se contabiliza el número de establecimientos de consumo de alcohol en la cuadra (Sólo los adjuntos de la ciclovía).	
Tramo	Comienzo	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	PAVIMENTO	SEÑALIZACIÓN					VELOCIDAD EN LA VÍA (km/h en las señales)	OBSTÁCULOS		DRENAJE (Número de charcos)	CONFLICTOS	ESTADO PSICOFÍSICO
	Fin	Anotar 1, 2, 3, 4 o 5	Anotar 1 o 2	Pintura	Señalización de ubicación	Señalización horizontal en intersecciones	Señalización vertical en intersecciones	Señalización de paradas de autobús		PERMANENTES	TEMPORALES			
	Letra													
1	a - b	2	1	ok	ok	ok	ok	N.A.	N.A.	0	0	0	5	2
2	b - c	2	1	ok	ok	ok	ok	N.A.	N.A.	1	0	0	4	4
3	c - d	2	1	ok	ok	ok	ok	N.A.	N.A.	0	0	1	0	2

Nota. En el formato de evaluación se denotan subcriterios de evaluación similares al presente estudio, tales como: Estado de la superficie del pavimento, señalización horizontal y vertical, identificación de obstáculos en la ciclovía, identificación de puntos de conflicto, entre otros. De "Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study", por Ruiz-Padillo et al., 2021 (https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018).

1.4.5.4. Diagnóstico

Determinado todos los puntajes calculados de los subcriterios en evaluación, estos se reemplazan en la ecuación 15, el valor calculado ($IPG_{Calculado}$) se dividirá entre el $IPG_{Máximo}$, posteriormente haciendo la conversión de la relación a porcentaje (Ecuación 17), se determinará la catalogación del nivel de seguridad vial correspondiente de la infraestructura ciclista evaluada, de acuerdo a los umbrales mostrados en la Tabla 31**.**

$$Valor\ de\ relación\ porcentual\ (\%) = \frac{IPG_{Calculado}}{IPG_{Máximo}} \times 100 \qquad (17)$$

Tabla 31

Catalogación de infraestructura ciclista, por niveles de seguridad vial

Valor de relación porcentual	Niveles de seguridad vial de la infraestructura ciclista
81% - 100%	Muy segura vialmente
61% - 80%	Segura vialmente
41% - 60%	Medianamente segura vialmente
21% - 40%	Insegura vialmente
0% - 20%	Muy insegura vialmente

La Tabla 31, se elabora en base y de manera similar a lo desarrollado por Agarwal et al. (2013), con el fin de determinar las calificaciones de seguridad vial de acuerdo a inspecciones viales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Agarwal et al. (2013) proponen una metodología por etapas, con el fin de establecer y clasificar lugares críticos con bajos niveles de seguridad vial (En tramos rectos, curvos e intersecciones de carreteras), dejando de lado reportes y datos de accidentes de tránsito. La metodología se desarrolla en cuatro etapas, siendo estas las siguientes: (i) Identificación de factores de seguridad vial, (ii) Determinación de las importancias relativas utilizando el método AHP, (iii) Determinación de la escala de la condición de factores de seguridad vial (Dada desde condición excelente hasta condición baja) y (iv) Categorización de lugares vialmente inseguros. Entre los factores que determinan la calificación de la seguridad vial del estudio, se encuentran: Condición geométrica, condición de la superficie del pavimento, condición del drenaje, condición del alumbrado público, condición de señales de seguridad vial, entre otros, cada uno de los factores son evaluados tanto para tramos rectos, curvos e intersecciones en carreteras. Los criterios o factores más influyentes del estudio resultaron ser: Condición de superficie del pavimento en una intersección vial (19.00%) y la condición geométrica en una intersección vial (17.00%). La metodología fue aplicada en la carretera nacional N° 8 de la India en el tramo de Jaipur y Kiashangarh, los resultados obtenidos fueron comparados con los accidentes de tránsito registrados, los cuales indicaron que la metodología propuesta puede establecer y clasificar correctamente lugares con bajos niveles de seguridad vial.

Majumdar y Mitra (2015) analizan los factores que influyen en la elección de la bicicleta como medio de transporte en ciudades pequeñas, tomando como caso de estudio la ciudad de Kharagpur, Bengala Occidental, India. A través del método AHP, se evaluaron las importancias relativas de subcriterios de evaluación con la participación de 12 expertos (Entre: investigadores del transporte, profesionales y académicos con experiencia en planificación del transporte). Asimismo, se aplicó el análisis factorial exploratorio para evaluar la percepción de 336 ciclistas y 239 usuarios de otros medios de transportes. La metodología se desarrolló en tres etapas: (i) Revisión literaria e identificación de criterios para la comparación por pares mediante el método AHP; (ii) Diseño de encuestas y recolección de datos, en esta segunda etapa se elaboran encuestas para los expertos, en base a la teoría del método AHP, además, se preparan las encuestas de intercepción de viaje para recopilar respuestas de usuarios y potenciales usuarios ciclistas, y (iii) Análisis e interpretación de resultados. El análisis factorial exploratorio permitió identificar cinco factores de evaluación: beneficios percibidos, barredas físicas, riesgos de seguridad vial, barredas sociales y condición de la vía, identificándose al factor beneficios percibidos como el de mayor influencia en la elección de la bicicleta como medio de transporte. Este factor

incluye variables como: aptitud física, conciencia ambiental, confiabilidad en los viajes, flexibilidad en los viajes, percepción de la seguridad vial, asequibilidad y deseo de una vía libre de contaminación. En cuanto al método AHP, se identificaron tres criterios y doce subcriterios de evaluación. Entre los criterios de evaluación, se identificaron: percepción del usuario, características a nivel de enlace y ruta, y viaje seguro vialmente y protegido. Detallar que los autores no realizaron la comparación por pares entre los criterios de evaluación, para estos se les asignó el mismo peso para cada uno de los criterios. La ponderación global de los subcriterios de evaluación posiciona a la topografía de la ruta (Peso: 14%), seguridad vial (11%), factores físicos (11%) y seguridad ciudadana (10%) como los más influyentes en la elección del uso de la bicicleta como medio de transporte. Los autores señalan que los subcriterios seguridad vial y los factores físicos (En el análisis factorial exploratorio se identifica con la variable: aptitud física, correspondiente al factor: beneficios percibidos) son componentes importantes y valorados tanto por los expertos como los usuarios; mientras que los subcriterios: topografía de la ruta (En el análisis factorial exploratorio se identifica con el factor: condición de la vía) y seguridad ciudadana (En el análisis factorial exploratorio se identifica con el factor: barredas sociales), fueron considerados determinantes por los expertos, pero de poca relevancia por los usuarios.

Saplıoğlu y Aydın (2018) establecieron por objetivo la selección de rutas ciclísticas que sean seguras y adecuadas, y que a la vez se integren con el transporte público de buses de la ciudad de Isparta, Turquía. La metodología del estudio fue dividida en tres pasos, siendo estos: (i) Determinación de parámetros efectivos para la selección de rutas a partir de la revisión literaria, realización de encuestas y recolección de datos, (ii) Cálculo de pesos de los parámetros o criterios utilizando el método AHP y (iii) Localización de los parámetros en software especializado, realización de consultas y búsqueda de vías seguras para ciclistas. En la investigación 460 ciclistas (Entre estudiantes y personal de la Universidad Suleyman Demirel) fueron los que determinaron la ponderación de pesos de los criterios de evaluación a través de la metodología AHP, siendo así, el estudio consideró siete criterios de evaluación, segregándolos como criterios de impacto positivo y negativo, teniéndose entre los criterios de impacto positivo los siguientes: ciclovías segregadas (Peso: 1.9%), interconectividad de las ciclovías (3.0%), estacionamiento para bicicletas (12.7%), e intersecciones señalizadas (5.7%); entre los criterios de impacto negativo, se detallan: pendiente de la vía (8.1%), capacidad del tráfico (4.3%), carril bus (20.5%), áreas propensas de accidentes de ciclistas (26.1%) y estacionamiento lateral de autos en vías (17.7%). El estudio determina que el factor de áreas propensas de accidentes de ciclistas (Segmentos de vías e intersecciones urbanas) es el factor más importante en la integración del uso de la bicicleta y el transporte público.

Aste et al. (2020) proponen una metodología integral para la evaluación de la infraestructura ciclista de Miraflores en Lima, Perú, la investigación se organiza en cuatro fases: (i) Levantamiento y cartografía, (ii) Evaluación de seguridad (Seguridad vial), (iii) Evaluación de coherencia y (iv) Evaluación del grado de dirección de la ciclovía. Para la evaluación de la seguridad vial en ciclovías, los autores analizaron la seguridad mediante la composición de la observación de la infraestructura y aplicación de encuestas de percepción de seguridad a ciclistas, además se detalla, que los investigadores consideraron seis variables estudio dependientes referentes a seguridad vial en infraestructura ciclista, tales como: elemento segregador, semaforización y señalización, ancho de vía, sentido de la vía y alumbrado público. Entre los resultados del estudio, se reconoce una relación directa entre la clasificación (Tipología) de la infraestructura ciclista y la percepción de seguridad vial de los ciclistas, siendo así las ciclovías segregadas resultaron obtener un puntaje mayor de seguridad vial, en contraste al tipo de ciclovías no segregadas, donde se percibe un menor grado de seguridad vial por parte de los usuarios. Se resalta que la ciclovía de la Av. Arequipa en Miraflores obtuvo uno de los puntajes más altos en la evaluación de la seguridad vial, mientras que la ciclovía de la Av. 28 de Julio resulto ser la más insegura vialmente.

El BM (2020) identifica y caracteriza el estado de la condición del mantenimiento y de la calidad de diseño de las ciclovías existentes en Lima y Callao, identificando que el estado de la condición del mantenimiento de las ciclovías se caracteriza principalmente como: bueno (39%) y regular (28%); y respecto a la calidad de diseño, se detalla que el 39% de los tramos de ciclovías analizadas (173 tramos) por el organismo internacional, estas se caracterizan por tener una calidad de diseño muy mala y el 31% como mala, tan solo el 30% se caracterizan en conjunto como buenas y regulares. En lo que se refiere a la eficacia de la infraestructura ciclista como generador del uso de la bicicleta, se menciona que en Lima existen condiciones favorables que hacen que la ciudad tenga un potencial en el crecimiento de la partición modal de viajes en bicicleta, siendo estas condiciones, tales como: una topografía plana, ausencia constante de lluvias o temperaturas extremas.

Kim et al. (2020) estudiaron el uso del casco para la seguridad de los ciclistas que utilizan principalmente del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Honolulu en Hawái, Estados Unidos. Entre los hallazgos del estudio se demuestra que el uso de casco entre los usuarios de bicicletas compartidas (19.4%) es inferior al de los ciclistas personales en Honolulu (30%), además se demostró que es menos probable que los turistas (5.40%) usen un casco, en comparación a un residente (24.60%). Por último, detallar, que el estudio realizó pruebas estadísticas como: Z-test standard, chi-cuadrado y modelos de regresión logística.

Paydar et al. (2021) identificaron y priorizaron características y factores que influyen en la mejora del comportamiento del ciclista en la ciudad de Shiraz, Irán, mediante una metodología estructura de tres etapa: (i) Análisis de la configuración de la ciudad y su red ciclista, (ii) Identificación de características y factores relacionados con el comportamiento del ciclista utilizando el método Delphi y (iii) Ponderación de características y criterios relacionados con el comportamiento del ciclista utilizando el método AHP. Los autores destacan que la red ciclista de Shiraz es incompleta y poco utilizada, lo que los llevó a plantear la pregunta: ¿Cómo mejorar el comportamiento del ciclista, teniendo de referencia el contexto?. A través del método Delphi, se determinaron diez características/criterios y cuarenta y siete factores/subcriterios que influyen en el comportamiento del ciclista, para lo cual se formó un panel de doce expertos conformados por especialistas locales en temas de diseño urbano (3), planificación urbana (3), salud pública y actividad física (3) y transporte (3). Posteriormente, el método AHP permitió ponderar las características/criterios, destacando el criterio: infraestructura física y volumen de tráfico (Peso: 22.3%) como el más influyente, seguido por el criterio: seguridad vial (13.1%), accesibilidad y usos del suelo (12.1%), seguridad ciudadana (10.2%), visibilidad a lo largo de la red ciclista (8.8%), y entre otros. Entre los factores/subcriterios más relevantes, resultaron: profundidad de visión adecuada a lo largo de la red ciclista (Criterio: Visibilidad a lo largo de la red ciclista, Peso global: 5.4%), no presencia de motocicletas en ciclocarril (Seguridad Vial, 4.2%), ancho relativamente adecuado de calles estrechas, incluyendo aceras (Infraestructura física y volumen de tráfico, 4.2%), tipos de calles y volúmenes de tráfico relativos (Infraestructura física y volumen de tráfico, 4%), presencia de señales de seguridad horizontal y vertical, y semaforización (Seguridad Vial, 3.6%), accesibilidad de la red ciclista a diferentes tipos de usos de suelos (Accesibilidad y usos del suelo, 3.5%), nivel adecuado de iluminación durante la noche (Seguridad ciudadana, 3.5%), ausencia de obstáculos visuales a lo largo de ciclosendas (Visibilidad a lo largo de la red ciclista, 3.3%), ancho estándar de ciclovías (Infraestructura física y volumen de tráfico, 3.2%), y material de pavimentación adecuado para la red ciclista (Infraestructura física y volumen de tráfico, 3.1%), todos estos subcriterios (10) detallados representan el 38% del modelo propuesto. En el estudio se destaca la importancia de la infraestructura y seguridad vial como características fundamentales para promover el uso de la bicicleta en contextos urbanos con redes ciclistas en desarrollo.

Ruiz-Padillo et al. (2021) formulan una herramienta de inspección del nivel se seguridad vial para ciclovías de Brasil. Los investigadores presentan una metodología que se divide en cuatro macro etapas, siendo estas: (i) Selección de atributos (Identificación de los atributos de seguridad vial de las ciclovías), (ii) Ponderación de criterio con el método AHP

(En esta etapa se incluye la definición de la estructura jerárquica, aplicación del cuestionario al panel de expertos y análisis de ponderaciones), (iii) Desarrollo de herramientas de evaluación y recopilación de datos y (iv) Prueba de herramienta de inspección. Para la ponderación de criterios y subcriterios de evaluación, se tomaron en consideración el juicio de veintiocho expertos [Once profesionales de compañías públicas y privadas (Grupo identificado como técnicos), nueve catedráticos de diferentes universidades de Brasil (Grupo identificado como investigadores) y ocho representantes de colectivos relacionados con la promoción del transporte en bicicleta en Brasil (Grupo identificado como ciclistas)]. El estudio consideró cinco criterios de evaluación entre los expertos, resultando ser los criterios más influyentes: comportamiento del usuario (31.38%), diseño de las ciclovías (25.50%) y mantenimiento de las vías (19.01%). Además, de los criterios se desprenden 20 subcriterios, siendo los más preponderantes en la determinación del objetivo del estudio los siguientes: actitud de los usuarios (12.05%), geometría – pendiente de la ciclovía (11.05%), velocidad relativa (8.35%), y obstáculos (7.35%). La aplicación de la herramienta multi-criterio, fue empleada en la determinación de niveles de seguridad vial en tres ciclovías de la ciudad de Porto Alegre, Brasil.

Barrios et al. (2022) analizan la movilidad cotidiana en bicicleta de residentes de Lima Norte, Perú, destacando las desigualdades de la infraestructura ciclovial y los desafíos que enfrentas los ciclistas. El estudio se centra en tres aspectos clave: (i) Trascendencia de la infraestructura ciclista en la elección modal de la bicicleta como medio de transporte, (ii) El impacto de la pandemia para los usuarios de las ciclovías y la movilidad en bicicleta, y la (iii) Influencia de los ciclistas en sus prácticas de movilidad. La investigación se basa en una metodología de carácter cualitativo, con un enfoque exploratorio de alcance descriptivo, mediante la realización de entrevistas semiestructuradas a ciclistas de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia, y entre otros. Los entrevistados señalaron tener la percepción que la infraestructura ciclista de Lima Centro es de mejor calidad y recibe un mantenimiento superior en comparación con ciclovías de Lima Norte. Además, los autores destacan la existencia de un accionar diferenciado por parte de la comuna capitalina en la conservación de las ciclovías de Lima Centro en comparación con otras ciclovías ubicadas en otros sectores de la ciudad. También los entrevistados señalaron que la falta de interconexión en parte o totalidad de las rutas ciclistas de Lima Norte y el acoso callejero hacia las mujeres son dos barreras condicionantes que limitan la elección de la movilidad en bicicleta como medio de transporte cotidiano. Finalmente, el estudio concluye que el aumento en el uso de las ciclovías durante la pandemia contribuyó a visibilizar la problemática de la movilidad

ciclista; sin embargo, la masificación del uso de la bicicleta es aún incipiente en Lima Metropolitana.

Psarrou et al. (2022) proponen un marco de trabajo para la identificación de entornos urbanos idóneos para el correcto desarrollo de la micromovilidad (Modo de transporte individual que ocurre en vehículos tales como: bicicletas o scooters eléctricos) en Paris, Francia. Los investigadores proponen un índice global de evaluación para la identificación de los entornos urbanos idóneos empleando un enfoque multi-criterio (Método AHP), el cual se constituye en once criterios y setenta y ocho indicadores (Subcriterios) de evaluación, tanto cuantitativos como cualitativos. La metodología se lleva a cabo a través de seis etapas: (i) Identificación de factores de influencia a través de revisión de literatura y consulta de expertos, (ii) Formulación de indicadores considerando la facilidad de encontrar datos disponibles a nivel de entornos urbanos, (iii) Agrupación de indicadores en grupos de temas más amplios (Criterios primarios en la estructura jerárquica), (iv) Cálculo de pesos para los criterios primarios y los respectivos indicadores utilizando el método AHP, (v) Creación de una escala de indicadores para evaluar cada área y (vi) Cálculo del índice global. Se detalla que el cálculo de los pesos de los criterios e indicadores de evaluación, se determinó través del juicio de doce expertos (Entre ellos cinco investigadores en transporte y micromovilidad, cuatro ejecutivos de empresas en servicios de movilidad compartida y tres funcionarios de instituciones públicas). Respecto a las escalas de calificación de los indicadores, con el fin de la evaluación de un área de estudio, los investigadores establecen un ranking de calificación de 1 (Motivador débil) a 3 (Motivador fuerte) para cada indicador. Los resultados determinan que los criterios de evaluación: características del comportamiento de viaje (22.20%), Características de la población (16.90%), Características del uso del suelo (16.30%), Conectividad e intermodalidad (11.40%), Red vial y confort (9.90%) y Seguridad vial (7.4%), son los más influyentes en la identificación de entornos urbanos idóneos para el correcto desarrollo de la micromovilidad. El desarrollo del marco de evaluación es aplicado como casos de estudios en tres áreas de Paris, Francia, siendo estas: Distrito 1 de París, Campus Palaiseau y Eco distrito de LaVallée.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Seguridad Vial

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, s.f.), puntualiza que la seguridad vial se refiere a las medidas adoptadas, que tienen como fin de disminuir los peligros o riesgos de lesiones y decesos causadas por el tránsito. Papadimitriou et al. (2022) señala que la seguridad vial desde el enfoque de sistemas seguros tiene como objetivo la prevención de

fallas y corrección de errores, compartiendo tales responsabilidades entre usuarios, operadores y autoridades.

2.2.2. Ciclovías en el Contexto Actual de Lima Metropolitana

En Lima Metropolitana, a noviembre de 2023, se tiene el registro de 332.43 kilómetros de ciclovías, tanto en vías metropolitanas como locales (MML, 2024). Destacan diversas ciclovías por su extensión e importancia en su uso, por su extensión destaca la ciclovía de la Av. Defensores del Morro (Entre Av. Malecón Grau y Club Paraíso del Sur) en Chorrillos, con sus 9 km de longitud, se constituye como una de las ciclovías de mayor extensión en Lima. Por importancia de uso, las ciclovías de la Av. Garcilaso de la Vega (Entre Av. 28 de Julio y Av. Nicolás de Piérola) en Lima Cercado y la ciclovía de la Av. Arequipa (Entre Ca. Corpancho y Av. Ricardo Palma – 6.2 km) situada a través de los distritos de Lima Cercado, Lince, San Isidro y Miraflores, son ciclovías en donde se identifican que circulan un considerable volumen de ciclistas (MTC, 2022; Guerrero & Huamanchumo, 2022).

2.2.3. El Análisis Multi-Criterio y el Método AHP

El análisis multi-criterio es un método para la evaluación y selección de proyectos que ejercen efectos socioeconómicos complejos, los criterios de evaluación propuestos para un determinado proyecto se ponderan entre sí, con el fin de obtener distintas relevancias. (European Conference of Ministers of Transport, como se cita en Barfod & Leleur, 2014). Psarrou et al. (2022) detalla que planes y proyectos de transportes se pueden llevar utilizando el método del análisis multi-criterio. Referente al método del proceso analítico jerárquico (AHP), es uno de los tantos algoritmos utilizados para el análisis multi-criterio, el método AHP fue desarrollado y usado por primera vez por Saaty en 1970 (Saplıoğlu & Aydın, 2018). El método AHP permite la evaluación de criterios y subcriterios con un enfoque cuantitativo-cualitativo (Garipagaoglu, 2023).

2.2.4. Del Panel de Expertos

La aplicación del método AHP en estudios sobre seguridad vial y transporte sostenible requiere la participación de panel de expertos altamente calificados (Majumdar & Mitra, 2015; Ruiz-Padillo et al., 2021; Psarrou et al., 2022; Kabakus & Eyuboglu, 2024). Estos expertos, a partir de sus experiencias y conocimientos técnicos, establecen el orden de prioridad entre criterios y subcriterios de evaluación de un tema específico en estudio (BID, 2019). Saaty y Özdemir (2014) despejaron la cuestión acerca del número de participantes necesarios en el panel de expertos para la aplicación del método AHP, concluyendo que con una cantidad de siete expertos se pueden obtener resultados óptimos con juicios de valor consistentes y representativos. En adición, el enfoque del método AHP permite integrar diferentes perspectivas provenientes de los distintos grupos que conforman un panel de expertos (Tsigdinos et al., 2024). Según Ruiz-Padillo et al. (2021), la distribución

de expertos en los grupos identificados debe garantizar una evaluación equilibrada, evitando diferencias significativas en la cantidad de participantes de un grupo en comparación con otro.

2.2.5. Comportamiento del Ciclista (Usuario)

2.2.5.1. Geometría de la Vía

Aspectos altimétricos y planimétricos están involucrados en el diseño geométrico de una vía y en especial de una ciclovía (Ruiz-Padillo et al., 2021). Von Stülpnagel y Binnig (2022) revelaron que un mayor ancho de los carriles para la circulación de bicicletas influye significativamente en una mayor percepción de seguridad vial por parte de los ciclistas. El Centro de Regulación e Investigación en Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, Construcción de Carreteras e Ingeniería de Tráfico de Países Bajos (CROW, 2016) señala que, en las ciclovías con mayor flujo de usuarios, es fundamental que el ancho sea suficiente para permitir adelantamientos de manera segura y cómoda. Seriani et. al (2015) detalla que el flujo de saturación aumenta casi linealmente al incrementar el ancho de una ciclovía. Por ejemplo: para un ancho de carril 1.0 m se determinó un flujo de saturación de 2000 bicicleta/h-carril; para un ancho de 1.5 m, el flujo de saturación ascendió a 3400 bicicleta/h-carril; y finalmente, para un ancho 2.0 m, el flujo de saturación alcanzó aproximadamente 4700 bicicletas/h-carril. Tratar de explicar la geometría de la vía con todos los aspectos que involucra la misma, resultaría una labor extensa, en la presente investigación se adopta el ancho de la ciclovía como el parámetro más relevante que representará al criterio en cuestión.

2.2.5.2. Siniestralidad Vial en Ciclovías

En diversas ciudades, los ciclistas están expuestos a diversas circunstancias y entornos peligrosos; que provocan siniestros viales, lesiones o incluso sucesos fatales (Costa et al, 2024), según Guirao et al. (2023) detalla que el tipo de infraestructura ciclista y el nivel de tráfico tienen gran influencia en la ocurrencia de siniestros de tránsito. La Dirección de Seguridad Vial del MTC (MTC, 2022) señaló que entre los años 2020 y 2021 se incrementaron el número de personas fallecidas a bordo de una bicicleta en un 60% en todo el Perú (67 personas fallecidas en 2021), en adición, la misma agencia gubernamental señaló en 2023 (MTC, 2023a), que 115 personas que iban a bordo de una bicicleta murieron, situación que hace que se vea a profundidad las causas de los incrementos de los siniestros viales que perjudican a ciclistas en el Perú.

2.2.5.3. Presencia de Policías de Tránsito

Shinar et al. (2018) señala; a partir de encuestas realizadas a ciclistas de 17 países alrededor del mundo; que en promedio sólo el 10% de accidentes en bicicleta son reportados a la policía. Ringel et al. (2023) estima que el 86% de los accidentes que

involucran a ciclistas no son denunciados a la Policía en Zúrich, Suiza. De lo detallado anteriormente, es fundamental la presencia de policías de tránsito no solo por el hecho de registrar un siniestro vial, sino con el fin de prevenir estos, con el control y regulación del paso de los ciclistas a través de las vías urbanas.

2.2.5.4. Comportamiento Agresivo de Ciclistas

Useche et al. (2018) describe en detalle la validación de mediciones de los comportamientos riesgosos y positivos de los ciclistas en la vía pública utilizando el Cuestionario del Comportamiento del Ciclista (CBQ-Cycling Behavior Questionnaire). El Cuestionario del Comportamiento del Ciclista (CBQ), desarrollado por Useche et al. (2018), consta de su versión validada de 29 preguntas, basada en frecuencias [0=nunca, a 4=casi siempre] y que mide tres dimensiones. Dos de ellos están relacionados con conductas viales “de riesgo” realizadas por los ciclistas: (i) Infracciones de tráfico y (ii) Errores (Useche et al., 2021).

2.2.5.5. Percepción de Alto Volumen de Tráfico

La ciudad de Lima es catalogada por tener el peor tiempo de viaje promedio empleado en automóvil por cada 10 km en Latinoamérica y quinta a nivel mundial (TomTom Traffic Index, 2024), además según la compañía australiana de seguros The Market (2023), señala que en la capital del Perú se tienen los segundos peores conductores de automóviles del mundo, estas características del tráfico motorizado y sus conductores en Lima Metropolitana probablemente desalienta el uso de la bicicleta. Koesling (2022) señala que el ciclismo seguro se ve muy afectado por las experiencia subjetivas y personales, debido a que un ciclista es más vulnerable, sobre todo cuando se cruza con el tráfico motorizado. Grudgings et al. (2023) demuestra que con un volumen de tráfico superior a 273 veh/h, influye de manera negativa la tendencia de andar en bicicleta.

2.2.5.6. Edad del Ciclista y Medidas Propias de Seguridad

Wei et al. (2024) a partir del análisis del número de víctimas de accidentes en bicicleta en Francia, entre los años 2005 – 2021, determina que el 80.4% de las víctimas tenían entre 11 a 62 años, señalando a la población entre los 14 a 33 años como la más afectada. Algurén y Rizzi (2022) detallan que a partir del análisis de los accidentes en bicicleta en Suecia entre 2013 a 2017, las personas del rango etario mayor a los 65 años fueron los más afectados (37%), identificándose a la pérdida del equilibrio como la causa de la ocurrencia de los accidentes de las personas mayores a los 65 años. Vistos los dos estudios anteriores, las personas que pertenecen a los rangos etarios entre los 14 a 33 años y mayores a los 65 años son las más propensas a sufrir accidentes en bicicleta. Según el MTC (2023a), el uso del casco entre los ciclistas es una medida que busca disminuir la gravedad de lesiones de los usuarios en caso de siniestros de tránsito.

2.2.6. Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

Según la Ordenanza N° 1851 de la MML (2014), las intervenciones ejecutadas en vías públicas para la constitución de infraestructura ciclista pueden ser de dos tipos: Infraestructura ciclovial segregada e infraestructura ciclovial no segregada. La infraestructura ciclovial segregada, se define como una intervención en la generación de vías exclusivas para la circulación de usuarios ciclistas, pudiendo ser: i) ciclovía y ii) ciclosendas (O cicloacera). Una ciclovía (Integrada al separador central o lateral, o al nivel de calzada) se presenta físicamente separada en relación a flujos vehiculares motorizados, la segregación se obtiene a través de elementos, tales como: sardineles peraltados, separadores, veredas, diferencia del nivel del pavimento, zonas verdes o dispositivos de control vehicular (MML, 2014). Según la MML (2014) las ciclosendas o cicloacera son infraestructuras de trazo independiente, que se caracterizan por estar apartadas de la circulación de vehículos motorizados.

Según la MML (2014) a la tipología de infraestructura ciclovial no segregada, corresponde a una intervención física a la vía pública existente para su acondicionamiento, como, por ejemplo: señalización (Principalmente marcas en el pavimento), la cual se realiza para permitir los desplazamientos de vehículos menores no motorizados en coexistencia con otras modalidades de desplazamiento, tal como: vehículos motorizados (MML, 2014). La infraestructura ciclovial no segregada, puede ser: i) Infraestructura ciclovía compartida y ii) Infraestructura ciclovial delimitada (Denominada también ciclocarril). Según la MML (2014) la infraestructura ciclovía compartida, son intervenciones de menor envergadura, según el tipo de intervención corresponden a: vía compartida o carril compartido con el ciclista, para ambas intervenciones, se aplica en vías que no cuenten con espacio exclusivo para la circulación ciclista, limitándose a vías con velocidad operativa no mayor a 30 km/h para el caso de vías compartidas con el ciclistas y velocidades menores a 50 km/h para el caso de carril compartido con el ciclista; además, en este tipo de infraestructura es necesario que se encuentren implementados elementos de disminución de velocidad (MML, 2017). En lo referente al ciclocarril, se define como una franja debidamente señalizada en la calzada (Marcas en el pavimento) que encamina el tránsito de las bicicletas, siempre en sentido unidireccional (MML, 2017). Su implementación se da en vías cuya velocidad máxima permitida es de 50 km/h (MML, 2014).

2.2.7. Entorno Vial (Diseño, mantenimiento y operación)

2.2.7.1. Identificación de Puntos Críticos de Atropellamiento

El concepto de identificación de puntos críticos de atropellamiento, se define como el reconocimiento de situaciones de riesgos de conflictos entre ciclistas y otros usuarios, debido a la operación de la vía, tanto en accesos como en intersecciones (Ruiz-Padillo et

al., 2021). Se tienen como ejemplo de puntos críticos de atropellamiento: intersecciones viales, salidas de estacionamiento, paso de peatones, líneas de deseo peatonal, paradas de autobús, acceso a grifos, intersección con otra ciclovía etc.

2.2.7.2. Presencia de Áreas de Ciclo Estacionamientos Seguros

Según el Manual de Cicloparqueaderos del MTC (MTC, 2023c), un ciclopaqueadero o cicloestacionamiento es una infraestructura complementaria de la ciclovía, utilizada por los ciclistas para estacionar bicicletas. Su ubicación generalmente se encuentra en las proximidades de la infraestructura ciclista. Según el tipo de soporte del ciclopaqueadero, se recomienda preferentemente el uso del soporte de tipo en U invertida, esto debido su simplicidad de diseño y bajo costo de implementación (MTC, 2023c).

2.2.7.3. Cantidad de Obstáculos en la Ciclovía por Kilómetro

El concepto cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, se define como la presencia de obstáculos en la ciclovía que puedan interferir permanente o temporalmente el paso o la visibilidad de los ciclistas (Ruiz-Padillo et al., 2021). El Manual de Capacidad de Carreteras (Junta de Investigación de Transporte [TRB], 2010), detalla una lista de obstáculos permanentes que se pueden encontrar en un trayecto de acera, que para el caso del presente estudio se adapta para exponer el caso de objetos permanente que se podrían encontrar en el trayecto de una ciclovía.

Tabla 32

Obstáculos permanentes interferentes

Obstáculos del tipo permanente		
Mobiliario Urbano	**Paisajismo**	**Usos comerciales**
Postes de Luz Postes de señales de tráfico Hidrantes Contenedores de residuos sólidos	Árboles Jardineras	Puestos de periódicos

Nota. Adaptado de “HCM 2010 Highway Capacity Manual”, por Junta de Investigación de Transporte (TRB), 2010 (https://acortar.link/rhAZi0).

2.2.7.4. Estado del Pavimento de la Ciclovía

El concepto estado del pavimento de la ciclovía en relación a la evaluación del nivel de seguridad vial de ciclovías, se define como la condición actual de la superficie de rodadura del pavimento de la ciclovía (Referente a deterioros) y que en base a una evaluación in situ, se determina si el estado del pavimento aporta un mayor o menor grado de magnitud escalar en una evaluación del nivel de seguridad vial en ciclovías (Ruiz-Padillo et al., 2021). Para la evaluación de la condición actual de la superficie de rodadura de pavimentos viales, el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010), muestra un sistema subjetivo de clasificación en una escala del 0 al 5, en donde un pavimento nuevo o casi nuevo, libre de fisuras y parches se le asigna una clasificación de condición en el rango de 4 a 5, en lo

opuesto para un pavimento con más del 75% de su superficie deteriorada, se le asigna una clasificación en el rango de 0 a 1 (Ver Tabla 33).

Tabla 33

Clasificación de la condición de pavimentos

Clasificación de condición del pavimento	Descripción del pavimento	Calidad de conducción de vehículos motorizados y velocidad del tráfico
4.0 a 5.0	Pavimento superior nuevo o casi nuevo. Libre de fisuras y parches.	Buen viaje
3.0 a 4.0	Los pavimentos flexibles pueden comenzar a mostrar evidencia de ahuellamientos y fisuras leves. Los pavimentos rígidos pueden comenzar a mostrar evidencia de fisuras.	Buen viaje
2.0 a 3.0	Los pavimentos flexibles pueden presentar ahuellamientos y parches extensos. Los pavimentos rígidos pueden tener algunas fracturas en las juntas, escalonamientos o agrietamiento.	Conducción aceptable para tráfico de baja velocidad, pero apenas tolerable para tráfico de alta velocidad
1.0 a 2.0	Los deterioros ocurren en más del 50% de la superficie. El pavimento flexible puede tener grandes baches y fisuras profundas. El deterioro del pavimento rígido incluye desconchado, parcheo y agrietamiento de las juntas.	El deterioro del pavimento afecta la velocidad del tráfico libre. La calidad de marcha no es aceptable.
0.0 a 1.0	Los deterioros están presentes en más del 75% de la superficie. Existen grandes baches y grietas profundas.	Transitable sólo a velocidad reducida y con considerable incomodidad para el conductor.

Nota. Adaptado de “HCM 2010 Highway Capacity Manual”, por Junta de Investigación de Transporte (TRB), 2010 (https://acortar.link/rhAZi0).

2.2.7.5. Estado de la Señalización Horizontal y Vertical

La Asociación Nacional de Funcionarios de Transporte Urbano (NACTO, 2014) describe que las señales de tránsito para la regulación de los desplazamientos en bicicletas favorecen el tránsito por las vías a los ciclistas; además detalla, que las señales para bicicletas permiten a los usuarios utilitarios cruzar una intersección de manera más segura, evitando así conflictos con los desplazamientos que realizan los vehículos motorizados.

2.2.7.6. Calidad de la Iluminación de la Ciclovía

Según el Manual de Tráfico de Ontario (OTM, 2021) la iluminación en ciclovías contribuye a un entorno más seguro al fomentar el uso de entornos públicos y a la mejora de la visibilidad nocturna. Vidal-Tortosa y Lovelace (2024) destacan que la iluminación vial es crucial para mejorar la seguridad vial al momento de andar en bicicleta.

2.2.8. Bicicleta (Vehículo)

Según la MML (2017) define a la bicicleta como un vehículo de dos ruedas propulsado únicamente por fuerza humana. Ruiz-Padillo et al. (2021) proponen una herramienta para la evaluación del nivel de seguridad vial de ciclovías, donde los investigadores incluyen a la variable vehículo o características de la bicicleta en la determinación de su objetivo, está variable para su evaluación se subdivide en tres dimensiones: i) Mantenimiento de la bicicleta, refiera al estado de conservación que se encuentra el vehículo (Llanta, frenos o marcos); ii) Elementos perceptivos (Elementos que facilitan la identificación de los ciclistas)

y iii) Accesorios auxiliares (Accesorios, tales como: espejos, suspensión entro otros). Ruiz-Padillo et al. (2021) determinan que la incidencia del vehículo o características de la bicicleta incide el 6.12% en la determinación del nivel de seguridad vial en una ciclovía. Si bien la variable vehículo incide muy poco en la determinación del objetivo de Ruiz-Padillo et al. (2021), mantener una bicicleta en buen estado y que el ciclista se haga notar durante sus desplazamientos, ayudaría obtener buenos resultados en la determinación del nivel de seguridad en ciclovías.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1. Carril Compartido con Vehículos Motorizados

El término hace referencia que el carril; como parte de la calzada; es compartido principalmente por bicicletas y vehículos motorizados, este tipo de infraestructura ciclovial se constituyen en vías arteriales o colectoras, o en vías con velocidades iguales o inferiores a 50 km/h (MML, 2014).

2.3.2. Casco (Ciclista)

Un concepto consensuado acerca del casco ciclista, se detalla que es el “equipo de protección individual consistente en una pieza que cubre la cabeza, diseñada para reducir, resistir y proteger ante un impacto al/a la ciclista, sin impedir la visión periférica del mismo” (MTC, 2020, p. 37).

2.3.3. Ciclocarril

Según el BM (2020), “Ciclocarril: Es una franja delimitada de la calzada que guía la circulación de bicicletas, siempre en sentido unidireccional” (p.57).

2.3.4. Ciclosenda (Bicisenda)

Según la MML (2014) la ciclosenda es una infraestructura ciclovial de eje independiente y exclusivo para el recorrido de vehículos no motorizados y que se encuentran apartadas del curso de vehículo motorizados, además su implementación se realiza en espacios diferentes a los perfiles viales, tales como: parques lineales, alamedas o corredores verdes. El MTC (2024b) define a la ciclosenda como la infraestructura ciclovial que permite la circulación de ciclos y VMP principalmente en parques, áreas no urbanizadas y que no se van a urbanizar y zonas rurales, además se detalla que la infraestructura puede ser compartidas entre peatones y VMP. Para la constitución de ciclosendas nuevas o rehabilitación de las existentes, se debe utilizar al asfalto como material de superficie de rodadura (MTC, 2024b).

2.3.5. Ciclovía

Según la MML (2014) define a la ciclovía como una vía exclusiva de circulación de vehículos no motorizados, que físicamente presenta segregación respecto de los flujos vehiculares motorizados, pero se encuentra presente dentro de la sección de la calzada,

además la entidad municipal señala que, para la implementación de las ciclovías, se debe considerar su emplazamiento en el extremo derecho de la sección de la calzada y en el sentido del flujo vehicular motorizado. Además, las ciclovías pueden ser unidireccionales (Localizadas preferiblemente en el costado derecho de la vía) y bidireccionales (MML, 2017). Por último, el MTC (2024b) recomienda preferir el asfalto como superficie rodadura para la proyección de ciclovías nuevas.

2.3.6. Ciclovía Segregada (Infraestructura Ciclovial Segregada)

Según el MTC (2024b), "Ciclovía segregada: Se define como el espacio de la vía pública segregada físicamente para la circulación exclusiva de ciclos, ciclos con SPA y VMP" (p.11).

2.3.7. Comportamiento del Ciclista

Neira (2020) refiere acerca del comportamiento del ciclista:

> Se refiere a cuál es el comportamiento de los ciclistas frente a diferentes situaciones de la conducción en bicicleta: cumplimiento de las normas de tránsito (pasarse los semáforos, andar en contravía, etc.), conducción y consumo de alcohol o drogas, uso de equipo de seguridad (obligatorio y no obligatorio según la normativa), velocidad y tipo de interacción con los demás usuarios de la vía. (p. 25).

2.3.8. Infraestructura Ciclista

El MTC (2024b) menciona acerca del concepto de infraestructura ciclista:

> La infraestructura ciclista o infraestructura ciclovial, es una intervención física a través de la cual se segrega o señaliza la vía pública para el desplazamiento de las personas ciclistas, en condiciones de seguridad, minimizando su grado de vulnerabilidad y en salvaguarda de su integridad física. Integran la infraestructura ciclovial: la ciclovía, el ciclocarril, la cicloacera, la ciclosenda, entre otros. (p. 12)

2.3.9. Líneas de Deseo Peatonal

Cevallos y Parrado (2018) detallan que las líneas de deseo peatonal son aquellos caminos alternos que los peatones optan tomar para ir de un lugar a otro, en vez de usar los recorridos impuestos por un diseño racional.

2.3.10. Seguridad Vial

En los últimos años el concepto de seguridad vial ha tomado relevancia e importancia a nivel mundial y en el Perú, según la MML (2017) "La seguridad vial, se define como el conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad" (p. 102).

2.3.11. Visión Cero

El MTC (2024b) menciona sobre la definición del término visión cero:

> Está conformada por los mecanismos referentes al sistema seguro y la búsqueda por cero personas fallecidas o heridas gravemente como consecuencia de siniestros viales. Es un enfoque de sistema seguro, que para el año 2050 determina que la situación deseada sea la de tener en cero (o cercano a cero) el número de víctimas a causa de la movilidad en el Perú. (p. 13).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

3.1.1. Proceso Analítico Jerárquico

i) Desarrollo de la estructura jerárquica

En la Figura 1, se detalla la estructura general jerárquica propuesta para la presente investigación, considerando un objetivo, cuatro criterios y diecinueve subcriterios de evaluación.

ii) Representación de los juicios de valor

En las encuestas de comparación por pares de criterios y subcriterios, se representan las intensidades de importancias o juicios de valor entre los criterios y subcriterios, siendo estas dadas por expertos en el tema de investigación.

Respecto a la selección de expertos, se les hizo la invitación a diversos expertos en el tema, veinte de ellos accedieron a realizar las encuestas de comparación por pares de criterios y subcriterios (Anexo 02). En la Tabla 34 se resumen la distribución del panel de expertos, los cuales se caracterizan en tener pleno conocimiento en temas de movilidad sostenible, seguridad vial e infraestructura ciclista.

Tabla 34

Caracterización de expertos participantes

Grupo	Encuestas respondidas	Descripción
Funcionarios o servidores públicos (FSP)	5	Profesionales destacados de organismos públicos de agencias de tránsito y transportes de la ciudad de Lima Metropolitana.
Técnicos (T)	5	Profesionales destacados en estudios y proyectos de transportes y representantes de colegios profesionales.
Investigadores (I)	5	Académicos de las más importantes universidades de Lima Metropolitana.
Ciclistas (CI)	5	Importantes representantes de colectivos ciudadanos relacionadas con la promoción del transporte en bicicleta en Lima Metropolitana

iii) Construcción de las matrices de comparación por pares y matrices normalizadas

A partir del número de criterios y subcriterios de selección, se construye una matriz de 4 x 4 para los criterios, dos matrices de 6 x 6 para los subcriterios correspondientes a los criterios 1 y 3, una matriz de 4 x 4 para los subcriterios del criterio 2 y una matriz de 3 x 3 para los subcriterios del criterio 4. Es así para la evaluación de la consistencia o no consistencia de los juicios de los expertos se evaluarán cinco matrices por cada uno de ellos. Posterior a lo indicado y teniéndose como línea base, se construyen las matrices normalizadas correspondientes.

iv) Cálculo de los vectores de prioridad

De lo detallado en el paso iii), se calculan los vectores prioridad por cada matriz normalizada.

v) Análisis de resultados

En este paso se realiza la evaluación de la consistencia o no consistencia de las matrices de comparación por pares de los criterios y subcriterios, construidas a partir de los juicios de cada especialista.

Tabla 35

Evaluación de la consistencia de los juicios de los expertos

Código de Encuesta[a]	Organización por grupos del panel de expertos[b]	Comparación entre Criterios		Comparación entre Subcriterios del Criterio 1		Comparación entre Subcriterios del Criterio 2		Comparación entre Subcriterios del Criterio 3		Comparación entre Subcriterios del Criterio 4	
		RC	Test de consistencia	RC	Test de consistencia	RC	Test de consistencia	RC	Test de consistencia	RC	Test de consistencia
E01	CI	6.51%	Matriz Consistente	9.97%	Matriz Consistente	8.10%	Matriz Consistente	9.93%	Matriz Consistente	7.24%	Matriz Consistente
E02	CI	0.13%	Matriz Consistente	9.30%	Matriz Consistente	7.53%	Matriz Consistente	6.84%	Matriz Consistente	4.09%	Matriz Consistente
E03	T	8.22%	Matriz Consistente	9.08%	Matriz Consistente	8.19%	Matriz Consistente	9.43%	Matriz Consistente	1.42%	Matriz Consistente
E04	FSP	7.90%	Matriz Consistente	8.16%	Matriz Consistente	8.94%	Matriz Consistente	9.03%	Matriz Consistente	0.20%	Matriz Consistente
E05	CI	7.44%	Matriz Consistente	8.42%	Matriz Consistente	9.17%	Matriz Consistente	9.64%	Matriz Consistente	2.67%	Matriz Consistente
E06	T	51.16%	Matriz No Consistente	54.30%	Matriz No Consistente	32.42%	Matriz No Consistente	50.93%	Matriz No Consistente	16.77%	Matriz No Consistente
E07	T	9.14%	Matriz Consistente	8.14%	Matriz Consistente	7.70%	Matriz Consistente	9.51%	Matriz Consistente	4.08%	Matriz Consistente
E08	T	8.12%	Matriz Consistente	9.02%	Matriz Consistente	8.78%	Matriz Consistente	9.97%	Matriz Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E09	FSP	52.98%	Matriz No Consistente	54.72%	Matriz No Consistente	45.51%	Matriz No Consistente	79.23%	Matriz No Consistente	13.91%	Matriz No Consistente
E10	FSP	2.35%	Matriz Consistente	9.80%	Matriz Consistente	8.57%	Matriz Consistente	9.72%	Matriz Consistente	1.39%	Matriz Consistente
E11	T	8.45%	Matriz Consistente	7.33%	Matriz Consistente	8.45%	Matriz Consistente	8.55%	Matriz Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E12	CI	54.9%	Matriz No Consistente	54.6%	Matriz No Consistente	8.90%	Matriz Consistente	48.2%	Matriz No Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E13	I	9.30%	Matriz Consistente	9.32%	Matriz Consistente	8.27%	Matriz Consistente	9.38%	Matriz Consistente	0.02%	Matriz Consistente
E14	FSP	46.2%	Matriz No Consistente	52.3%	Matriz No Consistente	53.0%	Matriz No Consistente	57.0%	Matriz No Consistente	47.5%	Matriz No Consistente
E15	I	8.37%	Matriz Consistente	9.57%	Matriz Consistente	9.15%	Matriz Consistente	9.89%	Matriz Consistente	5.50%	Matriz Consistente
E16	I	7.25%	Matriz Consistente	8.08%	Matriz Consistente	8.40%	Matriz Consistente	8.32%	Matriz Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E17	I	8.53%	Matriz Consistente	9.87%	Matriz Consistente	8.27%	Matriz Consistente	9.66%	Matriz Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E18	I	8.22%	Matriz Consistente	RI[c]	Respuestas Incompletas	9.09%	Matriz Consistente	9.64%	Matriz Consistente	0.02%	Matriz Consistente
E19	FSP	8.71%	Matriz Consistente	9.69%	Matriz Consistente	8.77%	Matriz Consistente	9.78%	Matriz Consistente	0.00%	Matriz Consistente
E20	CI	30.06%	Matriz No Consistente	48.86%	Matriz No Consistente	52.98%	Matriz No Consistente	41.74%	Matriz No Consistente	35.68%	Matriz No Consistente

[a] E01, E02, … E20, corresponde al código de la encuesta, esto quiere decir, por ejemplo: La encuesta E01 fue desarrollada por el experto 1, la E02 por el experto 2 y continuará de manera similar hasta la E20.
[b] FSP: Funcionarios o servidores públicos, T: Técnicos, I: Investigadores y CI: Ciclistas
[c] Respuestas incompletas.

Vista la Tabla 35, para las encuestas: E06, E09, E12, E14 y E20 se identifica que al menos una de las cinco matrices de evaluación resultó ser no consistentes, es decir la RC fue determinada con un valor superior al 0.1; por lo cual los juicios de valor dados por los expertos 6, 9, 12, 14 y 20 no se tomaron en cuenta. Detallar que la E18, se recibió con respuestas incompletas, por lo cual de la misma manera los juicios de valor del experto 18 no se tomaron en cuenta. De la evaluación anterior, se establece a catorce encuestas como válidas (Correspondiendo tres encuestas válidas de funcionarios o servidores públicos, cuatro de técnicos, cuatro de investigadores y tres de ciclistas, denotando equilibrio entre los grupos), para el fin de determinar los pesos de los criterios y subcriterios en evaluación.

Los elementos de las matrices de comparación por pares de los criterios y subcriterios de evaluación de las dieciséis encuestas válidas, se les aplica la media geométrica según como corresponda y también de cómo se ejemplifico de la Tabla 4.

En las Tablas 36, 37, 38, 39 y 40, se detallan los resultados producto de las medias geométricas de los elementos de las matrices de comparación por pares de criterios y subcriterios.

Tabla 36

Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Criterios

Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica
a_{11}	1	a_{21}	1.9212	a_{31}	2.1453	a_{41}	0.5483
a_{12}	0.5205	a_{22}	1	a_{32}	0.9221	a_{42}	0.2367
a_{13}	0.4661	a_{23}	1.0844	a_{33}	1	a_{43}	0.2219
a_{14}	1.8237	a_{24}	4.2256	a_{34}	4.5074	a_{44}	1

[a] a_{ij} elemento de matriz de comparación por pares de criterios.

Tabla 37

Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 1

Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica
b_{11}	1	b_{24}	1.6284	b_{41}	0.4922	b_{54}	1.2925
b_{12}	1.3163	b_{25}	1.5395	b_{42}	0.6141	b_{55}	1
b_{13}	2.4559	b_{26}	1.6023	b_{43}	1.5297	b_{56}	1.1202
b_{14}	2.0317	b_{31}	0.4072	b_{44}	1	b_{61}	0.5578
b_{15}	1.9268	b_{32}	0.5724	b_{45}	0.7737	b_{62}	0.6241
b_{16}	1.7928	b_{33}	1	b_{46}	0.9057	b_{63}	1.3098
b_{21}	0.7597	b_{34}	0.6537	b_{51}	0.5190	b_{64}	1.1041
b_{22}	1	b_{35}	0.4846	b_{52}	0.6496	b_{65}	0.8927
b_{23}	1.7472	b_{36}	0.7635	b_{53}	2.0637	b_{66}	1

[a] b_{ij} elemento de matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 1.

Tabla 38

Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 2

Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica
c_{11}	1	c_{21}	0.3999	c_{31}	0.1439	c_{41}	0.1261
c_{12}	2.5003	c_{22}	1	c_{32}	0.2246	c_{42}	0.1429
c_{13}	6.9492	c_{23}	4.4516	c_{33}	1	c_{43}	0.4679
c_{14}	7.9324	c_{24}	6.9995	c_{34}	2.1372	c_{44}	1

[a] c_{ij} elemento de matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 2.

Tabla 39

Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 3

Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica
d_{11}	1	d_{24}	0.2773	d_{41}	1.1740	d_{54}	0.7012
d_{12}	2.6842	d_{25}	0.3244	d_{42}	3.6065	d_{55}	1
d_{13}	1.5466	d_{26}	0.3882	d_{43}	1.0208	d_{56}	1.5395
d_{14}	0.8518	d_{31}	0.6466	d_{44}	1	d_{61}	0.9057
d_{15}	1.1365	d_{32}	2.2173	d_{45}	1.4262	d_{62}	2.5761
d_{16}	1.1041	d_{33}	1	d_{46}	2.0968	d_{63}	0.7495
d_{21}	0.3725	d_{34}	0.9797	d_{51}	0.8799	d_{64}	0.4769
d_{22}	1	d_{35}	1.0111	d_{52}	3.0827	d_{65}	0.6496
d_{23}	0.4510	d_{36}	1.3343	d_{53}	0.9890	d_{66}	1

[a] d_{ij} elemento de matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 3.

Tabla 40

Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares – Subcriterios del Criterio 4

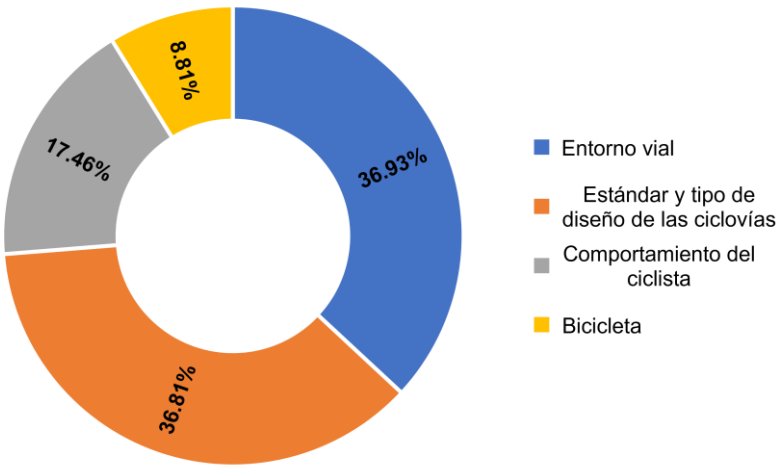
Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica	Elemento[a]	Media Geométrica
e_{11}	1	e_{21}	0.9589	e_{31}	0.6434
e_{12}	1.0429	e_{22}	1	e_{32}	0.6673
e_{13}	1.5542	e_{23}	1.4985	e_{33}	1

[a] e_{ij} elemento de matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 4.

Determinados los valores a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij} y e_{ij} se forman matrices cuadradas de criterios y subcriterios, siendo conformados por elementos a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij} y e_{ij}; posteriormente se calcula la matriz normalizada de la matriz cuadrada correspondiente y se calcula el vector prioridad de esta última, siguiendo de manera similar a los pasos iii) y iv) del proceso analítico jerárquico antes mostrados. Es así como en la Figura 5, se muestran los pesos de los criterios obtenidos a partir del vector prioridad correspondiente.

Figura 5

Pesos de Criterios

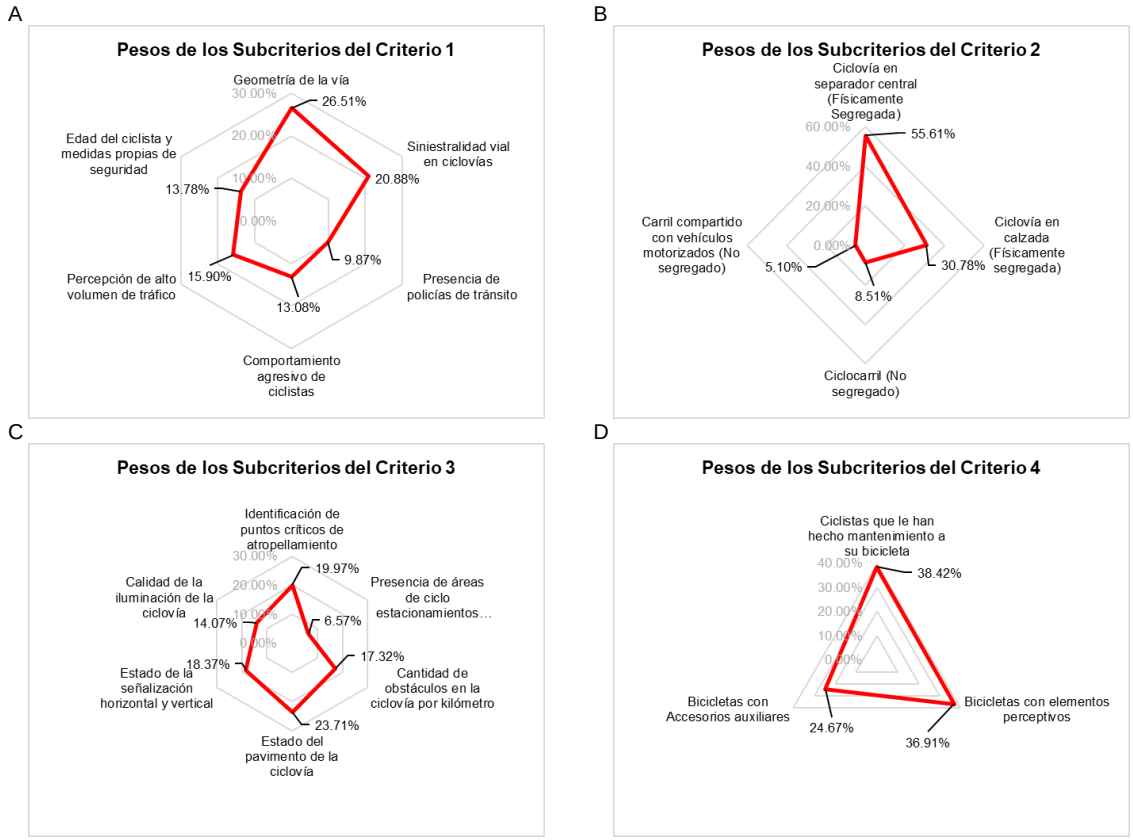


El criterio entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación) es el que obtiene el mayor peso entre los criterios con el 36.93%, muy seguido de cerca del criterio estándar y tipo de diseño de las ciclovías que obtiene un peso del 36.81%. Los pesos de los dos criterios antes detallados, se establecen que son los más influyentes y significativos en la determinación del nivel de seguridad vial en ciclovías. El peso del criterio comportamiento del Ciclista (Usuario) se determina en 17.46% y el de la bicicleta (Vehículo) en 8.81%.

En la Figura 6, se muestran los diversos valores de los pesos de los subcriterios por cada criterio correspondiente.

Figura 6

Pesos de los subcriterios



- Dentro del criterio 1 (Figura 6A), los subcriterios Geometría de la vía y Siniestralidad vial en ciclovías son los que más destacan con un peso de 26.51% y 20.88% respectivamente.
- En el criterio 2 (Figura 6B), los expertos dieron mayor intensidad de importancia a los subcriterios Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada) con un peso de 55.61% y Ciclovía en calzada (Físicamente segregada) con 30.78%.
- Para el criterio 3 (Figura 6C), criterio más influyente, los subcriterios que obtienen mayores pesos son: estado del pavimento de la ciclovía con el 23.71%, identificación de puntos críticos de atropellamiento con el 19.97% y estado de la señalización horizontal y vertical con el 18.37%.

- Dentro del criterio 4 (Figura 6D), los subcriterios ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta y bicicletas con elementos perceptivos fueron los que obtuvieron mayores pesos con el 38.42% y 36.91%, respectivamente.

Determinado los pesos de los criterios y subcriterios del estudio a través del proceso analítico jerárquico, se tiene a mostrar la ecuación de índice de prioridad global.

$$IPG = 0.1746 \times (0.2651 \times a_{11} + 0.2088 \times a_{12} + 0.0987 \times a_{13} + 0.1308 \times a_{14} + 0.1590 \times a_{15} + 0.1378 \times a_{16}) + 0.3681 \times (0.5561 \times a_{21} + 0.3078 \times a_{22} + 0.0851 \times a_{23} + 0.0510 \times a_{24}) + 0.3693 \times (0.1997 \times a_{31} + 0.0657 \times a_{32} + 0.1732 \times a_{33} + 0.2371 \times a_{34} + 0.1837 \times a_{35} + 0.1407 \times a_{36}) + 0.0881 \times (0.3842 \times a_{41} + 0.3691 \times a_{42} + 0.2467 \times a_{43}) \quad (18)$$

A partir de lo tratado en el ítem 1.4.4. Valor del índice de prioridad global modificado, la Ecuación 18, se tiene a modificar con condiciones. Además, se identifica que el peso predominante del subcriterio 2, es el del subcriterio Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada), por lo cual para calcular el valor máximo de índice de prioridad global (IPG $_{Máximo}$); el cual es inferior a cinco.

$$IPG = 0.1746 \times (0.2651 \times a_{11} + 0.2088 \times a_{12} + 0.0987 \times a_{13} + 0.1308 \times a_{14} + 0.1590 \times a_{15} + 0.1378 \times a_{16}) + 0.3681 \times (0.5561 \times a_{21} + 0.3078 \times a_{22} + 0.0851 \times a_{23} + 0.0510 \times a_{24}) + 0.3693 \times (0.1997 \times a_{31} + 0.0657 \times a_{32} + 0.1732 \times a_{33} + 0.2371 \times a_{34} + 0.1837 \times a_{35} + 0.1407 \times a_{36}) + 0.0881 \times (0.3842 \times a_{41} + 0.3691 \times a_{42} + 0.2467 \times a_{43}) \quad (19)$$

Donde:

Sí a_{21} es ≠ 0, a_{22}, a_{23} y a_{24} serán = 0; sí a_{22} es ≠ 0, a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0; sí a_{23} ≠ 0, a_{21}, a_{22} y a_{24} serán = 0; y sí a_{24} ≠ 0, a_{21}, a_{22} y a_{23} serán = 0

Además, el valor máximo de índice de prioridad global se calcula en:

$$IPG_{Máximo} = 4.18 \quad (20)$$

El valor de 4.18, resulta en reemplazar el valor de 5 en cada uno de las variables de los puntajes calculados por cada subcriterio, excepto en las variables a_{22}, a_{23} y a_{24}, ya que, para obtener el valor máximo de índice de prioridad global, se le asigna el valor de 5 a la variable a_{21}, y a las variables a_{22}, a_{23} y a_{24} el valor de 0.

3.1.2. Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) en Lima Centro – Distrito de Lima Cercado

3.1.2.1. Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario)

Para la evaluación del criterio comportamiento del ciclista, se recolectaron 109 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas (Nivel de confianza de la muestra 95% y con un margen de error del 7.7%). A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

3.1.2.1.1. Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas

La muestra está conformada por el 79.82% de ciclistas del género masculino y el 20.18% de ciclistas del género femenino; adicionalmente el 59.63% de los encuestados mencionaron tener una edad entre los 18 y 35 años; y el 35.78% de los encuestados mencionan haber alcanzado estudios superiores técnicos. Por otro lado, de las características del viaje de los ciclistas, los que se dirigen a sus trabajos y a sus estudios representan el 83.49% y el 13.76% respectivamente; en adición el 85.32% usa diariamente a la bicicleta para transportarse.

Tabla 41

Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa

Características sociodemográficas			Características del viaje		
Característica	Categoría	Porcentaje	Característica	Categoría	Porcentaje
Género	Femenino	20.18%	Propósito del viaje	Trabajo	83.49%
	Masculino	79.82%		Estudios	13.76%
Grupo de etario	Entre 18 a 35 años	59.63%		Diversión/Recreación	2.75%
	Entre 36 a 60 años	38.53%		Compras	0.00%
	Más de 60 años	1.83%		Regreso al Hogar/Por Atención Médica	0.00%
Nivel de estudios alcanzados	Primaria	0.00%	Frecuencia del viaje	Diariamente	85.32%
	Secundaria	34.86%		Sólo fines de semana	0.00%
	Superior técnica	35.78%		Días alternados	12.84%
	Superior universitaria	29.36%		Una vez por semana	1.83%
	Estudios de postgrado	0.00%			

3.1.2.1.2. Percepciones de los Ciclistas

Respecto a las percepciones que tienen los ciclistas sobre los subcriterios de evaluación, se tiene a detallar (Ver Tabla 42):

- Referente al subcriterio geometría de la vía, el 71.56% de los encuestados aseguran que el ancho del tramo de la ciclovía en análisis es el adecuado; sólo el 8.25% detalla que el ancho es insuficiente y muy insuficiente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 6), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.66 (a_{11}).
- Referente al subcriterio siniestralidad vial en ciclovías, el 46.79% de los encuestados mencionan que regularmente se producen siniestros viales; sólo el 11.92% tiene la percepción que se producen siniestros viales frecuentemente y muy frecuentemente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas dadas (Tabla 7) se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.31 (a_{12}).
- Referente al subcriterio presencia de policías de tránsito, el 75.23% de los encuestados tiene la percepción que la presencia de policías de tránsito es nula o escasa para el caso del resguardo y control del paso de usuarios por la infraestructura ciclista; sólo el 9.71% considera que es constante. Según la distribución porcentual de las respuestas y las

equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 8), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.01 (a_{13}).

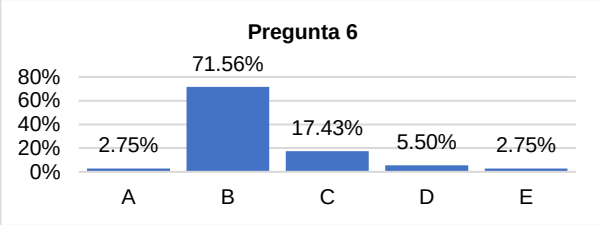
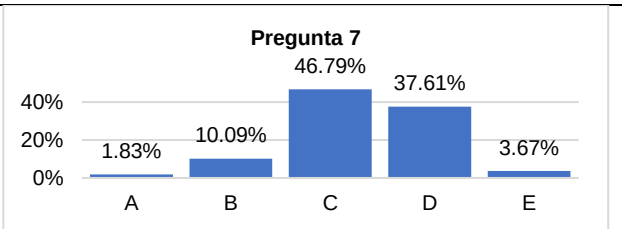
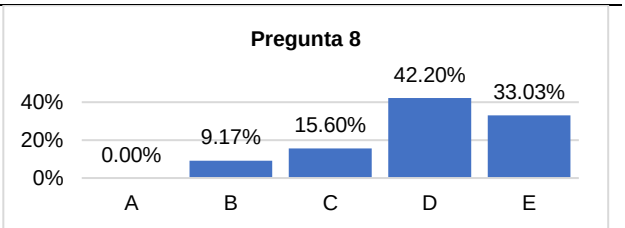
- Referente al subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas, el 54.13% de los encuestados tienen la percepción que regularmente sus pares ciclistas ejecutan maniobras con imprudencia; en contraste al 39.45% que mencionan que son pocas las veces que los ciclistas realizan maniobras temerarias. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 9), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.35 (a_{14}).

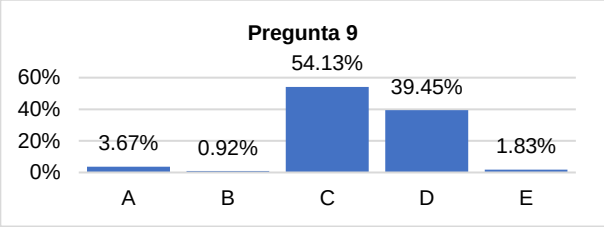
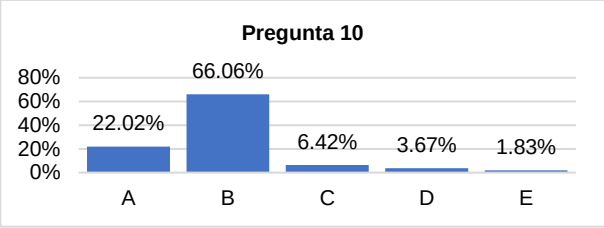
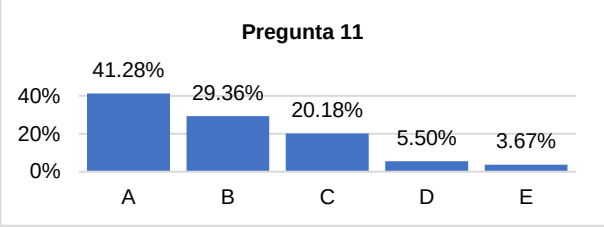
- Referente al subcriterio percepción de alto volumen de tráfico, el 66.06% de los encuestados tiene la percepción que por la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa circula un alto volumen de tráfico. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 10), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 1.97 (a_{15}).

- Por último, en la consideración de los ciclistas acerca del estado actual del nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista en análisis, se detalla que el 41.28% la considera muy segura y el 29.36% como segura. Sólo el 9.17% la considera como insegura y muy insegura.

Tabla 42

Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera: A) Muy adecuado B) Adecuado C) Regular D) Insuficiente E) Muy Insuficiente	
7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Algunas veces E) Nunca se producen	
8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas? A) Muy Constante B) Constante C) Regular D) Escasa E) Nula	

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Pocas Veces E) Nunca	
10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es: A) Muy alto B) Alto C) Regular D) Bajo E) Muy bajo	
11. Considera que la infraestructura ciclista es: A) Muy segura B) Segura C) Medianamente segura D) Insegura E) Muy insegura	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 6, 7, 8, 9, 10 y 11. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 6 ítems fue de 0.708, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

El último subcriterio analizado en este apartado corresponde a la edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco). Según la Tabla 41, el grupo etario predominante entre los ciclistas encuestados corresponde a personas de entre los 18 a 35 años (59.63%). Vista la Tabla 43 se tiene que el porcentaje del uso del casco es del 59.63% entre los ciclistas encuestados, esto constituye un buen hecho ya que la predominancia del uso del casco entre los ciclistas, resguarda la seguridad del usuario y contribuye en buena medida en la determinación de un buen nivel de la seguridad vial de las ciclovías. De lo tratado anteriormente el puntaje del subcriterio correspondiente (a_{16}) es de 4 (Ver Tabla 11). Mediante los resultados obtenidos se determina la relación entre los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco), a través del test chi-cuadrado. El valor del chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 9.859$) resultó ser mayor que el valor de chi-cuadrado crítico [$\chi_c^2(gl = 2, \alpha = 5\%) = 5.991$], por lo que los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco) se relacionan. Además, el cálculo del coeficiente V de Cramer determina que la asociación entre ambos campos presenta un efecto moderado (V=0.30).

Tabla 43

Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa

Evaluación del uso del casco (Pregunta 15)	Porcentaje
Ciclistas con Casco	59.63%
Ciclistas sin Casco	40.37%

3.1.2.2. Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

El tramo de la ciclovía en evaluación (0.764 km) se identifica como una Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Colectora (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en cuatro subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la Tabla 13.

Subtramo 1: Av. Garcilaso de la Vega [Entre la Av. 9 de diciembre – Av. 28 de julio (Antes del By-Pass 28 de julio)], este subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones); los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo, el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 2.40 m (Menor a 2.80 m), y su ancho promedio de seguridad es de 0.66 m (Mayor a 0.60 m). Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 7A).

Subtramo 2: Av. Garcilaso de la Vega [Entre la Av. 9 de diciembre – Av. 28 de julio (Zona de influencia del By-Pass 28 de julio)], este segundo subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación continua (Muros de concreto), el cual se mantiene constante en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 3.54 m (Mayor a 3.20 m), no existe un ancho de seguridad (Debido al By-Pass), pero existe un muro de concreto que lo protege a los ciclistas de los vehículos motorizado. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 5 (Figura 7B).

Subtramo 3: Av. Arequipa [Entre la Av. 28 de julio – Ca. Manuel Corpancho (Zona de influencia del By-Pass 28 de julio)], el tercer subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones), los cuales no se mantienen constantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 2.06 m (Menor a 2.80 m), y su ancho de seguridad es inexistente. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 1 (Figura 7C).

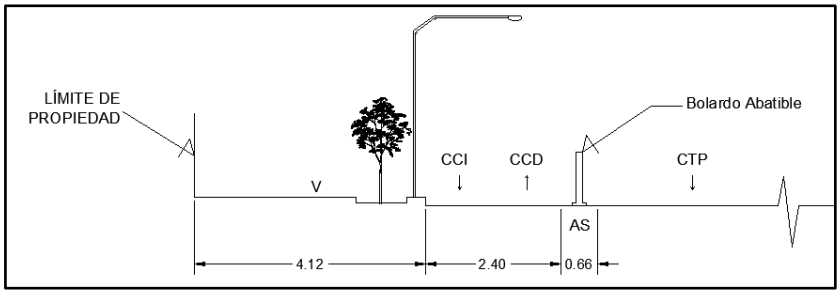
Subtramo 4: Av. Arequipa [Entre la Av. 28 de julio – Ca. Manuel Corpancho (Pasando el By-Pass 28 de julio)], el último subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones), los cuales no se mantienen constantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 2.10 m

(Menor a 2.80 m), y su ancho de seguridad es inexistente. Vista la Tabla 13; al subtramo se le asigna un valor de 1 (Figura 7D).

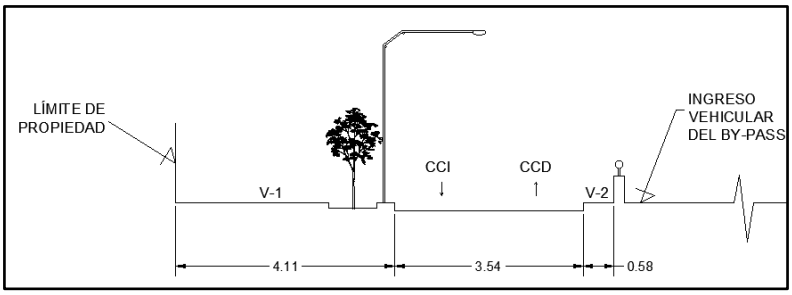
Figura 7

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho)

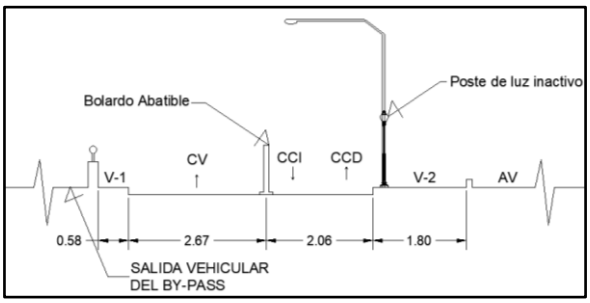
A



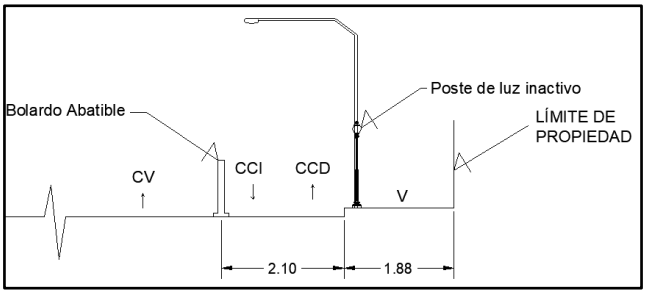
B



C



D



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Entre la Av. 9 de diciembre – Av. 28 de julio (Antes del By-Pass 28 de julio). Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Entre la Av. 9 de diciembre – Av. 28 de julio (Zona de influencia del By-Pass 28 de julio). Panel C: Sección transversal - Subtramo 3 – Entre la Av. 28 de julio – Ca. Manuel Corpancho (Zona de influencia del By-Pass 28 de julio). Panel D: Sección transversal - Subtramo 4 – Entre la Av. 28 de julio – Ca. Manuel Corpancho (Pasando el By-Pass 28 de julio).

Una vez determinados los puntajes de calificación del subcriterio para cada subtramo, se procede a determinar el puntaje calculado del subcriterio para todo el tramo de evaluación; el cual resulta del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo, resultando un valor de 2.50 (a_{22}).

3.1.2.3. Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación)

A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 2 y 3 del tramo de la ciclovía en análisis, son donde se identifican la mayor cantidad de PCA; tres en cada uno. La intersección vial: Av. Garcilaso de la Vega y la Av. 28 de julio es un PCA del subtramo 2 (Figura 8A), del cual se tiene conocimiento que por la Av. 28 de julio transitan un gran volumen de vehículos motorizados; lo que constituye un gran peligro a los ciclistas debido a posibles malas maniobras que podrían efectuar los conductores de vehículos motorizados. En todo el tramo de análisis se identificaron nueve PCA, dada la longitud de la ciclovía de 0.764 km, se obtiene un valor de 12 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 4 para el subcriterio (a_{31}).
- En todo el tramo de análisis, en los subtramos de análisis 2 y 3 se identifican dos ciclo-estacionamientos (Uno en cada subtramo, ver Figuras 7B y 7C), los cuales estaban resguardados por policías y personal de serenazgo. El tipo de soporte de ambos ciclo-estacionamientos correspondían al tipo U invertida. De la evaluación del subcriterio en cuestión y verificando la Tabla 17, se tiene un valor del subcriterio de 5 (a_{32}).
- En todo el tramo de ciclovía de análisis no se encontraron obstáculos (Figura 7D). Por lo tanto, el valor asignado al subcriterio es 5 (a_{33}).

Figura 8

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho)

A

B

C

D

De la evaluación del subcriterio: estado del pavimento de la ciclovía, se identifica que, en los cuatro subtramos analizados, la superficie de rodadura de concreto asfáltico presenta fisuras leves (Figura 9). De lo anterior y visto la Tabla 19, el valor del puntaje calculado del subcriterio (a_{34}) es de 4 (Valor que contribuye en buena medida en la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la ciclovía).

Figura 9

Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 2 - Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega

Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento, semaforización y dispositivos de control del tráfico vehicular. Se detalla que las marcas de pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de los subtramos 1 y 2 son poco perceptibles a los usuarios, lo que contribuye en menor medida a la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la ciclovía (Figura 10A). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran en regular estado (Ver Tabla 20 y Figura 10B). Los bolardos abatibles de los subtramos de análisis 3 y 4 se encuentran incompletos y casi no presentes (Figura 10C). Se identifican semáforos en los subtramos 1, 2 y 3, pero estos no son fácilmente perceptibles a los ciclistas. Previa evaluación por subtramos de análisis, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 3 (a_{35}).

Figura 10

Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa

A

B

C

Respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que el tipo de iluminación cutoff es predominante en los cuatro subtramos analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 4 (a_{36}).

3.1.2.4. Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo)

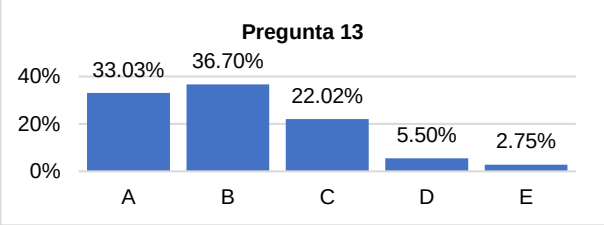
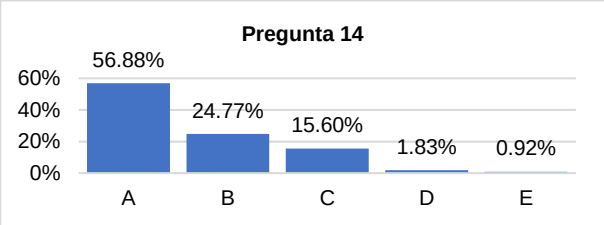
A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Bicicleta (Vehículo):

- Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta, se les consultó a los ciclistas que transitan por el tramo de la ciclovía en evaluación, referente al mantenimiento hecho a su vehículo, buscando conocer el último periodo en que los usuarios realizaron mantenimiento mecánico a sus bicicletas. El 36.70% de los encuestados menciona que le han hecho mantenimiento a su vehículo al menos una vez en los últimos tres meses, seguido del 33.03% que mencionaron haber realizado mantenimiento a sus bicicletas al menos una vez el último mes o su bicicleta es nueva. A partir de la Tabla 22, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.92 (a_{41}).

- Además, se les consultó a los ciclistas acerca de su consideración del uso de elementos perceptivos y su influencia en la contribución de la seguridad vial. El 81.65% de los encuestados considera que el uso de elementos perceptivos contribuye en gran y buena medida en la mejora de la seguridad vial.

Tabla 44

Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta: A) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva B) Al menos una vez, en los últimos tres meses C) Al menos una vez, en los últimos seis meses D) Al menos una vez, en el último año E) Hace más de un año	
14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial: A) Contribuye en gran medida B) Contribuye en buena medida C) Contribuye en regular medida D) No contribuye E) Empeora la situación	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 13 y 14. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 2 ítems fue de 0.702, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

A partir de las inspecciones oculares realizadas (Ver Tabla 45), para determinar los valores de los subcriterios bicicletas con elementos perceptivos y bicicletas con accesorios auxiliares, se tiene a detallar:

- El elemento perceptivo más utilizado entre los ciclistas es el timbre con el 86.41% de uso, seguido de las pegatinas reflectantes con el 56.31% de uso. El uso de ropa retrorreflejante por parte de los ciclistas es del 14.56%. En adición el 29.36% de los ciclistas hace uso de un sólo elemento perceptivo (Entre: ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras o timbre); el 10.09% de los ciclistas utiliza los cinco elementos perceptivos de evaluación. A partir de la Tabla 24, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.24 (a_{42}).
- El accesorio auxiliar más utilizado en las bicicletas de los usuarios es la suspensión con un 87.50% de uso. Además, el 62.39% de los ciclistas emplea un solo accesorio auxiliar; mientras que ninguna de las bicicletas de los usuarios cuenta con los cinco accesorios auxiliares de evaluación. A partir de la Tabla 25, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio (a_{43}) en 1.14 (Valor que contribuye en menor medida en la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la ciclovía analizada).

Tabla 45

Resultados de inspecciones oculares correspondientes

Cantidad de elementos perceptivos identificados	Frecuencias porcentuales	Cantidad de accesorios auxiliares identificados	Frecuencias porcentuales
5	10.09%	5	0.00%
4	6.42%	4	0.00%
3	21.10%	3	0.00%
2	27.52%	2	25.69%
1	29.36%	1	62.39%
0	5.50%	0	11.93%

3.1.2.5. Diagnóstico

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho). Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.66) + 0.2088 \times (3.31) + 0.0987 \times (2.01) + 0.1308 \times (3.35) + 0.1590 \times (1.97) + 0.1378 \times (4)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (0) + 0.3078 \times (2.5) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (4) + 0.0657 \times (5) + 0.1732 \times (5) + 0.2371 \times (4.00) + 0.1837 \times (3.00) + 0.1407 \times (4)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (3.92) + 0.3691 \times (2.24) + 0.2467 \times (1.14)] \quad (21)$$

Donde: a_{22} es ≠ 0 → a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.55 + 0.28 + 1.49 + 0.22 = 2.54 \quad (22)$$

A partir de la Ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual ($IPG_{Calculado}$/ $IPG_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{2.54}{4.18} \times 100 = 61\% \quad (23)$$

De la Ecuación 23, se determina un valor de relación porcentual de 61%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la **Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) se cataloga como SEGURA VIALMENTE.**

3.1.3. Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) en Lima Centro – Distrito de Miraflores

3.1.3.1. Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario)

Para la evaluación del criterio comportamiento del ciclista, se recolectaron 102 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas (Nivel de confianza de la muestra 95% y con un margen de error del 8%). A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

3.1.3.1.1. Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas

La muestra está conformada por el 80.39% de ciclistas del género masculino y el 19.61% de ciclistas del género femenino; adicionalmente el 53.92% de los encuestados mencionaron tener una edad entre los 36 y 60 años; y el 46.08% de los encuestados

mencionan haber alcanzado estudios superiores técnicos. Por otro lado, de las características del viaje de los ciclistas, los que se dirigen a sus trabajos y a sus estudios representan el 79.41% y el 8.82% respectivamente; en adición el 78.43% usa diariamente a la bicicleta para transportarse.

Tabla 46

Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa

Características sociodemográficas			Características del viaje		
Característica	**Categoría**	**Porcentaje**	**Característica**	**Categoría**	**Porcentaje**
Género	Femenino	19.61%	Propósito del viaje	Trabajo	79.41%
	Masculino	80.39%		Estudios	8.82%
Grupo de etario	Entre 18 a 35 años	44.12%		Diversión/Recreación	8.82%
	Entre 36 a 60 años	53.92%		Compras	0.98%
	Más de 60 años	1.96%		Regreso al Hogar/Por Atención Médica	1.96%
Nivel de estudios alcanzados	Primaria	0.98%	Frecuencia del viaje	Diariamente	78.43%
	Secundaria	42.16%		Sólo fines de semana	0.00%
	Superior técnica	46.08%		Días alternados	21.57%
	Superior universitaria	10.78%		Una vez por semana	0.00%
	Estudios de postgrado	0.00%			

3.1.3.1.2. Percepciones de los Ciclistas

Respecto a las percepciones que tienen los ciclistas sobre los subcriterios de evaluación, se tiene a detallar (Ver Tabla 47):

- Referente al subcriterio geometría de la vía, el 44.12% de los encuestados perciben que el ancho de la ciclovía tiene una condición de regular (Posición neutra entre adecuado e insuficiente), seguido del 33.33% que lo considera como adecuado, el 19.61% detalla que el ancho es insuficiente y muy insuficiente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 6), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.17 (a_{11}).

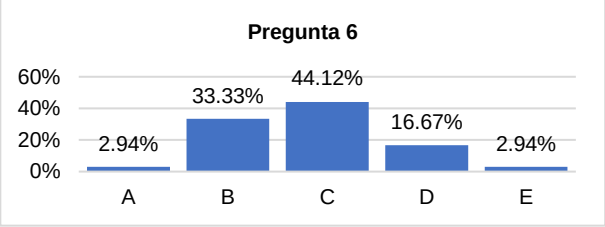
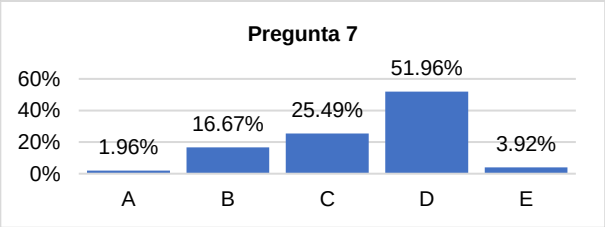
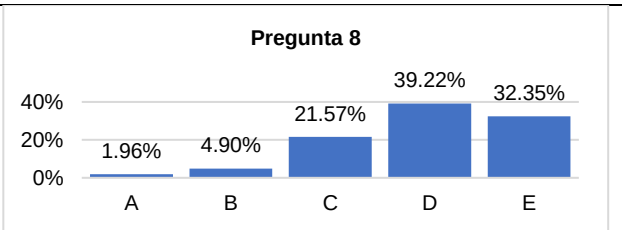
- Referente al subcriterio siniestralidad vial en ciclovías, el 51.96% de los encuestados tienen la percepción que algunas veces se producen siniestros viales, percepción que contribuye en buena medida en la evaluación del nivel de seguridad vial de la ciclovía en análisis. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 7), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.39 (a_{12}).

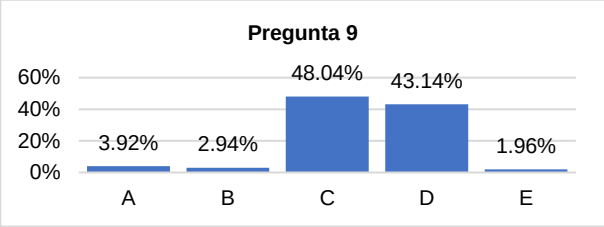
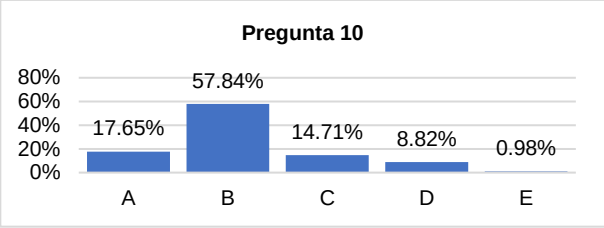
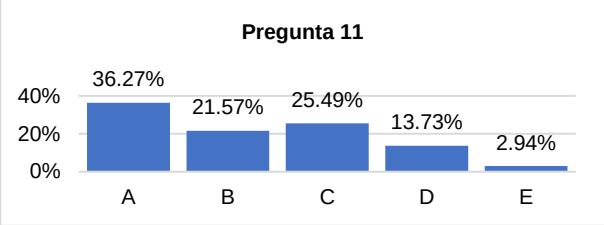
- Referente al subcriterio presencia de policías de tránsito, el 71.57% de los encuestados tiene la percepción que la presencia de policías de tránsito es nula o escasa para el caso del resguardo y control del paso de usuarios por la infraestructura ciclista de análisis; sólo el 4.90% considera que es constante. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 8), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.05 (a_{13}).

- Referente al subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas, el 48.04% de los encuestados tienen la percepción que regularmente sus pares ciclistas ejecutan maniobras con imprudencia; en contraste al 43.14% que mencionan que son pocas las veces que los ciclistas realizan maniobras temerarias. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 9), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.36 (a_{14}).
- Referente al subcriterio percepción de alto volumen de tráfico, el 57.84% de los encuestados tiene la percepción que por la Av. Arequipa circula un alto volumen de tráfico, lo que contribuye en menor medida en la evaluación del nivel de seguridad vial de la ciclovía en análisis. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 10), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.18 (a_{15}).
- Por último, en la consideración de los ciclistas acerca del estado actual del nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista, se detalla que el 57.84% la considera en conjunto como muy segura y segura. Sólo el 16.67% la considera como insegura y muy insegura.

Tabla 47

Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera: A) Muy adecuado B) Adecuado C) Regular D) Insuficiente E) Muy Insuficiente	
7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Algunas veces E) Nunca se producen	
8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas? A) Muy Constante B) Constante C) Regular D) Escasa E) Nula	

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Pocas Veces E) Nunca	
10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es: A) Muy alto B) Alto C) Regular D) Bajo E) Muy bajo	
11. Considera que la infraestructura ciclista es: A) Muy segura B) Segura C) Medianamente segura D) Insegura E) Muy insegura	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 6, 7, 8, 9, 10 y 11. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 6 ítems fue de 0.700, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

El último subcriterio analizado en este apartado es la edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco). Según la Tabla 46, el grupo etario predominante entre los ciclistas encuestados corresponde a personas de entre los 36 a 60 años (53.92%); lo que constituye un buen hecho ya que, de lo tratado en metodología, los adultos tienen un mayor cuidado al manejar por las ciclovías. Vista la Tabla 48 se tiene que el porcentaje del uso del casco es del 56.86% entre los ciclistas encuestados, esto constituye una buena condición ya que la predominancia del uso del casco entre los ciclistas, resguarda la seguridad del usuario y contribuye en buena medida en la determinación de un buen nivel de la seguridad vial de las ciclovías. De lo tratado anteriormente, el puntaje del subcriterio correspondiente (a_{16}) es de 5 (Ver Tabla 11). Mediante los resultados obtenidos se determina la relación entre los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco), a través del test chi-cuadrado. El valor del chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 9.679$) resultó ser mayor que el valor de chi-cuadrado crítico [$\chi_c^2(gl = 2, \alpha = 5\%) = 5.991$], por lo que los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco) se relacionan. Además, el cálculo del coeficiente V de Cramer determina que la asociación entre ambos campos presenta un efecto moderado (V=0.31).

Tabla 48

Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Arequipa

Evaluación del uso del casco (Pregunta 15)	Porcentaje
Ciclistas con Casco	56.86%
Ciclistas sin Casco	43.14%

3.1.3.2. Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

El tramo de la ciclovía en evaluación (1.031 km) se identifica como una Ciclovía en separador central – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Colectora (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en cuatro subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la Tabla 12.

Subtramo 1: Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y Calle Tarapacá), este subtramo se caracteriza por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía; además existen áreas verdes a ambos lados de la ciclovía que se podrían constituirse como anchos de seguridad, estos miden 3.69 m al lado izquierdo y 3.69 m al lado derecho. La ciclovía tiene un ancho de 2.05 m (Menor a 2.80 m), además al lado izquierdo de la ciclovía existe un paseo peatonal de ancho de 1.71 m (Al mismo nivel de la ciclovía), separado por un espacio demarcado de 0.24 m. Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 11A).

Subtramo 2: Av. Arequipa (Entre la Calle Tarapacá y Av. Angamos Este), el segundo subtramo se caracteriza por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía; además existen áreas verdes a ambos lados de la ciclovía que se podrían constituirse como anchos de seguridad, estos miden 3.57 m al lado izquierdo y 3.64 m al lado derecho. La ciclovía tiene un ancho de 2.14 m (Menor a 2.80 m), además al lado izquierdo de la ciclovía existe un paseo peatonal de ancho de 1.69 m (Al mismo nivel de la ciclovía), separado por un espacio demarcado de 0.24 m. Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 11B).

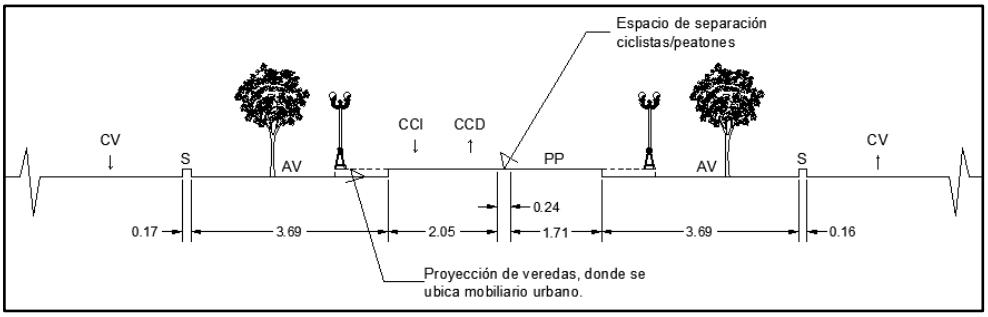
Subtramo 3: Av. Arequipa (Entre la Av. Angamos Este y Calle Enrique Palacios), el tercer subtramo se caracteriza igualmente por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía; además existen áreas verdes a ambos lados de la ciclovía que se podrían constituirse como anchos de seguridad, estos miden 3.65 m al lado izquierdo y 3.64 m al lado derecho. La ciclovía tiene un ancho de 1.86 m (Menor a 2.80 m), además al lado izquierdo de la ciclovía existe un paseo peatonal de ancho de 1.89 m (Al mismo nivel de la ciclovía), separado por un espacio demarcado de 0.24 m. Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 11C).

Subtramo 4: Av. Arequipa (Entre la Calle Enrique Palacios y la Av. José Pardo), el último subtramo se caracteriza igualmente por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía; además existen áreas verdes a ambos lados de la ciclovía que se podrían constituirse como anchos de seguridad, estos miden 3.57 m al lado izquierdo y 3.63 m al lado derecho. La ciclovía tiene un ancho de 2.05 m (Menor a 2.80 m), además a lado izquierdo de la ciclovía existe un paseo peatonal de ancho de 1.71 m (Al mismo nivel de la ciclovía), separado por un espacio demarcado de 0.24 m. Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 11D).

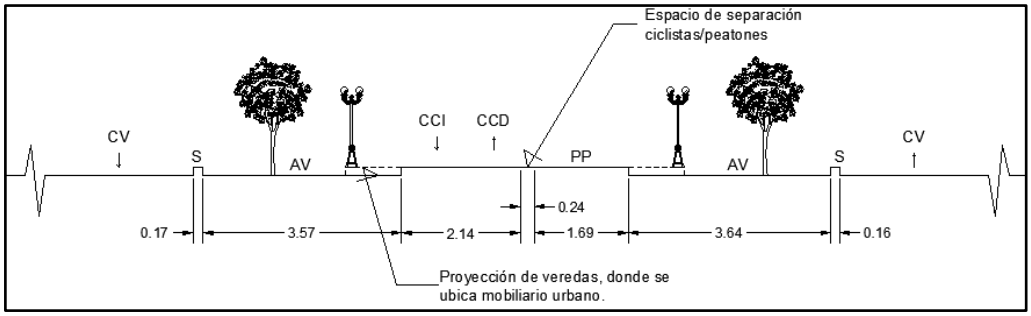
Figura 11

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo)

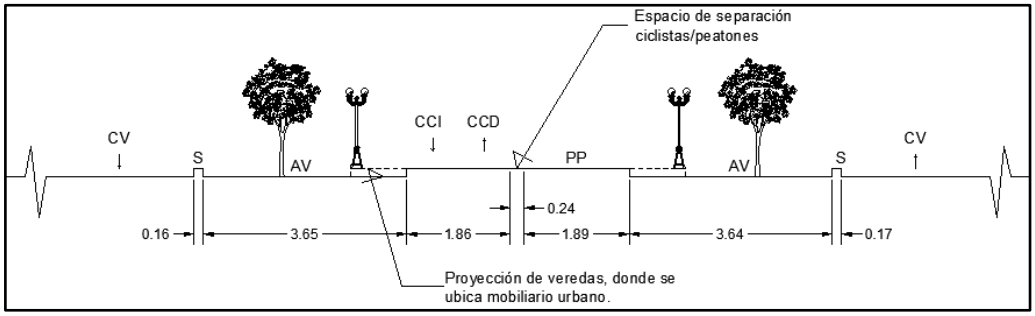
A



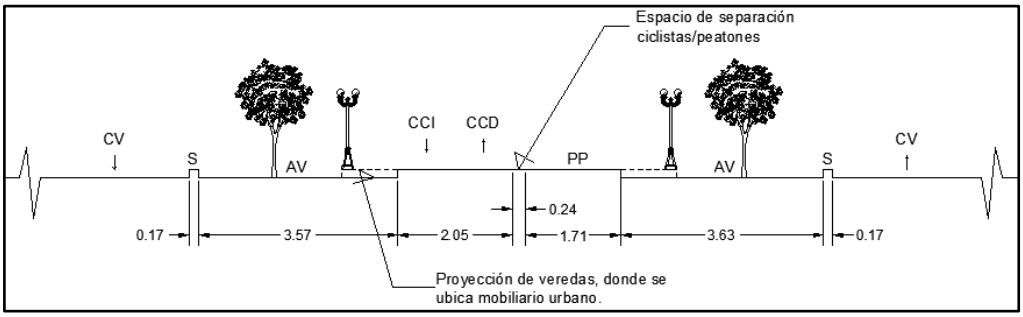
B



C



D



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Entre la Calle García Calderón y Calle Tarapacá. Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Entre la Calle Tarapacá y Av. Angamos Este. Panel C: Sección transversal - Subtramo 3 – Entre la Av. Angamos Este y Calle Enrique Palacios. Panel D: Sección transversal - Subtramo 4 – Entre la Calle Enrique Palacios y la Av. José Pardo.

Una vez determinados los puntajes de calificación del subcriterio para cada subtramo, se procede a determinar el puntaje calculado del subcriterio para todo el tramo de evaluación; el cual resulta del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo, resultando un valor de 3.00 (a_{21}).

3.1.3.3. Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, mantenimiento y operación)

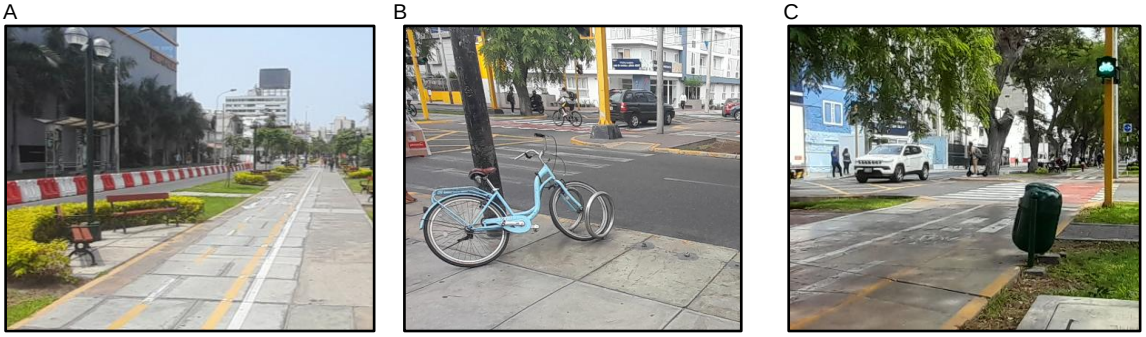
A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 1 y 3 del tramo de la ciclovía en análisis, son donde se identifican la mayor cantidad de PCA; veintiuno y veintitrés, respectivamente. La intersección de la ciclovía y las líneas de deseo peatonal para acceder a mobiliario urbano (Bancas y recolectores de residuos sólidos) son identificados como el más común PCA (Figura 12A), donde se producen conflictos entre los usuarios ciclistas y los peatones, ya que el peatón necesariamente tiene que cruzar por la ciclovía para acceder al mobiliario urbano. En todo el tramo de análisis se identificaron sesenta y cinco PCA, dada la longitud de la ciclovía de 1.031 km, se obtiene un valor de 63 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 1 para el subcriterio (a_{31}).
- En todo el tramo de análisis, en el subtramo 1 se identificó un ciclo estacionamiento resguardado por personal de serenazgo (Figura 12B). El tipo de soporte del ciclo estacionamiento correspondía al tipo poste y anillo. De la evaluación del subcriterio en cuestión y verificando la Tabla 17, se tiene un valor del subcriterio de 4 (a_{32}).
- En todo el tramo de ciclovía de análisis se identificaron cinco obstáculos permanentes (Figura 12C), siendo la densidad de obstáculos por km igual a cinco; por lo cual a partir de lo detallado en la Tabla 17, se determina un puntaje de 4 para el subcriterio (a_{33}).

Figura 12

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) – Ciclovía Av. Arequipa

A B C



De la evaluación del subcriterio: estado del pavimento de la ciclovía, se identifica que, para los cuatro subtramos de análisis, la superficie de rodadura de concreto hidráulico presenta evidencia de fisuras leves, y específicamente para los subtramos 1 y 2 se presentan fallas de peladuras leves (Ver Figura 13). De lo anterior y visto la Tabla 19, el valor del puntaje calculado del subcriterio es de 4.00 (a_{34}).

Figura 13

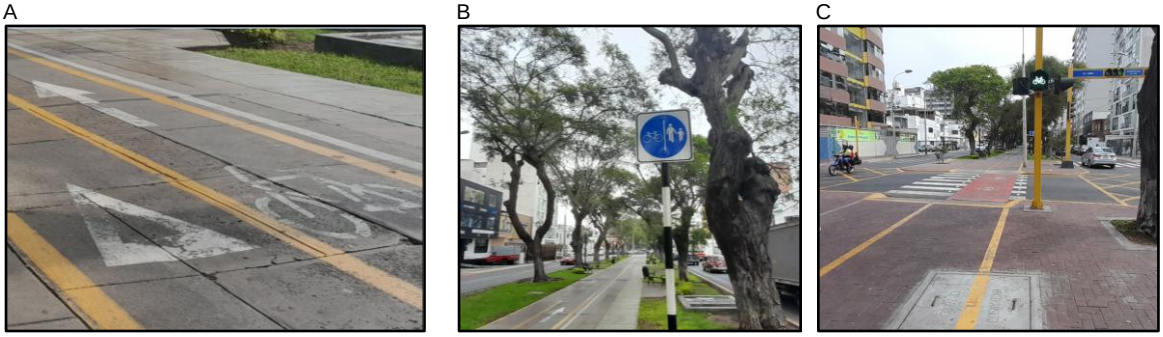
Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 1 - Ciclovía de la Av. Arequipa (Fallas de peladuras leves)

Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento y semaforización. Se detalla que las marcas de pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de los subtramos 1 y 3 se encuentran en regular estado (Figura 14A). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran en buen estado (Ver Tabla 20 y Figura 14B) para todos los subtramos. Se identifican semáforos exclusivos para el tránsito de bicicletas en todos los subtramos de análisis, estos se caracterizan por estar en buen estado (Figura 14C). Previa evaluación por subtramos, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 4.75 (a_{35}).

Figura 14

Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Arequipa

A B C



Por último, respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que el tipo de iluminación non-cutoff es predominante (Un tipo de luminaria que no es recomendable) en los cuatro subtramos analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 2 (a_{36}).

Figura 15

Iluminación non-cutoff – Ciclovía Av. Arequipa

3.1.3.4. Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo)

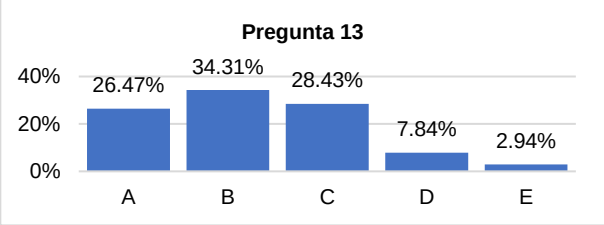
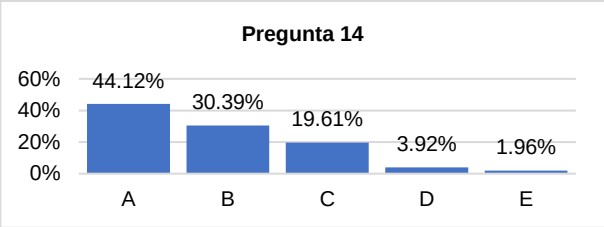
A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Bicicleta (Vehículo):

- Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta: El 34.31% de los encuestados menciona que le han hecho mantenimiento a su vehículo al menos una vez en los últimos tres meses; seguido del 28.43% que mencionaron haber realizado mantenimiento a sus bicicletas al menos una vez en los últimos seis meses. A partir de la Tabla 22, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.74 (a_{41}).

- Además, se les consultó a los ciclistas acerca de su consideración del uso de elementos perceptivos y su influencia en la contribución de la seguridad vial. El 74.51% de los encuestados considera que el uso de elementos perceptivos contribuye en gran y buen medida en la mejora de la seguridad vial.

Tabla 49

Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Arequipa

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta: A) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva B) Al menos una vez, en los últimos tres meses C) Al menos una vez, en los últimos seis meses D) Al menos una vez, en el último año E) Hace más de un año	
14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial: A) Contribuye en gran medida B) Contribuye en buena medida C) Contribuye en regular medida D) No contribuye E) Empeora la situación	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 13 y 14. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 2 ítems fue de 0.704, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

A partir de las inspecciones oculares realizadas (Ver Tabla 50), para determinar los valores de los subcriterios bicicletas con elementos perceptivos y bicicletas con accesorios auxiliares, se tiene a detallar:

- El elemento perceptivo más utilizados entre los ciclistas es el timbre con el 79.21% de uso, seguido de las pegatinas reflectantes con el 63.37% de uso. El uso de ropa retrorreflejante por parte de los ciclistas es el 15.84%. En adición el 33.33% de los ciclistas hace uso de dos elementos perceptivos (Entre: ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras o timbre); el 9.80% de los ciclistas utiliza los cinco elementos perceptivos de evaluación. A partir de la Tabla 24, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.27 (a_{42}).

- El accesorio auxiliar más utilizado en las bicicletas de los usuarios es la suspensión con un 74.07% de uso. Además, el 65.69% de los ciclistas emplea un solo accesorio auxiliar; mientras que ninguna de las bicicletas inspeccionadas cuenta con los cinco accesorios auxiliares evaluados. A partir de la Tabla 25, y con base en la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 0.93 (a_{43}).

Tabla 50

Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Arequipa

Cantidad de elementos perceptivos identificados	Frecuencias porcentuales	Cantidad de accesorios auxiliares identificados	Frecuencias porcentuales
5	9.80%	5	0.00%
4	4.90%	4	0.00%
3	20.59%	3	0.00%
2	33.33%	2	13.73%
1	30.39%	1	65.69%
0	0.98%	0	20.59%

3.1.3.5. Diagnóstico

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo). Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.17) + 0.2088 \times (3.39) + 0.0987 \times (2.05) + 0.1308 \times (3.36) + 0.1590 \times (2.18) + 0.1378 \times (5)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (3) + 0.3078 \times (0) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (1) + 0.0657 \times (4) + 0.1732 \times (4) + 0.2371 \times (4.00) + 0.1837 \times (4.75) + 0.1407 \times (2)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (3.74) + 0.3691 \times (2.27) + 0.2467 \times (0.93)] \quad (24)$$

Donde: a_{21} es ≠ 0 → a_{22}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.56 + 0.61 + 1.20 + 0.22 = 2.59 \quad (25)$$

A partir de la ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual ($IPG_{Calculado}$/ $IPG_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{2.59}{4.18} \times 100 = 62\% \quad (26)$$

De la ecuación 26, se determina un valor de relación porcentual de 62%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la **Ciclovía de la Av. Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) se cataloga como SEGURA VIALMENTE.**

3.1.4. Caso de Estudio: Ciclovías de la Av. Universitaria, sentidos de Norte a Sur y Sur a Norte (Entre la Av. Angélica Gamarra y la Av. Germán Aguirre) en Lima Norte – Distrito de San Martín de Porres

3.1.4.1. Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario)

Para la evaluación del criterio comportamiento del ciclista, se recolectaron 75 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas (Nivel de confianza de la muestra 95% y con un margen de error del 6.1%). Del total, el 49% de las encuestas corresponden a ciclistas que circulaban en el sentido de norte a sur; mientras el 51% de las encuestas corresponden a ciclistas que tenían el sentido de circulación de sur a norte. Para el diagnóstico del nivel de seguridad vial de ambas ciclovías y para el criterio en evaluación, los resultados de las encuestas fueron analizadas en conjunto. Si bien lo ideal es recopilar respuestas de los

usuarios por cada ciclovía y sentido de circulación, se considera que los resultados no presentarían variaciones significativas si las encuestas se hubieran realizado por separado. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

3.1.4.1.1. Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas

La muestra está conformada por el 85.33% de ciclistas del género masculino y el 14.67% de ciclistas del género femenino; adicionalmente el 48% de los encuestados mencionaron tener una edad entre los 36 y 60 años; y el 57.33% de los encuestados mencionan haber alcanzado estudios de Educación Básica Regular – Nivel Secundaria. Por otro lado, de las características del viaje de los ciclistas, los que se dirigen a sus trabajos y a sus estudios representan el 62.67% y el 12% respectivamente; en adición el 69.33% usa diariamente a la bicicleta para transportarse.

Tabla 51

Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria

Características sociodemográficas			Características del viaje		
Característica	**Categoría**	**Porcentaje**	**Característica**	**Categoría**	**Porcentaje**
Género	Femenino	14.67%	Propósito del viaje	Trabajo	62.67%
	Masculino	85.33%		Estudios	12.00%
Grupo de etario	Entre 18 a 35 años	46.67%		Diversión/Recreación	5.33%
	Entre 36 a 60 años	48.00%		Compras	9.33%
	Más de 60 años	5.33%		Regreso al Hogar/Por Atención Médica	10.67%
Nivel de estudios alcanzados	Primaria	0.00%	Frecuencia del viaje	Diariamente	69.33%
	Secundaria	57.33%		Sólo fines de semana	0.00%
	Superior técnica	28.00%		Días alternados	30.67%
	Superior universitaria	14.67%		Una vez por semana	0.00%
	Estudios de postgrado	0.00%			

3.1.4.1.2. Percepciones de los Ciclistas

Respecto a las percepciones que tienen los ciclistas sobre los subcriterios de evaluación, se tiene a detallar (Ver Tabla 52):

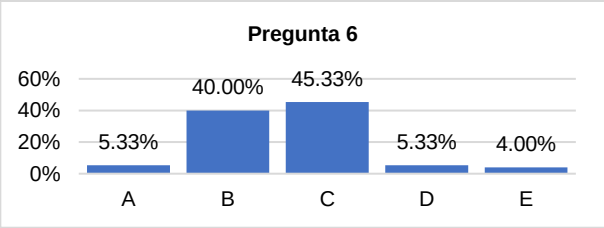
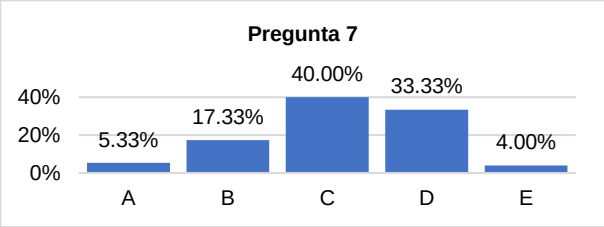
- Referente al subcriterio geometría de la vía, el 45.33% de los encuestados perciben que el ancho de la ciclovía tiene una condición de regular (Posición neutra entre adecuado e insuficiente), seguido del 40% que lo considera como adecuado, el 9.33% en conjunto detallan que el ancho es insuficiente y muy insuficiente. A partir de la Tabla 6, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.37 (a_{11}).

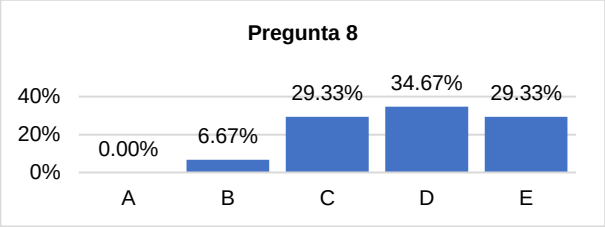
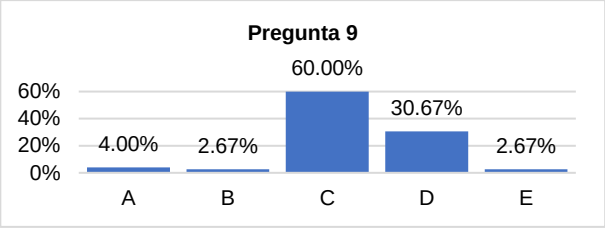
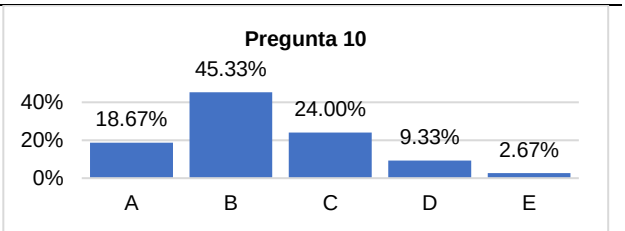
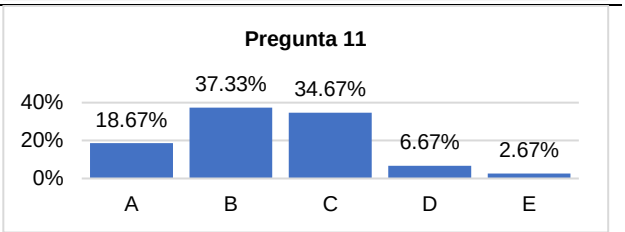
- Referente al subcriterio siniestralidad vial en ciclovías, el 40% de los encuestados mencionan que regularmente se producen siniestros viales, sólo el 22.66% tiene la percepción que se producen siniestros viales frecuentemente y muy frecuentemente. A partir de la Tabla 7, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.13 (a_{12}).

- Referente al subcriterio presencia de policías de tránsito, el 64% de los encuestados tiene la percepción que la presencia de policías de tránsito es nula o escasa para el caso del resguardo y control del paso de usuarios por la infraestructura ciclista de análisis; sólo el 6.67% considera que es constante. A partir de la Tabla 8, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.13 (a_{13}).
- Referente al subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas, el 60% de los encuestados tienen la percepción que regularmente sus pares ciclistas ejecutan maniobras con imprudencia; en contraste el 30.67% mencionan que son pocas las veces que los ciclistas realizan maniobras temerarias. A partir de la Tabla 9, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.25 (a_{14}).
- Referente al subcriterio percepción de alto volumen de tráfico, el 45.33% de los encuestados tiene la percepción que por la Av. Universitaria circula un alto volumen de tráfico; el 12% considera que el volumen de tráfico motorizado es bajo y muy bajo. A partir de la Tabla 10, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.32 (a_{15}).
- Por último, en la consideración de los ciclistas acerca del estado actual del nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista en análisis, se detalla que el 56% la considera como muy segura y segura. El 9.34% la considera como insegura y muy insegura.

Tabla 52

Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera: A) Muy adecuado B) Adecuado C) Regular D) Insuficiente E) Muy Insuficiente	
7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Algunas veces E) Nunca se producen	

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas? A) Muy Constante B) Constante C) Regular D) Escasa E) Nula	
9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Pocas Veces E) Nunca	
10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es: A) Muy alto B) Alto C) Regular D) Bajo E) Muy bajo	
11. Considera que la infraestructura ciclista es: A) Muy segura B) Segura C) Medianamente segura D) Insegura E) Muy insegura	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 6, 7, 8, 9, 10 y 11. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 6 ítems fue de 0.700, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

El último subcriterio analizado en este apartado es la edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco). Según la Tabla 51, el grupo etario predominante entre los ciclistas encuestados corresponde a personas de entre los 36 a 60 años (48.00%); lo que constituye un buen hecho ya que, de lo tratado en la metodología, los adultos tienen un mayor cuidado al manejar por las ciclovías; sin embargo, en las ciclovías analizadas, el porcentaje del uso del casco entre los ciclistas encuestados es del 34.67% (Menor del 40%). En consecuencia, el puntaje asignado al subcriterio correspondiente (a_{16}) es de 1 (Ver Tabla 11). Mediante los resultados obtenidos se determina la relación entre los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco), a través del test chi-cuadrado. El valor del chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 6.596$) resultó ser mayor que el valor de chi-cuadrado crítico [$\chi_c^2(gl = 2, \alpha = 5\%) = 5.991$], por lo que los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco) se relacionan. Además, el cálculo del coeficiente V de Cramer determina que la asociación entre ambos campos presenta un efecto moderado (V=0.30).

Tabla 53

Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Universitaria

Evaluación del uso del casco (Pregunta 15)	Porcentaje
Ciclistas con Casco	34.67%
Ciclistas sin Casco	65.33%

3.1.4.2. Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

El tramo de la ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre en el sentido de norte a sur (1.539 km) se identifica como una Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Arterial (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en tres subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la Tabla 13.

Subtramo 1: Av. Universitaria, sentido Norte – Sur (Entre la Av. A. Gamarra y la Av. Tomás Valle), el primer subtramo se caracteriza por estar segregado de los vehículos motorizados a través de sardineles. El ancho promedio del carril de la ciclovía es de 1.51 m (Menor a 1.60 m). En el lado izquierdo de la ciclovía existe áreas verdes, con un ancho de sección transversal de 2.90 m (Mayor a 0.60 m), constituyéndose como un ancho de seguridad; de similar manera en el lado derecho de la ciclovía existen áreas verdes con un ancho en sección transversal promedio de 1.99 m (Mayor a 0.60 m), lo que igualmente se constituye como un ancho de seguridad. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 16A).

Subtramo 2: Av. Universitaria, sentido Norte – Sur (Entre la Av. Tomás Valle y la Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma), el segundo subtramo se caracteriza por estar segregado de los vehículos motorizados a través de sardineles y veredas. El ancho promedio del carril de la ciclovía es de 1.48 m (Menor a 1.60 m). En el lado izquierdo de la ciclovía existe áreas verdes, con un ancho de sección transversal de 3.88 m (Mayor a 0.60 m), el cual se constituye como un ancho de seguridad; en el lado derecho, la ciclovía está segregada por una vereda de un ancho de 1.01 m (Mayor a 0.60 m), constituyéndose, a su vez, como una barrera protectora para los ciclistas frente al tránsito motorizado. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 16B).

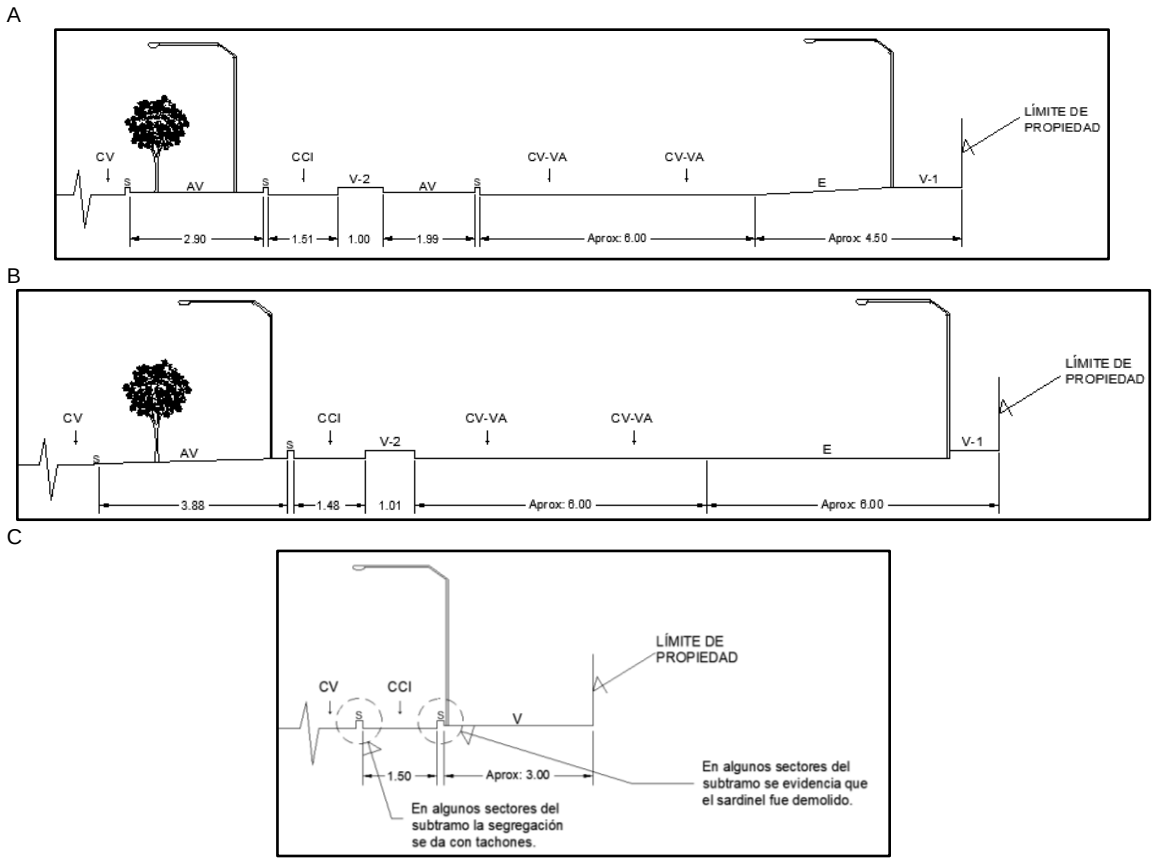
Subtramo 3: Av. Universitaria, sentido Norte – Sur (Entre la Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma y la Av. Germán Aguirre), este tercer subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua, como bolardos y tachones, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la

ciclovía (Un carril, un sentido) es de 1.50 m (Menor a 1.60 m), y es inexistente el ancho de seguridad; vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 1 (Figura 16C).

Determinado los puntajes de calificación del subcriterio por cada subtramo, se tiene a determinar el puntaje calculado del subcriterio para todo el tramo de evaluación; el cual resulta del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo, el valor se calcula en 2.33 (a_{22}).

Figura 16

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Universitaria, sentido Norte - Sur



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Entre la Av. A. Gamarra con la Av. Tomás Valle. Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Entre la Av. Tomás Valle con la Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma. Panel C: Sección transversal - Subtramo 3 – Entre la Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma con la Av. Germán Aguirre.

El tramo de la ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra en el sentido de sur a norte (1.526 km) se identifica como una Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Arterial (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en tres subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la

asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la 13.

Subtramo 1: Av. Universitaria, sentido Sur – Norte (Entre Av. Germán Aguirre e Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma), este subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua, como bolardos y tachones, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Un carril, un sentido) es de 1.50 m (Menor a 1.60 m), y es inexistente el ancho de seguridad. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 1 (Figura 17A).

Subtramo 2: Av. Universitaria, sentido Sur – Norte (Entre Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma y la Av. Tomás Valle), el segundo subtramo se caracteriza por estar segregado de los vehículos motorizados a través de sardineles y veredas. El ancho promedio del carril de la ciclovía es de 1.47 m (Menor a 1.60 m). En el lado izquierdo de la ciclovía existe áreas verdes, con un ancho de sección transversal de 5.43 m (Mayor a 0.60 m), el cual se constituye como un ancho de seguridad; en el lado derecho, la ciclovía está segregada por una vereda de un ancho de 1.02 m (Mayor a 0.60 m), y, a su vez, actúa como barrera protectora para los ciclistas frente al tránsito motorizado. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 17B).

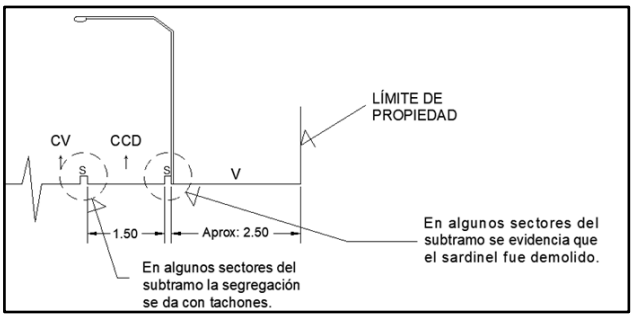
Subtramo 3: Av. Universitaria, sentido Sur – Norte (Entre Av. Tomás Valle con la Av. A. Gamarra), el último subtramo se caracteriza igualmente por estar segregado de los vehículos motorizados a través de sardineles y veredas. El ancho promedio del carril de la ciclovía es de 1.50 m (Menor a 1.60 m). En el lado izquierdo de la ciclovía existe áreas verdes, con un ancho de sección transversal de 2.88 m (Mayor a 0.60 m), el cual se constituye como un ancho de seguridad; en el lado derecho, la ciclovía está segregada por una vereda de un ancho de 0.99 m (Mayor a 0.60 m), y, a su vez, actúa como barrera protectora para los ciclistas frente al tránsito motorizado. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 3 (Figura 17C).

Determinado los puntajes de calificación del subcriterio por cada subtramo, se tiene a determinar el puntaje calculado del subcriterio para todo el tramo de evaluación; el cual resulta del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo. El valor se calcula en 2.33 (a_{22}).

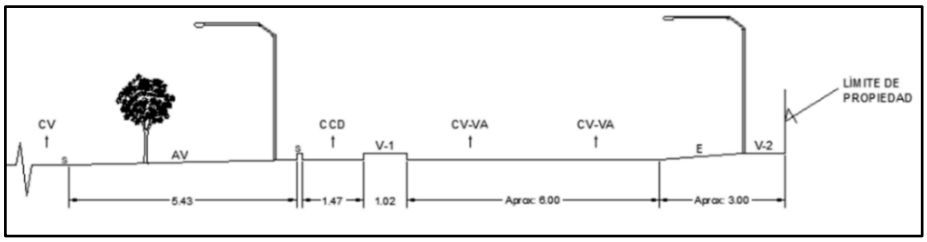
Figura 17

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Universitaria, sentido Sur - Norte (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra)

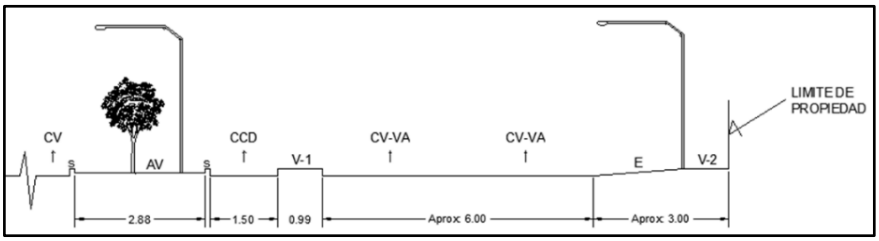
A



B



C



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Entre Av. Germán Aguirre e Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma. Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Entre Int. de la Av. Universitaria con la Calle Clemente Palma con la Av. Tomás Valle. Panel C: Sección transversal - Subtramo 3 – Entre Av. Tomás Valle con la Av. A. Gamarra.

3.1.4.3. Evaluación del Criterio: Entorno vial (Diseño, Mantenimiento y Operación)

<u>Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre en el sentido de norte a sur (1.539 km)</u>

A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 1 y 2 del tramo de la ciclovía analizada se identifican la mayor cantidad de PCA; catorce y doce, respectivamente. La intersección vial entre la Av. Universitaria y la Av. Tomás Valle es un PCA del subtramo 1 (Figura 18A), del cual se tiene conocimiento que, por la Av. Tomás Valle transitan un gran volumen de vehículos motorizados; lo que constituye un gran peligro a los ciclistas debido a posibles malas maniobras que podrían efectuar los conductores de vehículos motorizados. En todo el tramo de análisis se identificaron treinta y cuatro PCA, dada la

longitud de la ciclovía de 1.539 km, se obtiene un valor de 22 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 3 para el subcriterio (a_{31}).

- En todo el tramo de análisis no se identificaron ACES, por lo que el valor del subcriterio se fija en 0 (a_{32}).

- En todo el tramo de ciclovía de análisis se identificaron siete obstáculos temporales (Por ejemplo: material de desmonte – Figura 18B), siendo la densidad de obstáculos por km igual a cinco; por lo cual a partir de lo detallado en la Tabla 17, se determina un puntaje de 4 para el subcriterio (a_{33}).

- En los tres subtramos de la ciclovía se tiene una superficie de rodadura de concreto asfáltico (Figura 18C), los cuales presentan fisuras leves. De lo anterior y visto la Tabla 19, el valor del puntaje calculado del subcriterio es de 4.00 (a_{34}).

- Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento, semaforización y dispositivos de control del tráfico vehicular (Sólo para el subtramo 3). Se detalla que las marcas de pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de todos los subtramos se encuentran desgastadas por la misma operación, tiempo y clima; pero son perceptibles en su función (Figura 18D). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran en regular estado (Ver Tabla 20 y Figura 18E). Los dispositivos de control de tráfico vehicular se encuentran en regulares condiciones y presentes predominantemente a lo largo del subtramo 3. Se identifican semáforos exclusivos para el tránsito de bicicletas en los subtramos 1 y 2, los cuales se encuentran funcionando en perfectas condiciones (Figura 18F). Previa evaluación por subtramos de análisis, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 3.00 (a_{35}).

- Respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que el tipo de iluminación cutoff es predominante en los tres subtramos analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 4 (a_{36}).

Figura 18

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Universitaria en el sentido de norte a sur (Entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre)

A

B

C

D

E

F

<u>Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra en el sentido de sur a norte (1.526 km)</u>

A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 1 y 3 del tramo de la ciclovía en análisis son donde se identifican la mayor cantidad de PCA; once en cada uno (Figura 19A). En todo el tramo de análisis se identificaron veintiocho PCA, dada la longitud de la ciclovía de 1.526 km, se obtiene un valor de 18 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 4 para el subcriterio (a_{31}).
- En todo el tramo de análisis no se identificaron ACES, por lo que el valor del subcriterio se fija en 0 (a_{32}).
- En todo el tramo de ciclovía de análisis se identificaron cinco obstáculos permanentes (Ubicados todos en el primer subtramo) y seis obstáculos temporales (Por ejemplo: residuos sólidos – Figura 18B), siendo la densidad de obstáculos por km igual a siete; por lo cual a partir de lo detallado en la Tabla 17, se determina un puntaje de 3 para el subcriterio (a_{33}).
- En los tres subtramos de la ciclovía se tiene una superficie de rodadura de concreto asfáltico, el cual evidencia presentar evidencia de fisura leves (Figura 18C). De lo anterior y visto la Tabla 19, el valor del puntaje calculado del subcriterio es de 4.00 (a_{34}).
- Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento, semaforización y dispositivos de control del tráfico vehicular (Sólo para el subtramo 1). Se detalla que las marcas de

pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de todos los subtramos se encuentran desgastadas por la misma operación, tiempo y clima; pero son perceptibles en su función (Figura 18D). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran en regular estado (Ver Tabla 20 y Figura 18E). Los dispositivos de control de tráfico vehicular se encuentran en regulares condiciones y presentes predominantemente a lo largo del subtramo 1. Se identifican semáforos exclusivos para el tránsito de bicicletas en los subtramos 1 y 3, los cuales se encuentran funcionando en perfectas condiciones (Figura 18F). Previa evaluación por subtramos de análisis, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 2.67 (a_{35}).

- Respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que el tipo de iluminación cutoff es predominante en los tres subtramos analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 4 (a_{36}).

Figura 19

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Universitaria en el sentido de sur a norte (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra)

3.1.4.4. Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo)

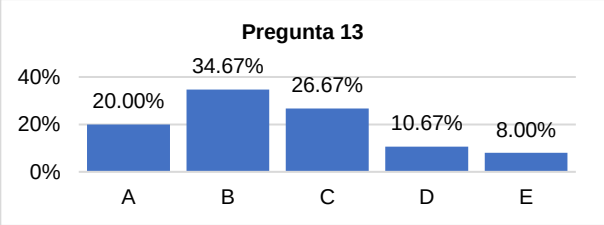
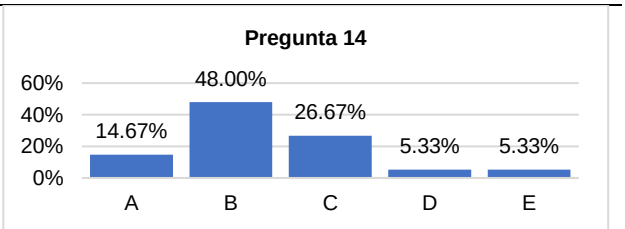
Se detalla a continuación la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio Bicicleta (Vehículo), siguiendo el mismo planteamiento de evaluación del criterio Comportamiento del Ciclista (Ver Ítem 3.1.4.1.). Los resultados de este criterio se analizan en conjunto para la evaluación del diagnóstico del nivel de seguridad vial en las ciclovías evaluadas de la Av. Universitaria. No se prevén cambios significativos en los resultados si las encuestas se realizan por separado.

- Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta: el 34.67% de los encuestados menciona que le han hecho mantenimiento a su vehículo al menos una vez en los últimos tres meses; seguido del 26.67% que mencionaron haber realizado mantenimiento a sus bicicletas al menos una vez en los últimos seis meses. A partir de la Tabla 22, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.48 (a_{41}).

- Además, se les consultó a los ciclistas acerca de su consideración del uso de elementos perceptivos y su influencia en la contribución de la seguridad vial. El 62.67% de los encuestados considera que el uso de elementos perceptivos contribuye en gran y buena medida en la mejora de la seguridad vial.

Tabla 54

Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Universitaria

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta: A) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva B) Al menos una vez, en los últimos tres meses C) Al menos una vez, en los últimos seis meses D) Al menos una vez, en el último año E) Hace más de un año	
14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial: A) Contribuye en gran medida B) Contribuye en buena medida C) Contribuye en regular medida D) No contribuye E) Empeora la situación	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 13 y 14. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 2 ítems fue de 0.705, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

A partir de las inspecciones oculares realizadas (Ver Tabla 55), para determinar los valores de los subcriterios bicicletas con elementos perceptivos y bicicletas con accesorios auxiliares, se tiene a detallar:

- El elemento perceptivo más utilizado entre los ciclistas es el timbre con el 84.29% de uso, seguido de las pegatinas reflectantes con el 47.14% de uso. El uso de ropa retrorreflejante por parte de los ciclistas es el 12.86%. En adición el 45.33% de los ciclistas hace uso de tan solo un elemento perceptivo (Entre: ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras o timbre). A partir de la Tabla 24, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio (a_{42}) en 1.93 (Para ambas ciclovías de la Av. Universitaria – Tramos en evaluación).
- El accesorio auxiliar más utilizado en las bicicletas de los usuarios es la suspensión con un 74.47% de uso. Además, el 45.33% de los ciclistas hace uso de un solo accesorio auxiliar; mientras que ninguna de las bicicletas inspeccionadas cuenta con los cinco accesorios auxiliares de evaluación. A partir de la Tabla 25, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio (a_{43}) en 0.84 (Para ambas ciclovías de la Av. Universitaria – Tramos en evaluación).

Tabla 55

Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Universitaria

Cantidad de elementos perceptivos identificados	Frecuencias porcentuales	Cantidad de accesorios auxiliares identificados	Frecuencias porcentuales
5	4.00%	5	0.00%
4	13.33%	4	0.00%
3	13.33%	3	4.00%
2	17.33%	2	13.33%
1	45.33%	1	45.33%
0	6.67%	0	37.33%

3.1.4.5. Diagnóstico

<u>Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre en el sentido de norte a sur (1.539 km)</u>

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre en el sentido de norte a sur. Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.37) + 0.2088 \times (3.13) + 0.0987 \times (2.13) + 0.1308 \times (3.25) + 0.1590 \times (2.32) + 0.1378 \times (1)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (0) + 0.3078 \times (2.33) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (3) + 0.0657 \times (0) + 0.1732 \times (4) + 0.2371 \times (4.00) + 0.1837 \times (3.00) + 0.1407 \times (4)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (3.48) + 0.3691 \times (1.93) + 0.2467 \times (0.84)] \quad (27)$$

Donde: a_{22} es ≠ 0 → a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.46 + 0.26 + 1.24 + 0.20 = 2.16 \quad (28)$$

A partir de la Ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual (IPG $_{Calculado}$/ IPG $_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{2.16}{4.18} \times 100 = 52\% \quad (29)$$

De la ecuación 29, se determina un valor de relación porcentual de 52%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la **Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre en el sentido de norte a sur se cataloga como MEDIANAMENTE SEGURA VIALMENTE.**

<u>Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra en el sentido de sur a norte (1.526 km)</u>

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra en el sentido de sur a norte. Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.37) + 0.2088 \times (3.13) + 0.0987 \times (2.13) + 0.1308 \times (3.25) + 0.1590 \times (2.32) + 0.1378 \times (1)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (0) + 0.3078 \times (2.33) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (4) + 0.0657 \times (0) + 0.1732 \times (3) + 0.2371 \times (4.00) + 0.1837 \times (2.67) + 0.1407 \times (4)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (3.48) + 0.3691 \times (1.93) + 0.2467 \times (0.84)] \quad (30)$$

Donde: a_{22} es ≠ 0 → a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.46 + 0.26 + 1.22 + 0.20 = 2.14 \quad (31)$$

A partir de la ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual (IPG $_{Calculado}$/ IPG $_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{2.14}{4.18} \times 100 = 51\% \quad (32)$$

De la ecuación 32, se determina un valor de relación porcentual de 51%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la **Ciclovía de la Av. Universitaria entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra en el sentido de sur a norte como MEDIANAMENTE SEGURA VIALMENTE.**

3.1.5. Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) en Lima Sur – Distrito de Chorrillos

3.1.5.1. Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario)

Para la evaluación del criterio comportamiento del ciclista, se recolectaron 70 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas (Nivel de confianza de la muestra 95% y con un margen de error del 5.4%), a continuación, se detallan los resultados obtenidos:

3.1.5.1.1. Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas

La muestra está conformada por el 72.86% de ciclistas del género masculino y el 27.14% de ciclistas del género femenino; adicionalmente el 42.86% de los encuestados

mencionaron tener una edad entre los 36 y 60 años, y el 71.43% de los encuestados mencionan haber alcanzado estudios de Educación Básica Regular – Nivel Secundaria. Por otro lado, de las características del viaje de los ciclistas, los que se dirigen a sus trabajos y a sus estudios representan el 45.71% y el 7.14% respectivamente; también el propósito de viaje por compras es representativo con el 27.14%; en adición el 68.57% usa diariamente a la bicicleta para transportarse.

Tabla 56

Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil

Características sociodemográficas			Características del viaje		
Característica	**Categoría**	**Porcentaje**	**Característica**	**Categoría**	**Porcentaje**
Género	Femenino	27.14%	Propósito del viaje	Trabajo	45.71%
	Masculino	72.86%		Estudios	7.14%
Grupo de etario	Entre 18 a 35 años	40.00%		Diversión/Recreación	11.43%
	Entre 36 a 60 años	42.86%		Compras	27.14%
	Más de 60 años	17.14%		Regreso al Hogar/Por Atención Médica	8.57%
Nivel de estudios alcanzados	Primaria	2.86%	Frecuencia del viaje	Diariamente	68.57%
	Secundaria	71.43%		Sólo fines de semana	0.00%
	Superior técnica	20.00%		Días alternados	28.57%
	Superior universitaria	5.71%		Una vez por semana	2.86%
	Estudios de postgrado	0.00%			

3.1.5.1.2. Percepciones de los Ciclistas

Respecto a las percepciones que tienen los ciclistas sobre los subcriterios de evaluación, se tiene a detallar (Tabla 57):

- Referente al subcriterio geometría de la vía, el 57.14% de los encuestados perciben que el ancho de la ciclovía tiene una condición de regular (Posición neutra entre adecuado e insuficiente), seguido del 27.14% que lo considera como adecuado, el 12.86% en conjunto se detalla que el ancho es insuficiente y muy insuficiente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 6), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.17 (a_{11}).

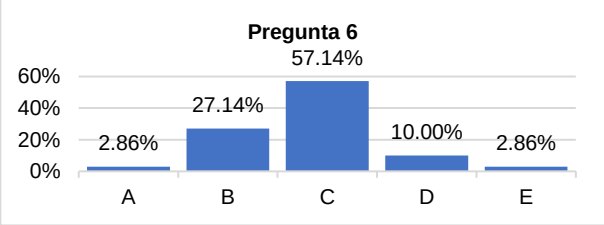
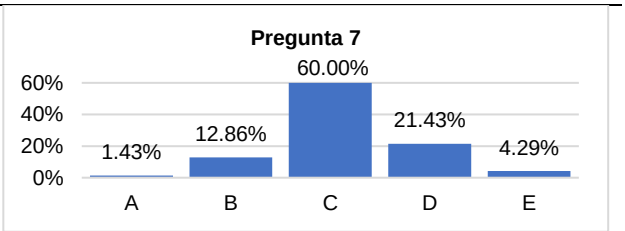
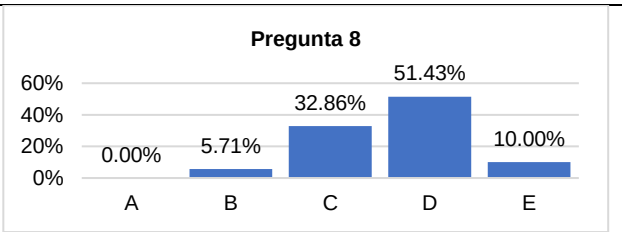
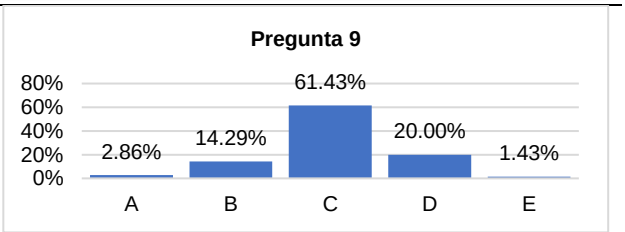
- Referente al subcriterio siniestralidad vial en ciclovías, el 60% de los encuestados mencionan que regularmente se producen siniestros viales, sólo el 14.29% tiene la percepción que se producen siniestros viales frecuentemente y muy frecuentemente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas dadas (Tabla 7) se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.14 (a_{12}).

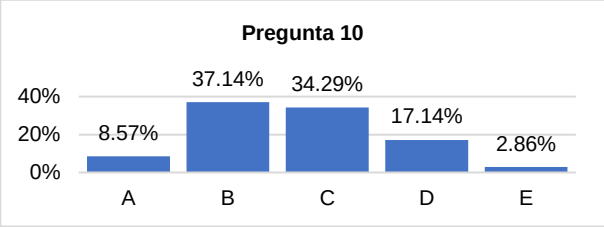
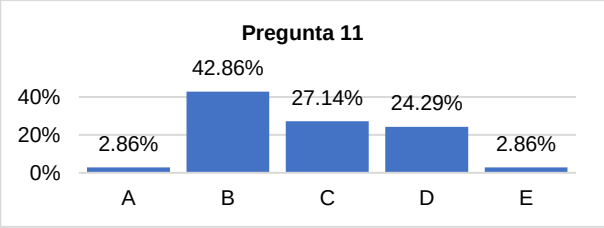
- Referente al subcriterio presencia de policías de tránsito, el 61.43% de los encuestados tiene la percepción que la presencia de policías de tránsito es nula o escasa para el caso del resguardo y control del paso de usuarios por la infraestructura ciclista de análisis; sólo el 5.71% considera que es constante. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 8), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.34 (a_{13}).

- Referente al subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas, el 61.43% de los encuestados tienen la percepción que regularmente sus pares ciclistas ejecutan maniobras con imprudencia; en contraste el 20% mencionan que son pocas las veces que los ciclistas realizan maniobras temerarias. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 9), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.03 (a_{14}).
- Referente al subcriterio percepción de alto volumen de tráfico, el 37.14% de los encuestados tiene la percepción que por la Av. Guardia Civil circula un alto volumen de tráfico; el 20% considera que el volumen de tráfico motorizado es bajo y muy bajo. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas dadas (Tabla 10) se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.69 (a_{15}).
- Por último, en la consideración de los ciclistas acerca del estado actual del nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista en análisis, se detalla que el 42.86% la considera segura. El 27.15% la considera como insegura y muy insegura.

Tabla 57

Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera: A) Muy adecuado B) Adecuado C) Regular D) Insuficiente E) Muy Insuficiente	
7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Algunas veces E) Nunca se producen	
8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas? A) Muy Constante B) Constante C) Regular D) Escasa E) Nula	
9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Pocas Veces E) Nunca	

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es: A) Muy alto B) Alto C) Regular D) Bajo E) Muy bajo	
11. Considera que la infraestructura ciclista es: A) Muy segura B) Segura C) Medianamente segura D) Insegura E) Muy insegura	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 6, 7, 8, 9, 10 y 11. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 6 ítems fue de 0.702, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

El último subcriterio analizado en este apartado es la edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco). Según la Tabla 56, el grupo etario predominante entre los ciclistas encuestados corresponde a personas de entre los 36 a 60 años (42.86%); lo que constituye un buen hecho ya que, de lo tratado en la metodología, los adultos tienen un mayor cuidado al manejar por las ciclovías. No obstante, en la ciclovía analizada, el uso del casco entre los ciclistas encuestados es inferior al 40% (Tabla 58) y solo el 20.00% de los ciclistas chorrillanos encuestados adopta medidas pasivas de seguridad (uso del casco), lo que representa un factor de riesgo para la seguridad vial. Con base en estos resultados, se determina el puntaje del subcriterio (a_{16}) en 1 (Ver Tabla 11), un valor que contribuye en menor medida en la determinación del nivel de seguridad vial de la ciclovía analizada. Mediante los resultados obtenidos se determina la relación entre los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco), a través del test chi-cuadrado. El valor del chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 11.384$) resultó ser mayor que el valor de chi-cuadrado crítico [$\chi_c^2(gl = 2, \alpha = 5\%) = 5.991$], por lo que los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco) se relacionan. Además, el cálculo del coeficiente V de Cramer determina que la asociación entre ambos campos presenta un efecto moderado (V=0.40).

Tabla 58

Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Guardia Civil

Evaluación del uso del casco (Pregunta 15)	Porcentaje
Ciclistas con Casco	20.00%
Ciclistas sin Casco	80.00%

3.1.5.2. Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

El tramo de la ciclovía en evaluación (1.473 km) se identifica como una Ciclovía en calzada – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Colectora (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en cuatro subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la Tabla 13.

Subtramo 1: Av. Guardia Civil (Entre Av. El Sol y Ca. Los Meteoros), este subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua de vehículos motorizados, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 3.00 m (Valor entre 2.80 m a 3.20 m), y su ancho promedio de seguridad es de 0.95 m (Mayor a 0.60 m); además se detalla que la segregación de la ciclovía se refuerza con un desnivel, respecto a los carriles vehiculares. La ciclovía se encuentra adyacente al mismo nivel con una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal se encuentra debidamente demarcada. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 4 (Figura 20A).

Subtramo 2: Av. Guardia Civil (Entre Calle Los Meteoros y la Av. Guardia Peruana), el segundo subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones) de vehículos motorizados, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 2.99 m (Valor entre 2.80 m a 3.20 m), y su ancho promedio de seguridad es de 0.85 m (Mayor a 0.60 m); además se detalla que la segregación de la ciclovía se refuerza con un desnivel, respecto a los carriles vehiculares. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 4 (Figura 20B). En este subtramo se identifican diversos postes de concreto ubicados dentro de los carriles para bicicletas, situación que contribuye en contra de la seguridad vial; esta condición es evaluada en el subcriterio: Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, cuyo análisis se desarrolla en detalle en el ítem 3.1.5.3.

Subtramo 3: Av. Guardia Civil (Entre Av. Guardia Peruana y Jirón Tolomeo), el tercer subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones) de vehículos motorizados, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo; el ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles - Bidireccional) es de 3.02 m (Valor entre 2.80 m a 3.20 m), y su ancho promedio de seguridad es de 1.43 m (Mayor a 0.60 m); además se detalla que la segregación de la ciclovía se refuerza con un desnivel, respecto a los carriles vehiculares. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 4 (Figura 20C). En el subtramo 3 se identifican postes de concreto y puestos de

venta itinerantes ubicados dentro de los carriles para bicicletas, situación que contribuye en contra de la seguridad vial; esta condición se evalúa en el subcriterio: cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, cuyo análisis se desarrolla en detalle en el ítem 3.1.5.3.

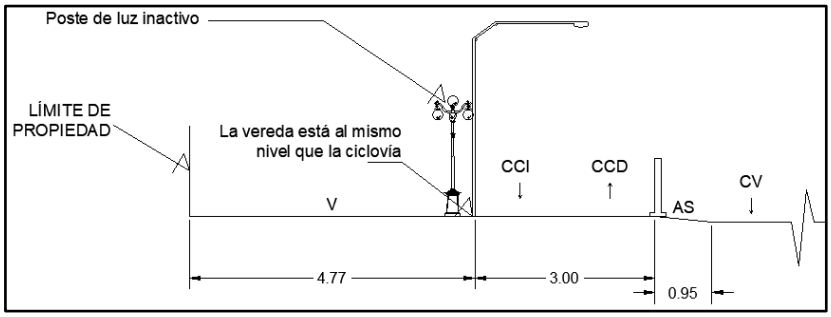
Subtramo 4: Av. Guardia Civil (Entre Jirón Tolomeo y Av. Prolongación Huaylas), el último subtramo se caracteriza por tener elementos de segregación discontinua (Bolardos y tachones) de vehículos motorizados, los cuales se mantienen parcialmente predominantes en todo el subtramo. Respecto al ancho promedio de la ciclovía (Dos carriles – Bidireccional) este es de 3.01 m (Valor entre 2.80 m a 3.20 m), y su ancho promedio de seguridad es de 1.07 m (Mayor a 0.60 m); además se detalla que la segregación de la ciclovía se refuerza con un desnivel, respecto a los carriles vehiculares. La ciclovía se encuentra adyacente al mismo nivel con una vía peatonal, la separación entre la ciclovía y la vía peatonal se encuentra debidamente demarcada. Vista la Tabla 13, al subtramo se le asigna un valor de 4 (Figura 20D).

Una vez determinados los puntajes de calificación del subcriterio por cada subtramo, se calcula el valor del puntaje correspondiente del subcriterio para todo el tramo de evaluación. Este valor se obtiene del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo, resultando un valor de 4.00 (a_{22}).

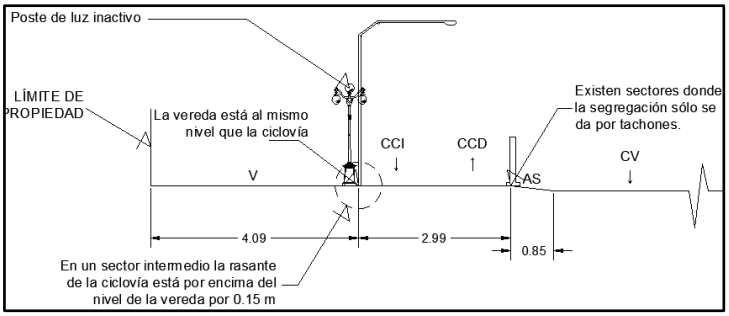
Figura 20

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas)

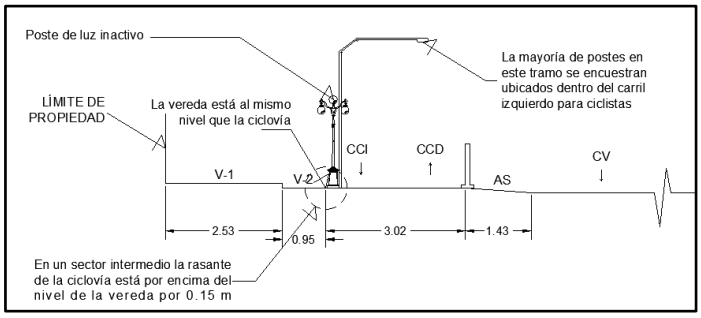
A



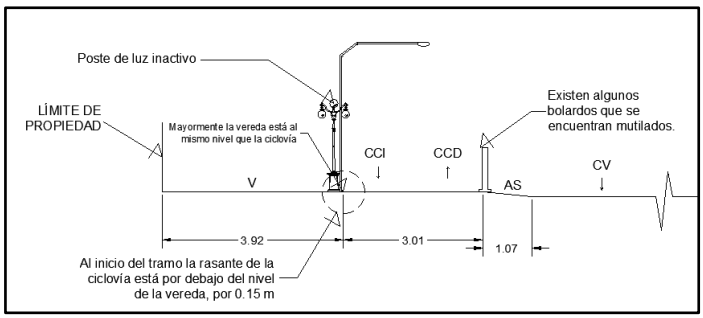
B



C



D



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Entre Av. El Sol y Calle Los Meteoros. Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Entre Calle Los Meteoros y la Av. Guardia Peruana. Panel C: Sección transversal - Subtramo 3 – Entre Av. Guardia Peruana y Jirón Tolomeo. Panel D: Sección transversal - Subtramo 4 – Entre Jirón Tolomeo y Av. Prolongación Huaylas.

3.1.5.3. Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, mantenimiento y operación)

A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 2 y 4 del tramo de la ciclovía en análisis se presentan la mayor cantidad de PCA; veintiuno y treinta y dos, respectivamente. La intersección vial: Av. Guardia Civil y la Av. Guardia Peruana es un PCA del subtramo 2, del cual se tiene conocimiento que por la Av. Guardia Peruana transita un regular volumen de vehículos motorizados; lo que representa un gran peligro a los ciclistas debido a posibles malas maniobras que podrían efectuar los conductores de vehículos motorizados (Figura 21A). Además, debido a la ubicación de la ciclovía, se identifican una cantidad considerable de PCA, atribuida a la alta actividad comercial de la zona; existen cuarenta y nueve PCA identificados sólo por entradas y salidas de estacionamientos, esto situación origina conflictos entre los ciclistas y usuarios de vehículos motorizados (Figura 21B). En todo el tramo de análisis se identificaron setenta y cuatro PCA, dada la longitud de la ciclovía de 1.473 km, se obtiene un valor de 50 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 1 para el subcriterio (a_{31}).

- En todo el tramo de análisis no se identificaron ACES, por lo que el valor del subcriterio se fija en 0 (a_{32}).

- Para la ciclovía en análisis se identifican cuarenta obstáculos permanentes (Principalmente postes de concreto, treinta en total) y treinta obstáculos temporales (Principalmente puestos de venta itinerantes y vehículos mal estacionados). En los subtramos 2 y 3, en conjunto se identificaron veinticuatro postes de concreto mal ubicados (Figuras 21C y 21D). De lo anterior se calcula una densidad de cuarenta y ocho obstáculos por km. A partir de lo detallado en la Tabla 18, se determina un puntaje de 1 para el subcriterio (a_{33}).

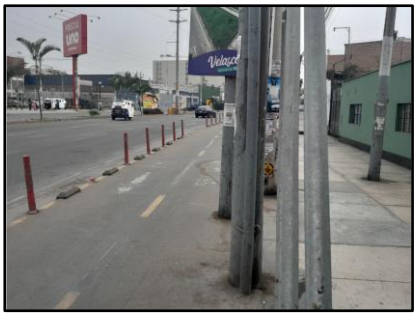
Figura 21

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas)

A

B

C



D

De la evaluación del subcriterio: estado del pavimento de la ciclovía, en los dos primeros subtramos se identifican que la superficie de rodadura de concreto asfáltico presentan baches y parches; asignándose en la evaluación del subcriterio para ambos subtramos el valor de 3. En el tercer subtramo (Ver Figuras 22A y 22B) se presenta considerables deterioros en la superficie de rodadura de concreto asfáltico, estos deterioros representan más del 50% de su superficie; por lo cual el valor del subcriterio correspondiente para este segundo subtramo es de 2. El último subtramo de evaluación presenta mejores condiciones de superficie de rodadura de concreto asfáltico de los tres subtramos anteriores, se

identificaron la presencia de fisuras leves; por lo cual en el cuarto subtramo se asigna el valor de 4 en la evaluación del subcriterio en cuestión.

Figura 22

Tomas fotográficas in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 3 - Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas)

A

B

Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento, semaforización y dispositivos de control del tráfico vehicular. Se detalla que las marcas de pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de los subtramos 1, 2 y 3 son poco perceptibles a los usuarios, lo que contribuye en menor medida a la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la ciclovía (Figura 23A). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran entre regular a buen estado (Figura 23B). Los bolardos abatibles en los subtramos 1, 3 y 4 se encuentran en regulares condiciones y presentes predominantemente a lo largo de cada subtramo de evaluación (Figura 23C); en el subtramo 2 se denota la mutilación de los bolardos a lo largo de todo el subtramo. No se identifica semaforización exclusiva para el tránsito de bicicletas. Previa evaluación por subtramos de análisis, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 2.75 (a_{35}).

Figura 23

Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Guardia Civil

A

B

C

Respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que el tipo de iluminación cutoff es predominante en los cuatro subtramos analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 4 (a_{36}).

Figura 24

Iluminación cutoff – Ciclovía Av. Guardia Civil

3.1.5.4. Evaluación del Criterio: Bicicleta (Vehículo)

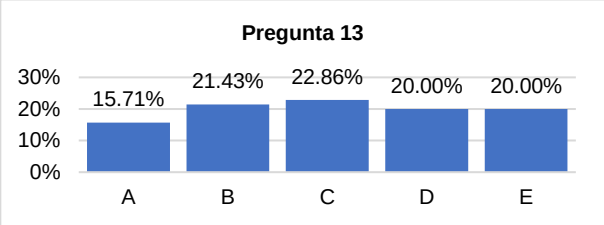
A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Bicicleta (Vehículo):

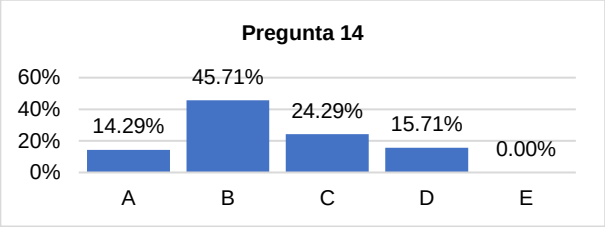
- Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta: el 22.86% de los encuestados menciona que le han hecho mantenimiento a su vehículo al menos una vez en los últimos seis meses; seguido del 21.43% que mencionaron haber realizado mantenimiento a sus bicicletas al menos una vez en los últimos tres meses. A partir de la Tabla 22, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.93 (a_{41}).

- Además, se les consultó a los ciclistas acerca de su consideración del uso de elementos perceptivos y su influencia en la contribución de la seguridad vial. El 60.00% de los encuestados considera que el uso de elementos perceptivos contribuye en gran y buena medida en la mejora de la seguridad vial.

Tabla 59

Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Guardia Civil

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta: A) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva B) Al menos una vez, en los últimos tres meses C) Al menos una vez, en los últimos seis meses D) Al menos una vez, en el último año E) Hace más de un año	

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial: A) Contribuye en gran medida B) Contribuye en buena medida C) Contribuye en regular medida D) No contribuye E) Empeora la situación	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 13 y 14. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 2 ítems fue de 0.704, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

A partir de las inspecciones oculares realizadas, para determinar los valores de los subcriterios bicicletas con elementos perceptivos y bicicletas con accesorios auxiliares, se tiene a detallar (Ver Tabla 60):

- El elemento perceptivo más utilizado entre los ciclistas es el timbre con el 81.25% de uso entre los ciclistas. El uso de ropa retrorreflejante por parte de los ciclistas es el 2.08%. En adición el 42.86% de los ciclistas hace uso de tan solo un elemento perceptivo (Entre: ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras o timbre). A partir de la Tabla 24, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 1.16 (a_{42}).
- El 37.14% de los ciclistas hace uso de un solo accesorio auxiliar y el 55.71% de los ciclistas no lleva consigo ningún accesorio auxiliar en evaluación. A partir de la Tabla 25, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 0.51 (a_{43}).

Tabla 60

Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Guardia Civil

Cantidad de elementos perceptivos identificados	Frecuencias porcentuales	Cantidad de accesorios auxiliares identificados	Frecuencias porcentuales
5	0.00%	5	0.00%
4	4.29%	4	0.00%
3	12.86%	3	0.00%
2	8.57%	2	7.14%
1	42.86%	1	37.14%
0	31.43%	0	55.71%

3.1.5.5. Diagnóstico

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas). Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.17) + 0.2088 \times (3.14) + 0.0987 \times (2.34) + 0.1308 \times (3.03) + 0.1590 \times (2.69) + 0.1378 \times (1)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (0) + 0.3078 \times (4) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (1) + 0.0657 \times (0) + 0.1732 \times (1) + 0.2371 \times (3.00) + 0.1837 \times (2.75) + 0.1407 \times (4)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (2.93) + 0.3691 \times (1.16) + 0.2467 \times (0.51)] \quad (33)$$

Donde: a_{22} es ≠ 0 → a_{21}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.46 + 0.45 + 0.79 + 0.15 = 1.85 \quad (34)$$

A partir de la ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual ($IPG_{Calculado}$/ $IPG_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{1.85}{4.18} \times 100 = 44\% \quad (35)$$

De la ecuación 35, se determina un valor de relación porcentual de 44%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la **Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) se cataloga como MEDIANAMENTE SEGURA VIALMENTE.**

3.1.6. Caso de Estudio: Ciclovía de la Av. Los Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) en Lima Este – Distrito de San Juan de Lurigancho

3.1.6.1. Evaluación del Criterio: Comportamiento del Ciclista (Usuario)

Para la evaluación del criterio comportamiento del ciclista, se recolectaron 70 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas, a continuación, se detallan los resultados obtenidos:

3.1.6.1.1. Características Sociodemográficas y del Viaje de los Ciclistas

La muestra está conformada por el 81.43% de ciclistas del género masculino y el 18.57% de ciclistas del género femenino; adicionalmente el 47.14% de los encuestados mencionaron tener una edad entre los 36 y 60 años; y el 74.29% de los encuestados mencionan haber alcanzado estudios de Educación Básica Regular – Nivel Secundaria. Por otro lado, de las características del viaje de los ciclistas, los que se dirigen a sus trabajos y a sus estudios representan el 54.29% y el 12.86% respectivamente; en adición el 58.57% usa diariamente a la bicicleta para transportarse.

Tabla 61

Estadísticas de las características sociodemográficas y de viaje de los ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este

Características sociodemográficas			Características del viaje		
Característica	**Categoría**	**Porcentaje**	**Característica**	**Categoría**	**Porcentaje**
Género	Femenino	18.57%	Propósito del viaje	Trabajo	54.29%
	Masculino	81.43%		Estudios	12.86%
Grupo de etario	Entre 18 a 35 años	45.71%		Diversión/Recreación	12.86%
	Entre 36 a 60 años	47.14%		Compras	8.57%
	Más de 60 años	7.14%		Regreso al Hogar/Por Atención Médica	11.43%
Nivel de estudios alcanzados	Primaria	2.86%	Frecuencia del viaje	Diariamente	58.57%
	Secundaria	74.29%		Sólo fines de semana	0.00%
	Superior técnica	12.86%		Días alternados	40.00%
	Superior universitaria	8.57%		Una vez por semana	1.43%
	Estudios de postgrado	11.43%			

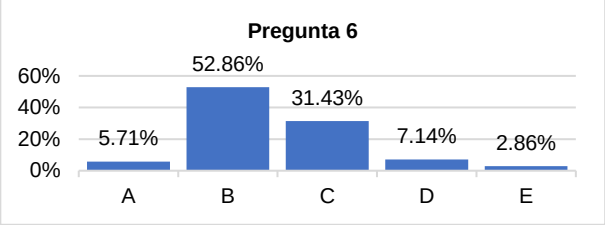
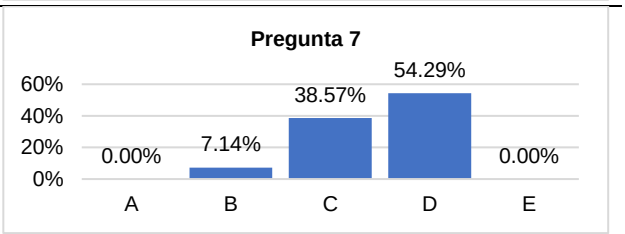
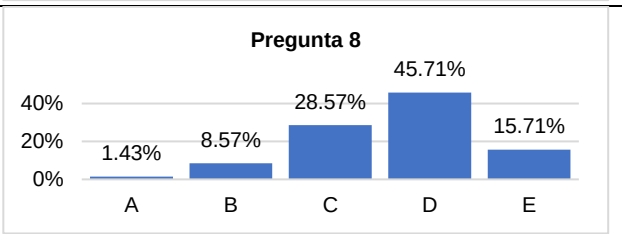
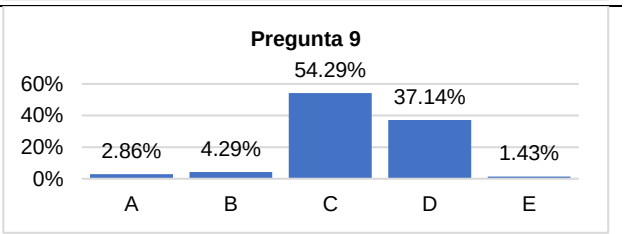
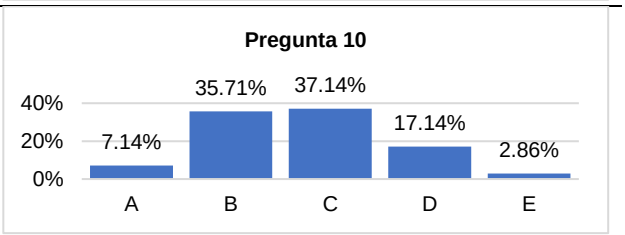
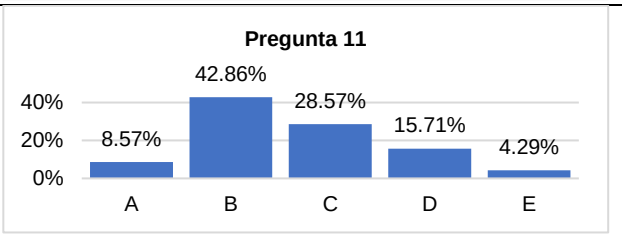
3.1.6.1.2. Percepciones de los Ciclistas

Respecto a las percepciones que tienen los ciclistas sobre los subcriterios de evaluación son los siguientes:

- Referente al subcriterio geometría de la vía, el 52.86% de los encuestados aseguran que el ancho del tramo de la ciclovía en análisis es el adecuado; sólo el 10% detalla que el ancho es insuficiente y muy insuficiente. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 6), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.51 (a_{11}).
- Referente al subcriterio siniestralidad vial en ciclovías, el 54.29% de los encuestados menciona tener la percepción que sólo algunas veces se producen siniestros viales, lo que contribuye en buena medida la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista analizada. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas dadas (Tabla 7), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.47 (a_{12}).
- Referente al subcriterio presencia de policías de tránsito, el 45.71% de los encuestados tiene la percepción que la presencia de policías de tránsito es escasa para el caso del resguardo y control del paso de usuarios por la infraestructura ciclista de análisis; sólo el 8.57% considera que es constante. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 8), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.34 (a_{13}).
- Referente al subcriterio comportamiento agresivo de ciclistas, el 54.29% de los encuestados tienen la percepción que regularmente sus pares ciclistas ejecutan maniobras con imprudencia; en contraste el 37.14% mencionan que son pocas las veces que los ciclistas realizan maniobras temerarias. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes (Tabla 9), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.30 (a_{14}).
- Referente al subcriterio percepción de alto volumen de tráfico, el 37.14% de los encuestados tiene la percepción que por la Av. Guardia Civil circula un alto volumen de tráfico; el 20.00% considera que el volumen de tráfico motorizado es bajo y muy bajo. Según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas dadas (Tabla 10), se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 2.73 (a_{15}).
- Por último, en la consideración de los ciclistas acerca del estado actual del nivel de seguridad vial de la infraestructura ciclista en análisis, se detalla que el 51.43% la considera como muy segura y segura. El 20% la considera como insegura y muy insegura.

Tabla 62

Estadísticas acerca de la percepción de los ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera: A) Muy adecuado B) Adecuado C) Regular D) Insuficiente E) Muy Insuficiente	
7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Algunas veces E) Nunca se producen	
8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas? A) Muy Constante B) Constante C) Regular D) Escasa E) Nula	
9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia. A) Muy Frecuentemente B) Frecuentemente C) Regularmente D) Pocas Veces E) Nunca	
10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es: A) Muy alto B) Alto C) Regular D) Bajo E) Muy bajo	
11. Considera que la infraestructura ciclista es: A) Muy segura B) Segura C) Medianamente segura D) Insegura E) Muy insegura	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 6, 7, 8, 9, 10 y 11. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 6 ítems fue de 0.700, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

El último subcriterio analizado en este apartado es la edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco). Según la Tabla 61, el grupo etario predominante entre los

ciclistas encuestados corresponde a personas de entre los 36 a 60 años (47.14%); lo que constituye un buen hecho ya que, de lo tratado en la metodología, los adultos tienen un mayor cuidado al manejar por las ciclovías. No obstante, en la ciclovía analizada, el uso del casco entre los ciclistas encuestados es inferior al 40% (Tabla 63) y solo el 18.57% (Porcentaje más bajo para el campo analizado entre los casos de estudio) de los ciclistas de SJL encuestados adopta medidas pasivas de seguridad (uso del casco), lo que representa un factor de riesgo para la seguridad vial. De lo anterior se determinar en 1 (Ver Tabla 11) el puntaje del subcriterio (a_{16}), un valor que contribuye en menor medida en la determinación del nivel de seguridad vial de la ciclovía analizada. Mediante los resultados obtenidos se determina la relación entre los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco), a través del test chi-cuadrado. El valor del chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 6.503$) resultó ser mayor que el valor de chi-cuadrado crítico [$\chi_c^2(gl = 2, \alpha = 5\%) = 5.991$], por lo que los campos edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco) se relacionan. Además, el cálculo del coeficiente V de Cramer determina que la asociación entre ambos campos presenta un efecto moderado (V=0.30).

Tabla 63

Evaluación del uso del casco por parte de ciclistas – Ciclovía Av. Jardines Este

Evaluación del uso del casco (Pregunta 15)	Porcentaje
Ciclistas con Casco	18.57%
Ciclistas sin Casco	81.43%

3.1.6.2. Evaluación del Criterio: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías

El tramo de la ciclovía en evaluación (1.365 km) se identifica como una Ciclovía en separador central – Físicamente segregada, ubicada sobre una vía Metropolitana – Colectora (Cuyas operaciones de los vehículos motorizados son menores a los 50 km/h). Para una mejor evaluación, el tramo se divide en cuatro subtramos de evaluación, en los cuales se detalla la asignación del puntaje de calificación correspondiente, conforme a la información presentada en la Tabla 12.

Subtramo 1: Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. 13 de enero), el primer subtramo se caracteriza por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía; el diseño en sección transversal de este subtramo es particular debido a que existe una notable desproporción de lo que correspondería el ancho de seguridad, como se ve en la Figura 25A, al lado izquierdo de la ciclovía existen área verdes con un ancho en sección transversal de 7.85 m; lo que se constituiría como un ancho de seguridad; pero en cambio al lado derecho de la ciclovía no existen áreas verdes que se constituyan como un ancho de seguridad; como sí existe en la ciclovía de la Av. Arequipa en Miraflores; ni tampoco dispositivos de control vehicular. Lo anterior incrementa

el riesgo de posibles siniestros de tránsito con el tráfico motorizado, ya que no existe al menos una distancia de amortiguamiento de al menos 0.60 m que de la posibilidad de reacción tanto a los ciclistas como conductores de vehículos motorizados. La ciclovía tiene un ancho de 2.41 m (Menor a 2.80 m). Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 2.

Subtramo 2: Av. Jardines Este (Entre la Av. 13 de enero y Av. Próceres de la Independencia), el segundo subtramo se caracteriza por estar físicamente segregado del tráfico motorizado a través de sardineles a ambos lados de la ciclovía. El diseño en sección transversal de este subtramo es también particular debido a que existe una notable desproporción de lo que correspondería al ancho de seguridad, como se ve en la Figura 25B; al lado derecho de la ciclovía existen áreas verdes con un ancho en sección transversal de 4.03 m, lo que se constituiría como un ancho de seguridad; al lado izquierdo de la ciclovía se presenta un estrecho ancho de áreas verdes de 0.39 m (Menor a 0.60 m), lo que se constituiría también como un ancho de seguridad, además, se ubican instalados dispositivos de control vehicular. Si bien lo anterior mejora las condiciones de seguridad vial de la infraestructura ciclistas respecto al primer subtramo, diseños como los vistos en los dos primeros subtramos de la ciclovía en análisis no son recomendados en manuales nacionales e internacionales de diseño de infraestructura ciclista; lo estándar para una ciclovía ubicada en el separador central es que se constituya relativamente al centro del separador central, lo que no ocurre en la ciclovía en análisis. La ciclovía tiene un ancho de 2.39 m (Menor a 2.80 m). Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 2.

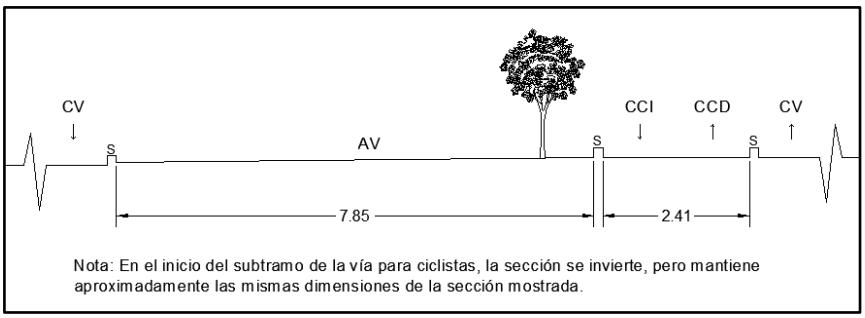
Subtramos 3 y 4: Av. Jardines Este (Entre la Av. Próceres de la Independencia y Jirón las Ortigas - Entre Jirón Las Ortigas y Av. Las Flores de Primavera), los subtramos 3 y 4 de la ciclovía de análisis presentan configuraciones geométricas en sección transversal que difieren a lo recomendado en manuales nacionales e internacionales de diseño de infraestructura ciclista (Figuras 25C y 25D). En estos subtramos, los carriles para bicicletas, ubicados en el separador central, están dispuestos de manera separada según el sentido de circulación, con un ancho de 1.40 m por cada de carril. Además, los anchos de seguridad por cada lado son menores a 0.60 m, espacio en el que se encuentran dispositivos de control vehicular. Anchos de seguridad menores a 0.60 m podrían limitar la capacidad de reacción tanto de ciclistas como a conductores de vehículos motorizados ante un siniestro de tránsito. Aunque la ciclovía presenta condiciones favorables en términos de entorno vial, su diseño geométrico en sección transversal no resulta óptimo para una infraestructura ciclista ubicada en un separador central. Vista la Tabla 12, al subtramo se le asigna un valor de 1

Determinados los puntajes de calificación del subcriterio por cada subtramo, se tiene a determinar el puntaje calculado del subcriterio para todo el tramo de evaluación; el cual resulta del promedio de los puntajes de calificación por cada subtramo, resultando un valor de 1.50 (a_{21}).

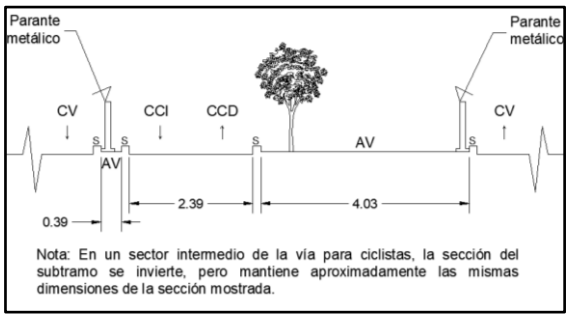
Figura 25

Croquis de secciones transversales representativas (Medidas en metros) - Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera)

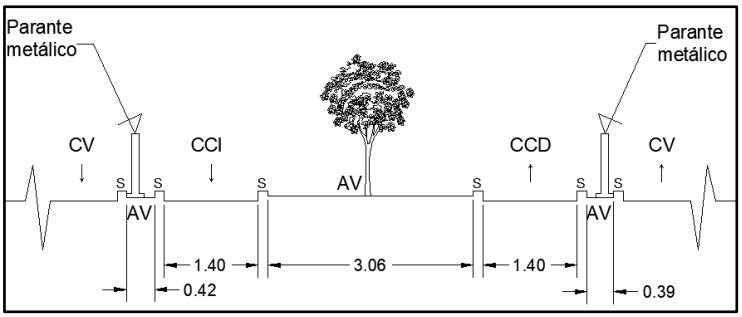
A



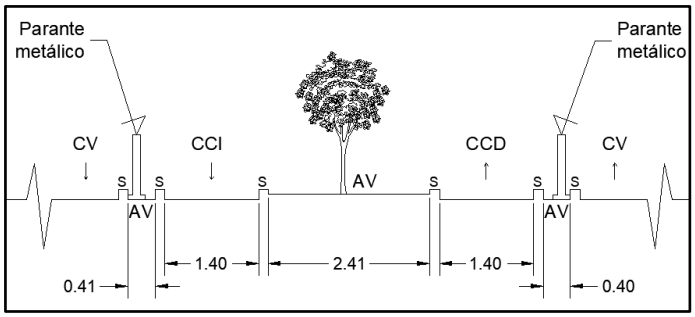
B



C



D



Nota. Panel A: Sección transversal - Subtramo 1 – Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y Av. 13 de enero). Panel B: Sección transversal - Subtramo 2 – Av. Jardines Este (Entre la Av. 13 de enero y Av. Próceres de la Independencia). Panel C: Sección

transversal - Subtramo 3 – Av. Jardines Este (Entre la Av. Próceres de la Independencia y Jirón las Ortigas). Panel D: Sección transversal - Subtramo 4 – Av. Jardines Este (Entre Jirón Las Ortigas y Av. Las Flores de Primavera).

3.1.6.3. Evaluación del Criterio: Entorno Vial (Diseño, Mantenimiento y Operación)

A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Entorno vial:

- Para el subcriterio identificación de PCA, en los subtramos 1 y 2 del tramo de la ciclovía en análisis, se identifican la mayor cantidad de PCA (Nueve para cada subtramo). Las intersecciones viales: Av. Jardines Este con Av. 13 de enero (Figura 26A) y Av. Jardines Este con la Av. Próceres de la Independencia (Figura 26B) son PCA de los subtramos 1 y 2, respectivamente; que debido a la alta transitabilidad de peatones, automóviles y buses de transporte urbano se constituyen como dos PCA a tener con mayor consideración, ya que se generan diversos conflictos con los ciclistas. En todo el tramo de análisis se identificaron veintinueve PCA, dada la longitud de la ciclovía de 1.365 km, se obtiene un valor de 21 PCA/km. A partir de lo detallado en la Tabla 16, se determina un puntaje de 3 para el subcriterio (a_{31}).
- En el subtramo 3 se identificó un ciclo estacionamiento, el cual estaba resguardado por personal de serenazgo. El tipo de soporte del ciclo estacionamiento correspondía al tipo U invertida. De la evaluación del subcriterio en cuestión y verificando la Tabla 17, se tiene un valor del subcriterio de 5 (a_{32}).
- En todo el tramo de ciclovía de análisis no se encontraron obstáculos, por lo cual el valor del subcriterio es de 5 (a_{33}).

Figura 26

Tomas fotográficas in situ - Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera)

A B C

De la evaluación del subcriterio: estado del pavimento de la ciclovía, se identifica que, para los cuatro subtramos de análisis, la superficie de rodadura de concreto asfáltico se presenta como casi nueva, libre de fisuras y parches (Ver Figura 27). De lo anterior y visto la Tabla 19, el valor del puntaje calculado del subcriterio es de 5 (a_{34}).

Figura 27

Toma fotográfica in situ de la superficie del pavimento - Subtramo 3 - Ciclovía de la Av. Jardines Este

Respecto al subcriterio estado de la señalización horizontal y vertical, se realiza la evaluación de señalización vertical, marcas en el pavimento y semaforización. Se detalla que las marcas de pasos para ciclistas y flechas de sentido de circulación en el pavimento de los subtramos se encuentran desgastadas por la misma operación, tiempo y clima; pero son perceptibles en su función (Figura 28A). En general las señales de reglamentación y prevención se encuentran en regular estado (Ver Tabla 20 y Figura 28B). Se identifican la existencia de semáforos exclusivos para el tránsito de bicicletas en los subtramos 1, 2 y 3; pero estos no se encontraban funcionando durante la inspección (Figura 28C). Previa evaluación por subtramos de análisis, se tiene un valor de puntaje calculado del subcriterio de 3.00 (a_{35}).

Figura 28

Tomas fotográficas in situ – Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical – Ciclovía Av. Jardines Este

A

B

C

Por último, respecto al subcriterio: calidad de la iluminación de la ciclovía, se identificó que tipo de iluminación cutoff es predominante en los cuatro subtramos de analizados. De acuerdo con la Tabla 22, el valor del subcriterio se fija en 4 (a_{36}).

3.1.6.4. Evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo)

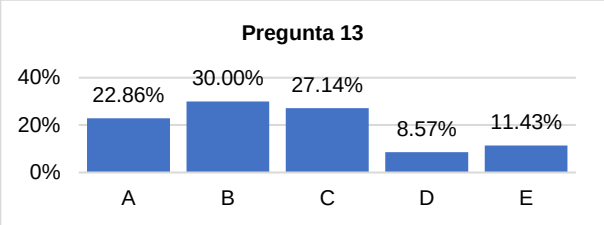
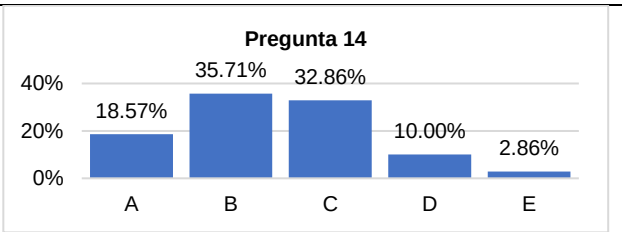
A continuación, se detalla la evaluación de los subcriterios correspondientes al criterio: Bicicleta (Vehículo):

- Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta: el 30% de los encuestados menciona que le han hecho mantenimiento a su vehículo al menos una vez en los últimos tres meses; seguido del 27.14% que mencionaron haber realizado mantenimiento a sus bicicletas al menos una vez en los últimos seis meses. A partir de la Tabla 22, según la distribución porcentual de las respuestas y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 3.44 (a_{41}).

- Además, se les consultó a los ciclistas acerca de su consideración del uso de elementos perceptivos y su influencia en la contribución de la seguridad vial. El 54.28% de los encuestados considera que el uso de elementos perceptivos contribuye en gran y buen medida en la mejora de la seguridad vial.

Tabla 64

Resultados a consultas referentes a la evaluación del criterio: Bicicleta (Vehículo) – Ciclovía Av. Jardines Este

Pregunta	Gráfica de frecuencias porcentuales
13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta: A) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva B) Al menos una vez, en los últimos tres meses C) Al menos una vez, en los últimos seis meses D) Al menos una vez, en el último año E) Hace más de un año	
14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial: A) Contribuye en gran medida B) Contribuye en buena medida C) Contribuye en regular medida D) No contribuye E) Empeora la situación	

Nota. La medida estadística Alfa de Cronbach fue empleada en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna de las preguntas N° 13 y 14. El coeficiente de Alfa de Cronbach para 2 ítems fue de 0.702, lo que indica coherencia, es decir se puede confiar en las respuestas dadas por los ciclistas en la encuesta.

A partir de las inspecciones oculares realizadas (Ver Tabla 65), para determinar los valores de los subcriterios bicicletas con elementos perceptivos y bicicletas con accesorios auxiliares, se tiene a detallar:

- El elemento perceptivo más utilizado entre los ciclistas es el timbre con el 75.86% de uso, seguido de las pegatinas reflectantes con el 44.83% de uso. El uso de ropa retrorreflejante por parte de los ciclistas es el 3.45%. En adición el 54.29% de los ciclistas hace uso de tan solo un elemento perceptivo (Entre: ropa retrorreflejante, pegatinas reflectantes, luces delanteras, luces traseras o timbre). A partir de la Tabla 24, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes, se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 1.27 (a_{42}).

- El accesorio auxiliar más utilizado en las bicicletas de los usuarios es la suspensión con un 68.42% de uso. Además, el 45.71% de los ciclistas hace uso de un solo accesorio auxiliar; mientras que ninguna de las bicicletas inspeccionadas cuenta con los cinco accesorios auxiliares de evaluación. A partir de la Tabla 25, según la distribución porcentual de las inspecciones y las equivalencias numéricas correspondientes se determina el valor del puntaje calculado del subcriterio en 0.63 (a_{43}).

Tabla 65

Resultados de inspecciones oculares correspondientes – Ciclovía Av. Jardines Este

Cantidad de elementos perceptivos identificados	Frecuencias porcentuales	Cantidad de accesorios auxiliares identificados	Frecuencias porcentuales
5	1.43%	5	0.00%
4	1.43%	4	0.00%
3	8.57%	3	0.00%
2	17.14%	2	8.57%
1	54.29%	1	45.71%
0	17.14%	0	45.71%

3.1.6.5. Diagnóstico

Obtenidos los puntajes calculados de los subcriterios de evaluación, se tiene a determinar el nivel de seguridad vial que presenta actualmente la Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas). Los valores de los puntajes calculados son reemplazados en la Ecuación 19, teniéndose:

$$IPG_{Calculado} = 0.1746 \times [0.2651 \times (3.15) + 0.2088 \times (3.47) + 0.0987 \times (2.34) + 0.1308 \times (3.30) + 0.1590 \times (2.73) + 0.1378 \times (1)] + 0.3681 \times [0.5561 \times (1.50) + 0.3078 \times (0) + 0.0851 \times (0) + 0.0510 \times (0)] + 0.3693 \times [0.1997 \times (3) + 0.0657 \times (5) + 0.1732 \times (5) + 0.2371 \times (5.00) + 0.1837 \times (3.00) + 0.1407 \times (4)] + 0.0881 \times [0.3842 \times (3.44) + 0.3691 \times (1.27) + 0.2467 \times (0.63)] \quad (36)$$

Donde: a_{21} es ≠ 0 → a_{22}, a_{23} y a_{24} serán = 0

$$IPG_{Calculado} = 0.51 + 0.31 + 1.51 + 0.17 = 2.50 \quad (37)$$

A partir de la ecuación 17, se tiene el valor de la relación porcentual ($IPG_{Calculado}$/ $IPG_{Máximo}$):

$$Valor\ de\ relación\ porcentual = \frac{2.50}{4.18} \times 100 = 60\% \quad (38)$$

De la ecuación 38, se determina un valor de relación porcentual de 60%; y a partir de lo detallado en la Tabla 31, la Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) **se cataloga como MEDIANAMENTE SEGURA VIALMENTE.**

3.2. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.2.1. Resultados Destacados

En base al análisis de resultados del conjunto de encuestas de representación de juicios de valor dados por los expertos, los criterios entorno vial (36.93%) y estándar y tipo de diseño de las ciclovías (36.81%) se constituyen como los más importantes en la evaluación

del nivel de seguridad vial para ciclovías de Lima Metropolitana. Con el fin de catalogar el nivel de la seguridad vial de las ciclovías tomadas como caso de estudio, se utilizaron herramientas de evaluación, tales como: encuestas de intercepción de viaje a los ciclistas y formatos de evaluación de la infraestructura ciclística; se recolectaron en conjunto 426 encuestas válidas hechas a usuarios ciclistas, de las cuales el 19.95% se identifica como del género femenino y el 80.05% como del género masculino. Además, se evaluaron 7.698 km de ciclovías en cinco distritos de Lima Metropolitana. De la evaluación hecha a las ciclovías como casos de estudios con la herramienta multi-criterio propuesta, se determina que las ciclovías de la Av. Garcilaso de la Vega/Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) en el Lima Cercado y la ciclovía de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) en Miraflores se catalogan como seguras vialmente; por otro lado, las ciclovías de la Av. Universitaria sentido norte – sur y sentido sur – norte (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra), Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) y la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera) fueron catalogadas como medianamente seguras vialmente.

3.2.2. Explicación de Resultados

La aplicación del método AHP explica que los criterios: entorno vial; y estándar y tipo de diseño de las ciclovías son las más preponderantes o con mayor peso en la evaluación del nivel de seguridad vial en ciclovías (73.74% en conjunto); seguido de los criterios comportamiento del ciclista y bicicleta (vehículo), con pesos iguales al 17.46% y al 8.81%, respectivamente. Realizándose la comparación con otros estudios de similar tema y aplicación de metodología, la investigación realizada por Ruiz-Padillo et al. (2021), proponen una herramienta muti-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial de ciclovías en Porto Alegre, Brasil; que al aplicar el método AHP obtiene los siguientes resultados de pesos de sus criterios de evaluación: operación vial, diseño de la ciclovía y mantenimiento 62.50% (En conjunto); seguido de los criterios comportamiento del ciclista (31.38%) y características de la bicicleta (6.12%). Como se detalla, los resultados obtenidos en el presente estudio se asemejan a lo obtenido por Ruiz-Padillo et al. (2021). Además, a partir de la evaluación con el método AHP de los subcriterios del criterio: estándar y tipo de diseño de las ciclovías, se determinó que los subcriterios: ciclovía en separador central (Físicamente Segregada) y ciclovía en calzada (Físicamente segregada) son los que obtienen mayores pesos dentro de la evaluación del criterio 2, con valores de 55.61% y 30.78%, respectivamente; por otro lado los subcriterios: ciclocarril (No segregado) y Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado) obtienen pesos de 8.51% y 5.10%, respectivamente. De manera similar, los resultados obtenidos coinciden con los presentados en estudios previos, como el realizado por Von Stülpnagel y Binnig

(2022), quienes, en un estudio acerca de la seguridad subjetiva asociada por tipos de ciclovías en Berlín, Alemania, determinaron que las ciclovías físicamente no protegidas del tráfico motorizado se perciben como menos seguras que las ciclovías que presentan elementos de segregación física del tráfico motorizado. Además, los resultados obtenidos confirman lo señalado en la Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial (MTC, 2023d), la cual indica que, en Lima Metropolitana, se considera que las ciclovías segregadas son las que proporcionan un mayor nivel de seguridad vial para los ciclistas.

Referente a la evaluación de los subcriterios del criterio: comportamiento del ciclista, el subcriterio: Geometría de la vía obtuvo el mayor peso en la evaluación mediante el método AHP, con un valor del 26.51%, lo que lo posiciona como un subcriterio relativamente importante en la evaluación del nivel de seguridad vial en ciclovías. Este subcriterio permite analizar cuál es la consideración de los usuarios respecto al ancho de la ciclovía por la cual transitan. Dicho resultado se contrasta con lo señalado en la investigación de Stülpnagel y Binnig (2022), quienes concluyeron en su estudio de seguridad subjetiva asociada por tipos de ciclovías, que el factor más relevante para garantizar la seguridad subjetiva de los ciclistas consiste en proporcionarles un ancho suficiente a las ciclovías.

Producto de la evaluación de los casos de estudio, la ciclovía de la Av. Arequipa – Tramo de evaluación, se cataloga como segura vialmente; esto va en la misma línea a lo detallado por Aste et al. (2020), donde identifica a la ciclovía de la Av. Arequipa en Miraflores como una de las más seguras del distrito antes en mención; esto implica que la herramienta de evaluación propuesta presenta resultados similares con otras investigaciones del mismo tema.

De lo indicado en el ítem 3.2.1., del total de personas encuestadas en el presente estudio, el 80.05% se identificaron como del género masculino y el 19.95% como del género femenino, estos porcentajes van en relación a lo detallado por el MTC (2022), donde a partir de una muestra de 586 ciclistas se identifica que el 81.9% pertenecen al sexo masculino y el 18.1% pertenecen al sexo femenino; lo anterior demostraría que la metodología empleada para el cálculo del número de recolección de encuestas como muestras es efectiva, ya que se asemejan a resultados mostrados por la Dirección de Seguridad Vial del MTC (2022). Además de los datos generales obtenidos a partir de las encuestas a los ciclistas, se detalla que el 67.84% de los encuestados utilizan la bicicleta para movilizarse a su trabajo y el 73.71% la utiliza diariamente; estos resultados se asemejan también a lo detallado por el MTC (2022), la agencia nacional detalló en su estudio de “Patrones de movilidad ciclista en Lima Metropolitana” que el 62.8% utiliza la ciclovía para ir a su trabajo y el 65.7% la utiliza diariamente.

De las inspecciones realizadas sobre el uso del casco entre los ciclistas encuestados en las diferentes ciclovías analizadas, se encuentra que el mayor porcentaje de usuarios que utilizan este elemento de seguridad pasiva corresponde a los ciclistas que transitan por la ciclovía de la Av. Garcilaso/ Av. Arequipa, con un 59.63%. Este resultado es similar al reportado en el estudio realizado por el MTC (2023a) sobre la misma ciclovía, en la cual se identificó que el uso del casco entre ciclistas y conductores de vehículos de movilidad personal alcanza el 64.67% en el turno de mañana.

De todo lo detallado anteriormente, los resultados obtenidos en la investigación son consistentes con hallazgos de estudios publicados en revistas indexadas de alto impacto a nivel mundial, así como de estudios realizados por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial del Perú, lo que fortalece el sustento de la hipótesis general.

3.2.3. Hallazgos Importantes

A partir de la determinación de los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación (Visto en el ítem 3.1.1), se identificaron los subcriterios con mayor influencia en la caracterización del nivel de seguridad en ciclovías, esta identificación se basa en el resultado del cálculo preliminar, obtenido de la multiplicación del peso del criterio correspondiente y el peso del subcriterio asociado, posteriormente los valores se ordenaron de mayor a menor, resultando una valoración global de los diecinueve subcriterios analizados. La Tabla 66, muestra la valoración global de los diecinueve subcriterios analizados en el presente estudio, siendo que los subcriterios con mayor influencia en la determinación del objetivo en estudio son: ciclovía en separador central – Físicamente Segregada (20.47%), ciclovía en calzada – Físicamente segregada (11.33%), estado del pavimento de la ciclovía (8.76%), identificación de puntos críticos de atropellamiento (7.37%), estado de la señalización horizontal y vertical (6.78%) y cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro (6.40%). Subcriterios como bicicletas con accesorios auxiliares (2.17%) o presencia de policías de tránsito (1.70%), son menos influyentes respecto a la caracterización de un determinado nivel de seguridad vial para una ciclovía.

Tabla 66

Ponderación o valoración global de los subcriterios de evaluación, obtenidos por el método AHP, ordenados de mayor a menor

Posición	Criterio	Subcriterio	Peso del criterio	Peso del subcriterio	Valoración Global	Pesos acumulados
1	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	36.81%	55.61%	20.47%	20.47%
2	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	36.81%	30.78%	11.33%	31.80%
3	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Estado del pavimento de la ciclovía	36.93%	23.71%	8.76%	40.56%
4	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	36.93%	19.97%	7.37%	47.93%

Posición	Criterio	Subcriterio	Peso del criterio	Peso del subcriterio	Valoración Global	Pesos acumulados
5	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Estado de la señalización horizontal y vertical	36.93%	18.37%	6.78%	54.71%
6	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	36.93%	17.32%	6.40%	61.11%
7	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Calidad de la iluminación de la ciclovía	36.93%	14.07%	5.20%	66.31%
8	Comportamiento del ciclista	Geometría de la vía	17.46%	26.51%	4.63%	70.94%
9	Comportamiento del ciclista	Siniestralidad vial en ciclovías	17.46%	20.88%	3.65%	74.59%
10	Bicicleta (Vehículo)	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	8.81%	38.42%	3.38%	77.97%
11	Bicicleta (Vehículo)	Bicicletas con elementos perceptivos	8.81%	36.91%	3.25%	81.22%
12	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Ciclocarril (No segregado)	36.81%	8.51%	3.13%	84.35%
13	Comportamiento del ciclista	Percepción de alto volumen de tráfico	17.46%	15.90%	2.78%	87.13%
14	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	36.93%	6.57%	2.43%	89.56%
15	Comportamiento del ciclista	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	17.46%	13.78%	2.41%	91.97%
16	Comportamiento del ciclista	Comportamiento agresivo de ciclistas	17.46%	13.08%	2.28%	94.25%
17	Bicicleta (Vehículo)	Bicicletas con accesorios auxiliares	8.81%	24.67%	2.17%	96.42%
18	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	36.81%	5.10%	1.88%	98.30%
19	Comportamiento del ciclista	Presencia de policías de tránsito	17.46%	9.87%	1.70%	100.00%

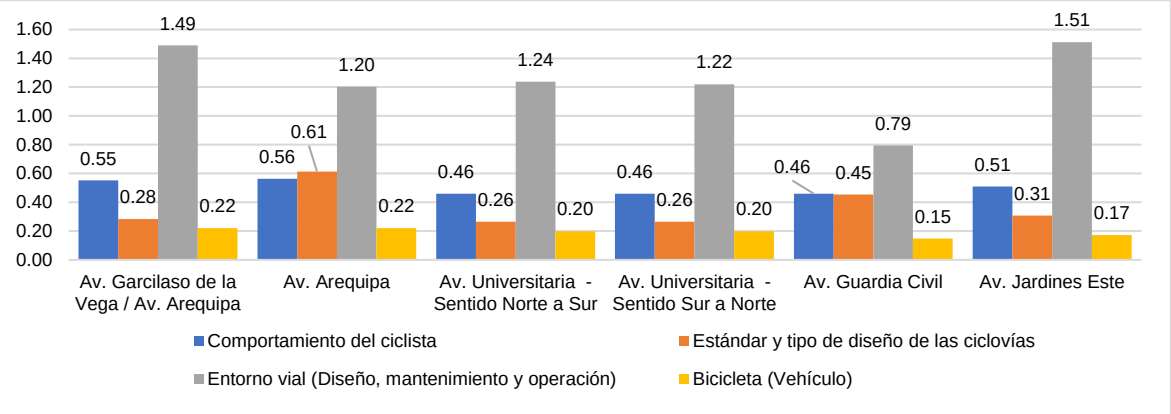
Por otro lado, a partir de la aplicación de la herramienta multi-criterio en ciclovías para casos de estudio, se determina que los ciclistas que transitan por las ciclovías de la Av. Garcilaso / Av. Arequipa en Lima Cercado y de la Av. Arequipa en Miraflores tienen las mejores percepciones en aspectos de entorno y seguridad vial sobre sus pares ciclistas de Lima Norte, Sur y Este; ya que del conjunto de evaluación de los subcriterios del criterio: comportamiento del ciclista se obtienen los mejores resultados de la evaluación parcial (Ver Figura 29). Respecto a la evaluación del criterio: entorno vial, la ciclovía que obtuvo una mejor evaluación fue la ciclovía de la Av. Jardines Este en SJL, su buen estado del pavimento y la ausencia de obstáculos a lo largo del tramo de evaluación de la ciclovía, contribuye que se obtenga un buen performance en la evaluación del criterio. En contraste, la ciclovía de la Av. Guardia Civil en Chorrillos recibió la peor evaluación del criterio: entorno vial, ya que el mal estado del pavimento en algunos de sus subtramos de evaluación, la alta cantidad de PCA y obstáculos identificados en la ciclovía de Lima Sur, impide su catalogación como una ciclovía segura vialmente.

En lo que concierne a la evaluación del criterio: estándar y tipo de diseño de las ciclovías, la ciclovía de la Av. Arequipa en Miraflores, fue la que mejor calificación obtuvo; su segregación del tráfico motorizado y su ubicación en el separador central de la Av.

Arequipa, contribuye en gran medida en la determinación de un buen nivel de seguridad vial de la ciclovía. En lo que concierne al criterio bicicleta como vehículo en general para la evaluación de todas las ciclovías tomadas como casos de estudio se obtuvieron valores similares.

Figura 29

Comparación de resultados por criterios de evaluación para casos de estudio, para ciclovías de caso de estudio



Por último, en la Tabla 67 se presenta el resumen de los resultados de la evaluación de las ciclovías seleccionadas como casos de estudio, a partir de la aplicación de la herramienta multi-criterio. Las ciclovías de Lima Centro son las que mejor relación porcentual obtuvieron producto de la evaluación, por lo cual fueron catalogadas como seguras vialmente. En particular, la ciclovía de la Av. Jardines Este en SJL obtuvo el mejor performance en la evaluación del criterio: entorno vial. No obstante, en la evaluación general fue catalogada como medianamente segura vialmente; de lo anterior, si se mejorara el estado actual de la señalización vertical y horizontal, así como la semaforización exclusiva para ciclistas, dicha ciclovía podría alcanzar la catalogación de segura vialmente. En términos generales, cuando una ciclovía evaluada mediante una inspección de seguridad vial resultara ser catalogada como: medianamente segura vialmente, insegura vialmente o muy insegura vialmente; es necesario proponer medidas de mitigación, mejoras inmediatas y monitoreos continuos a la ciclovía, con el fin de incrementar el nivel de seguridad vial de la misma.

Tabla 67

Resultados consolidados

Nombre de la ciclovía	Valor de relación porcentual	Catalogación del nivel de seguridad vial
Ciclovía de la Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) en Lima Centro	61%	Segura vialmente
Ciclovía de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo) en Lima Centro	62%	Segura vialmente
Ciclovía de la Av. Universitaria (Entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre) en el sentido de norte a sur	52%	Medianamente segura vialmente

Nombre de la ciclovía	Valor de relación porcentual	Catalogación del nivel de seguridad vial
Ciclovía de la Av. Universitaria (Entre la Av. Germán Aguirre y la Av. A. Gamarra) en el sentido de sur a norte	51%	Medianamente segura vialmente
Ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) en Lima Sur	44%	Medianamente segura vialmente
Ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera)	60%	Medianamente segura vialmente

3.2.4. Juicios e Interpretaciones

Los resultados obtenidos de la evaluación acerca del nivel de seguridad vial en las ciclovías tomadas como casos de estudio, en ningún caso las ciclovías presentaron niveles de seguridad como: inseguras o muy inseguras vialmente, detallando el caso solamente de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas), que fue la ciclovía que resultó con el menor valor de índice de prioridad global calculado y valor de relación porcentual (44%), en esta ciclovía se presentan treinta postes de concreto dentro de los carriles ciclistas; lo anterior influye significativamente en que la evaluación del nivel de seguridad vial de la ciclovía sea la más baja con respecto a las otras evaluadas. En la ciclovía de la Av. Guardia Civil – Tramo de evaluación, se tiene que trabajar en un plan de reubicación de los obstáculos, con el fin de elevar el nivel de seguridad vial.

Además, se tiene a resaltar que, por parte de la comuna capitalina, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, Policía Nacional y la cooperación de desarrollo internacional, los grandes esfuerzos realizados en conjunto por dotar a la ciudad de Lima de ciclovías modernas y seguras. Se sabe de la existencia de otras ciclovías que podrían presentar niveles de seguridad bajo, como, por ejemplo, la ciclovía de la Plaza de la Bandera en Pueblo Libre, donde el estado de la superficie del pavimento presenta fallas notables, lo que resultaría en no ser catalogada como una ciclovía segura vialmente, mereciéndose para esta ciclovía una rápida intervención. Pero también se evidencia y resalta la constitución de nuevas ciclovías modernas, seguras y sostenibles, como es el caso de la Av. 200 millas en Villa El Salvador en Lima Sur, ciclovía ejecutada por la comuna capitalina con el financiamiento de la cooperación desarrollo internacional.

3.2.5. Limitaciones y Debilidades del Estudio

Respecto a las limitaciones que tiene el presente estudio radicaría en la no incorporación de más subcriterios de evaluación como, por ejemplo: la interconectividad de ciclovías o el factor clima. Tener ciclovías interconectadas garantiza al usuario un desplazamiento seguro y confortable dentro de una red ciclista, una red no interconectada aumentaría los posibles riesgos de siniestros de tránsito principalmente en intersecciones, ya que al no haber la infraestructura adecuada obliga al ciclista a desmontarse de su bicicleta y tener que pasar por vías con grandes volúmenes vehiculares. Valorar el factor clima resultaría también primordial en la evaluación, como se es de conocimiento, entre los meses de junio

– agosto en Lima Metropolitana se producen lloviznas o garúa lo que produce el fenómeno de hidroplaneo en las vías urbanas, efecto que es causante de siniestros viales, ya que el fenómeno provoca la reducción de la fricción entre los neumáticos de las bicicletas y la superficie de rodadura del pavimento, como por ejemplo al virar de dirección.

3.2.6. Implicaciones de Resultados

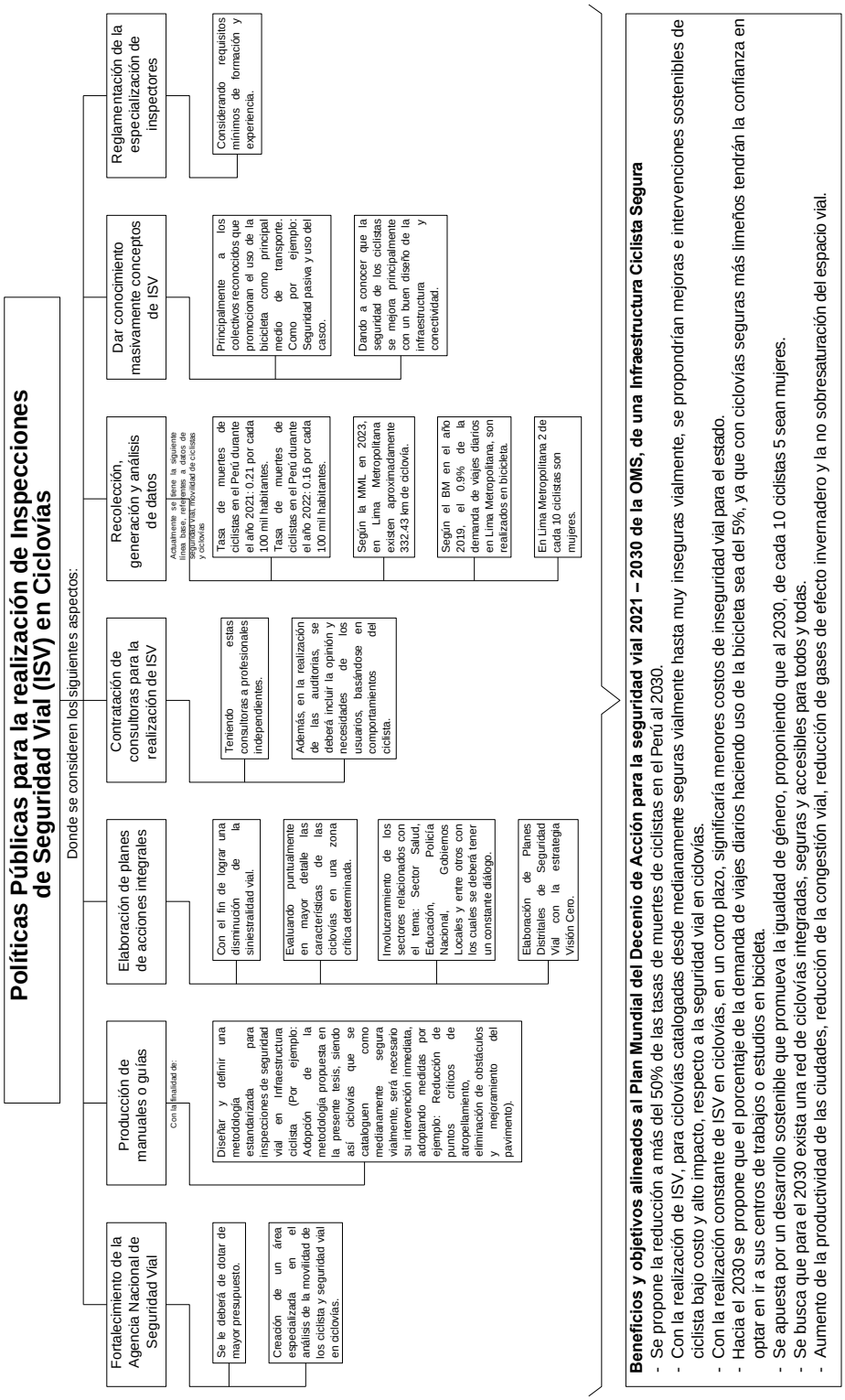
Se valora la propuesta de la determinación de la herramienta multi-criterio y la metodología para la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana, ya que según lo detallado en la Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial 2023 – 2030 (MTC, 2023d), se indica que, como evidencia del riesgo de una infraestructura ciclista insegura, no existen un registro oficial o inspecciones que toquen el tema acerca del estado de la infraestructura ciclista en el Perú. Con este estudio se trata de salvar esta brecha de conocimiento, ya que la aplicación de la herramienta y la metodología propuesta se podría aplicar en todas las ciclovías existentes en la ciudad de Lima, incluso su aplicación se podría llevar a ciclovías de diferentes ciudades del país con similares características sociodemográficas y geográficas, como, por ejemplo: Chiclayo o Trujillo.

3.2.7. Propuestas de Políticas Públicas para la Realización de Inspecciones de Seguridad Vial (ISV) en Ciclovías

Con la finalidad de relacionar la herramienta de inspección de seguridad vial (ISV) en ciclovías, desarrollada en la presente investigación, con políticas nacionales referentes a seguridad vial, en la Figura 30 se presenta un mapa conceptual con propuestas de políticas públicas para la implementación efectiva de inspecciones de seguridad vial en infraestructura ciclista; con el objetivo de incrementar un mayor número de kilómetros de ciclovías seguras, y que a partir de ello reducir las tasas siniestralidad a niveles mínimos. Además, se detallan beneficios y objetivos alineados al Plan Mundial del Decenio de Acción para la seguridad vial 2021 – 2030 (OMS, 2021), de una infraestructura ciclista segura.

Figura 30

Propuestas de Políticas Públicas para la realización de Inspecciones de Seguridad Vial en Ciclovías



Nota. Elaborado a partir de Banco Interamericano de Desarrollo (BID, s.f.), OMS (2021), BM (2021), BID (2024), MTC (2024a) y MML (2024).

3.2.8. Propuestas para la Mejora del Marco Normativo del Diseño Geométrico de Infraestructura Ciclística

El Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista (MML, 2017) y el Manual de Infraestructura Ciclovial – Manual de Diseño Geométrico para Infraestructura Ciclovial para Vías Urbanas (MTC, 2024b) son los documentos técnicos que regulan el diseño geométrico para la implementación de la infraestructura ciclista en el Perú. El manual de la MML establece que la tipología de diseño de infraestructura ciclista se define en función de la velocidad y el volumen del tráfico motorizado de la vía, mientras que el manual elaborado por el MTC introduce un enfoque basado en múltiples factores: tipo de vías (Por ejemplo: Avenida de único sentido, Avenida de hasta dos carriles vehiculares por sentido, Calle, jirón o vía auxiliar con tránsito automotor bidireccional y entre otros), volumen vehicular diario en cada dirección después de la implementación, velocidad reglamentaria vehicular antes de la implementación (km/h) y la velocidad reglamentaria vehicular después de la implementación (km/h). Detallar, que el manual del MTC presenta un proceso complicado en la forma de establecer la tipología de diseño de la infraestructura ciclista a implementar. En contraste, la Guía de Recomendaciones para el Diseño de Infraestructura Ciclista de España (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana del Gobierno de España [MITMA], 2023) emplea una metodología estructurada de cuatro factores – posición, sentidos, protección y cotas – para la selección y priorización del diseño de una infraestructura ciclista, priorizando la ubicación de ciclovías en el lado derecho de la calzada en entornos urbanos, ya que está ubicación responde a criterios de seguridad vial, comodidad y el atractivo de la movilidad del ciclista. En el caso peruano, la ubicación de ciclovías al costado derecho de la vía se menciona únicamente como una sugerencia o consideración técnica (MML, 2014; MML, 2017; MTC, 2024b). Por lo tanto, se propone que en futuras actualizaciones de los manuales peruanos se incorpore una metodología estructurada por factores para el diseño de infraestructura ciclista, similar a la propuesta realizada por el MITMA (2023).

En lo que respecta a criterios de trazado en planta, particularmente en aspectos de radios de curva horizontal y la distancia de visibilidad de parada para la proyección o mejoramiento de infraestructura ciclista, el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista (MML, 2017) no detalla criterios técnicos, lo que evidencia un vacío en la normativa capitalina. En contraste, el Manual de Infraestructura Ciclovial (MTC, 2024b), publicado en diciembre de 2024, sí especifica criterios técnicos sobre radios de curva horizontal y distancia de visibilidad de parada, de manera similar a lo descrito por la Guía de Recomendaciones para el Diseño de Infraestructura Ciclista de España (MITMA, 2023). No obstante, los manuales peruanos no incorporan una

recomendación clave establecida en el CROW (2016), donde se sugiere evitar la combinación de pendientes ascendentes en curvas para garantizar la coherencia en el diseño de la infraestructura ciclista. Se recomienda la adopción de este criterio de diseño en futuras actualizaciones normativas con el fin de mejorar la seguridad vial y confort del ciclista.

3.2.9. Recomendaciones para Próximas Investigaciones

Se recomienda la realización de mayores estudios de movilidad ciclista por parte de la academia, no sólo en ciclovías donde se evidencia un gran volumen de usuarios, sino también en otras ciclovías donde se identifique un verdadero potencial del incremento de la demanda por la infraestructura. Otro aspecto importante que se podría tocar en próximas investigaciones es acerca de las barreras que afectan la movilidad en bicicleta de las mujeres de Lima Metropolitana, vistos los resultados en promedio 2 de cada 10 ciclistas son mujeres; esto podría interpretarse que en general las mujeres limeñas no tienen una buena percepción de la seguridad vial de la actual infraestructura ciclista.

3.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.3.1. Contrastación de la Hipótesis General

De acuerdo a la hipótesis general planteada, se demuestra que los subcriterios identificación de puntos críticos de atropellamiento y cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, son preponderantes en la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías, ya que mediante la aplicación del método AHP se propone una herramienta multi-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana; donde sólo seis de los diecinueve subcriterios de evaluación explican más del 60% del modelo propuesto, siendo estos: Ciclovía en separador central – Físicamente Segregada (20.47%), ciclovía en calzada – Físicamente segregada (11.33%), estado del pavimento de la ciclovía (8.76%), identificación de puntos críticos de atropellamiento (7.37%), estado de la señalización horizontal y vertical (6.78%) y cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro (6.40%). Estos resultados confirman la preponderancia de los subcriterios: identificación de puntos críticos de atropellamiento y cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro en la evaluación objetivo.

3.3.2. Contrastación de las Hipótesis Específicas

- Se propuso un modelo lineal aditivo que determine la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en las ciclovías de Lima Metropolitana haciendo uso del método AHP y a partir de la validación de juicios de expertos en el tema en estudio, este modelo lineal aditivo es mostrado en el ítem 3.1.1., por lo cual se contrasta la primera hipótesis específica.

- Se contrasta la segunda hipótesis específica, ya que los criterios: comportamiento del ciclista (17.46%); estándar y tipo de diseño de las ciclovías (36.81%); y el entorno vial (36.93%), son los criterios que tienen mayor incidencia en la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana (91.20%).
- Como casos de estudio, se evaluaron los niveles de seguridad vial de tramos específicos de ciclovías en Lima Centro (Ciclovía de la Av. Garcilaso / Av. Arequipa en Lima Cercado y en la Av. Arequipa en Miraflores), en Lima Norte (Ciclovía de la Av. Universitaria en SMP), Lima Sur (Ciclovía de la Av. Guardia Civil en Chorrillos) y en Lima Este (Ciclovía de la Av. Jardines Este en SJL). Los resultandos indican que las ciclovías evaluadas fueron catalogadas entre medianamente seguras vialmente y seguras vialmente; lo anterior contrasta la tercera hipótesis específica planteada.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El estudio tuvo como objetivo general proporcionar una herramienta y marco de evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial de ciclovías de Lima Metropolitana, desde un enfoque multi-criterio, que permita considerar un amplio espectro de criterios y subcriterios de evaluación, tanto cuantitativos como cualitativos; y que mediante la aplicación de la metodología AHP, se permita preponderar importancias de unos criterios y subcriterios sobre otros. Se obtuvo que los criterios con mayor importancia para la evaluación del nivel de seguridad vial de ciclovías de Lima Metropolitana, a partir de los juicios de los expertos, son: entorno vial; y estándar y tipo de diseño de las ciclovías, resultando sus pesos los valores del 36.93% y 36.81%, respectivamente. Asimismo, otro criterio que se determina como preponderante en la evaluación del nivel de seguridad en ciclovías, es del Comportamiento del Ciclista (Usuario), cuyo peso resultó el valor del 17.46%. Además, la metodología propuesta para la determinación del índice de prioridad global calculado, permite valorar los subcriterios de evaluación mediante escalas de calificación del 1 (Motivador débil) al 5 (Motivador fuerte), con el fin de catalogar a una infraestructura ciclista desde muy insegura vialmente a muy segura vialmente.
- La validación experta resultó ser primordial en el desarrollo de un instrumento de inspección de la seguridad vial para la infraestructura ciclista de Lima Metropolitana, solucionando el problema real de que en el Perú no se tenga una herramienta de evaluación que determine cuando una ciclovía es caracterizada como: muy segura, segura, medianamente segura, insegura o muy insegura vialmente.
- El empleo del método AHP para la evaluación de los niveles de seguridad vial de ciclovías de Lima Metropolitana es fundamental, para determinar las influencias significativas de los subcriterios de evaluación; subcriterios tales como: Ciclovía en separador central – Físicamente segregada (Valoración global producto del método AHP: 20.47%), Ciclovía en calzada – Físicamente segregada (11.33%), Estado del pavimento de la ciclovía (8.76%), Identificación de puntos críticos de atropellamiento (7.37%), Estado de la señalización horizontal y vertical (6.78%), se determinan como los factores más influyentes en la evaluación del nivel de seguridad vial de una ciclovía. Concentrar esfuerzos en pro de mejoras en los parámetros antes detallados y relacionados a los criterios: Estándar y Tipo de Diseño de las Ciclovías y Entorno Vial, elevaría considerablemente los niveles de seguridad vial de la actual infraestructura ciclista en la ciudad de Lima.
- La aplicación de la metodología propuesta demostró ser factible para llevar a cabo una evaluación amplia y ecuánime de las condiciones del nivel de seguridad vial en casos de estudio de ciclovías, considerando tramos específicos. En este sentido, las ciclovías de la

Av. Garcilaso de la Vega / Av. Arequipa (Entre la Av. 9 de diciembre y la Calle Manuel Corpancho) y de la Av. Arequipa (Entre la Calle García Calderón y la Av. José Pardo), ambas en Lima Centro, fueron catalogadas como seguras vialmente, con valores de relación porcentual del 61% y 62%, respectivamente. Por otro lado, las ciclovías de la Av. Universitaria (Entre la Av. A. Gamarra y la Av. Germán Aguirre) en ambos sentidos de circulación (Norte – sur y sur – norte), así como la ciclovía de la Av. Guardia Civil (Entre la Av. El Sol y la Av. Prolongación Huaylas) y la ciclovía de la Av. Jardines Este (Entre la Av. Santa Rosa y la Av. Flores de Primavera), fueron catalogadas como medianamente seguras vialmente, obteniendo valores de relación porcentual del 52%, 51%, 44% y 60%, respectivamente. Asimismo, ninguna de las ciclovías analizadas alcanzó el valor mínimo del 81% en la relación porcentual, requerido para ser catalogadas como muy segura vialmente; en este contexto, resulta fundamental adoptar políticas públicas para la implementación efectiva de inspecciones de seguridad vial en ciclovías, con el propósito de elevar progresivamente los niveles de seguridad vial de las mismas. A partir del análisis comparativo de los resultados sobre el criterio del comportamiento del ciclista en las ciclovías evaluadas, se concluye que los ciclistas de Lima Centro tienen una mejor percepción del entorno y seguridad vial en comparación de sus pares ciclistas de Lima Norte, Sur y Este. Asimismo, la ciclovía de la Av. Arequipa en Miraflores obtuvo la mejor calificación en la evaluación del criterio: estándar y tipo de ciclovía, el hecho de estar segregada del tráfico motorizado y su ubicación en el separador central de la Av. Arequipa permiten catalogarla como una ciclovía segura vialmente. Finalmente, en cuanto al criterio entorno vial la ciclovía de la Av. Jardines Este en SJL obtuvo la mejor valoración, incluso por encima de las ciclovías de Lima Centro, su buen estado del pavimento y la ausencia de obstáculos contribuye a que reciba la mejor evaluación del criterio: entorno vial, no obstante, debido a deficiencias en el estado de señalización vertical y horizontal, así como en el funcionamiento de la semaforización exclusiva para ciclistas, no fue catalogada como segura vialmente, se estima que la implementación de estas mejoras permitiría que la ciclovía de la Av. Jardines Este pase de ser considerada como medianamente segura a segura vialmente.

4.2. RECOMENDACIONES

- Teniendo de conocimiento que los registros de siniestros de tránsito que involucran a ciclistas son limitados, la herramienta multi-criterio propuesta tiene la capacidad de no depender de registros oficiales para el reconocimiento de problemas de seguridad vial y deficiencias en la movilidad e infraestructura ciclista de Lima Metropolitana.
- El uso de la metodología AHP para el cálculo de pesos de los criterios y subcriterios, refleja los juicios de valor subjetivos de determinados expertos, es posible que otros

expertos que apliquen la encuesta de representación de juicios de valor establezcan valores de juicios diferentes, lo que conllevaría a propiciar cambios en los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación presentados en este estudio.

- Se recomienda el uso de la metodología AHP en estudios de transporte, movilidad y urbanismo para futuras investigaciones como casos de estudio en Lima Metropolitana, ya que su uso es extendido a nivel internacional. Por otro lado, para futuras investigaciones, se recomienda la inclusión de subcriterios tales como: la interconectividad de ciclovías, factor del clima y drenaje de las ciclovías.
- Se espera que la herramienta multi-criterio y la metodología presentada, sea utilizada por las agencias estatales de transportes, seguridad vial y movilidad urbana para evaluar el estado actual de los niveles de seguridad vial de los 332.43 km de la red de ciclovías de Lima Metropolitana, y si es el caso, establecer priorizaciones de intervención a la actual infraestructura ciclista. Además, se recomienda indagar a mayor profundidad acerca de la percepción por parte de los ciclistas, en lo referente a la calidad y mejor mantenimiento de la infraestructura ciclista de Lima Centro, en comparación con las infraestructuras ciclistas de Lima Norte, Sur y Este. Por otro lado, se recomienda que los manuales o guías de diseño de infraestructura ciclista establezcan como prioridad la ubicación de las ciclovías al lado derecho del tráfico motorizado, siguiendo una metodología estructurada para la implementación de diseños de vías ciclistas, basadas en factores como la posición en la vía, sentidos, protección y cotas. En el contexto actual del Perú, el diseño de ciclovías al lado derecho de la calzada se menciona únicamente como una sugerencia o consideración técnica, sin ningún mandato explícito, lo que permite que las ciclovías sean diseñadas con diferentes criterios y sin alinearse a recomendaciones internacionales de seguridad vial.

REFERENCIAS

Agarwal, P.K., Patil, P.K., & Mehar, R. (2013). A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 104*, 1030-1037. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.198

Algurén, B., & Rizzi, M. (2022). In-depth understanding of single bicycle crashes in Sweden - Crash characteristics, injury types and health outcomes differentiated by gender and age-groups. *Journal of Transport & Health, 24*. https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101320

Ali Esmaeili, M., Reza, M., & Zare, S. (2023). Assessing the impact of COVID-19 pandemic on the performance indicators of safety management using the analytic hierarchy process (AHP) in an electricity industry. *Heliyon, 9* (6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16727

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2012). *Guide for the Development of Bicycle Facilities*. https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/AASHTO_Bicycle-Facilities-Guide_2012-toc.pdf

Ansah, R. H., Sorooshian, S. & Mustafa, S., (2015). Analytic Hierarchy Process Decision Making Algorithm. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 11*, 2403-2410. https://www.researchgate.net/publication/283547786_Analytic_Hierarchy_Process_Decision_Making_Algorithm

Aste, N., Concepción, D., García, C., Montes, W., & García-Rivero, A. (2020). Infraestructura ciclovial en Lima, Perú: estudio de caso Distrito de Miraflores. *Espacio y Desarrollo, 35*, 71-98. https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.202001.003

Awad, J., & Jung, C. (2022). Extracting the Planning Elements for Sustainable Urban Regeneration in Dubai with AHP (Analytic Hierarchy Process). *Sustainable Cities and Society, 76*. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103496

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *Seguridad vial en América Latina y el Caribe: de la teoría a la acción*. Edx. https://www.edx.org/es/learn/latin-america/inter-american-development-bank-seguridad-vial-en-america-latina-y-el-caribe-de-la-teoria-a-la-accion

Banco Interamericano de Desarrollo. (2024). *Herramienta de Diagnóstico de la Política de Seguridad Vial Hacia una Movilidad más Segura en Latinoamérica y Caribe*. https://acortar.link/U6DJne

Banco Mundial. (2020). *Propuesta de actualización del Plan de Infraestructura Cicloviaria para-Lima y Callao*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/294041589874919754/pdf/Propuesta-de-actualizacion-del-Plan-de-Infraestructura-Cicloviaria-para-Lima-y-Callao.pdf

Banco Mundial. (2021, 3 de febrero). *¿Qué pasaría si en Lima se usara más la bici?*. Recuperado el 12 de junio de 2024, de https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2021/02/03/uso-bicicleta-lima-plan-bici-costos-beneficios

Barfod, M. B., & Leleur, S. (2014). *Multi-criteria decision analysis for use in transport decision making*. (2 ed.) DTU Transport. https://orbit.dtu.dk/en/publications/multi-criteria-decision-analysis-for-use-in-transport-decision-ma

Barrios, M.F., Bustamante, J.A., & Shimabukuro, A. (2022). Movilidad cotidiana en ciclistas residentes de Lima Norte durante la pandemia por Covid-19. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 51*(1), 105–122. https://doi.org/10.4000/bifea.14116

Centro de Regulación e Investigación en Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, Construcción de Carreteras e Ingeniería de Tráfico de Países Bajos (2016). *Design Manual for Bicycle Traffic*. https://crowplatform.com/product/design-manual-for-bicycle-traffic/

Cevallos, A., & Parrad, C. (2018). Cartografía del deseo: Diseño, caminabilidad y peatones en la ciudad de Quito. *QUID16, 10*. https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/quid16/article/view/2811/pdf_29

Costa, M., Lima, C., Wilhelm, F., Marques, M., & Moura, F. (2024). Unraveling the relation between cycling accidents and built environment typologies: Capturing spatial heterogeneity through a latent class discrete outcome model. *Accident Analysis and Prevention, 200*. https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107533

Grudgings, N., Hughes, S., & Hagen-Zanker, A. (2021). What aspects of traffic intensity most influence cycling mode choice? A study of commuting in Surrey, UK. *International Journal of Sustainable Transportation, 17*(2), 136–147. https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1999539

Guerrero, H.M. & Huamanchumo, J.L. (2022). *Propuesta de mejora en la infraestructura vial para garantizar la accesibilidad de la gran demanda de ciclistas en el óvalo de Miraflores, ciudad de Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660826

Guirao, B., Gálvez-Pérez, D., & Casado-Sanz, N. (2023). The impact of the cyclist infrastructure type on bike accidents: the experience of Madrid. *Transportation Research Procedia, 71*, 403-410. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.101

Hallowell, M., & Gambatese, J.A. (2010). Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research. *Journal of Construction Engineering and Management, 136*(1), 99-107. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000137

Hoang, L.H.G., & Kato, T. (2023). Use of analytic hierarchy process and four-component instructional design for improving emergency response exercises. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 87*. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103583

Kabakus, N., & Eyuboglu, M. (2024). Comparative Analysis of Countries in Terms of Sustainable and Green Transportation Using Multi – Criteria Decision Making Approach. *KSCE Journal of Civil Engineering, 28*(12), 5863–5876. https://doi.org/10.1007/s12205-024-1697-9

Kim, K., Ghimire, J., Pant, P., & Yamashita, E. (2021). Bikeshare and safety: Risk assessment and management. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 9*. https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100276

Koesling, S. (2022, 11 de junio). *Safe cycling – about a perceived safety*. PTV Group. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://blog.ptvgroup.com/en/road-safety/safe-cycling/

Kumar, A., & Pant S. (2023). Analytical hierarchy process for sustainable agriculture: An overview. *MethodsX, 10*. https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101954

Lima Cómo Vamos. (2022). *Lima y Callao según sus habitantes – Reporte urbano de percepción ciudadana 2022*. https://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2022/11/EncuestaLCV2022.pdf

Lima Cómo Vamos. (2024). *Lima y Callao según sus habitantes – Reporte urbano de percepción ciudadana – Edición 13*. https://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2024/01/EncuestaLCV2023.pdf

Majumdar, B.B., & Mitra, S. (2015). Identification of factors influencing bicycling in small sized cities: A case study of Kharagpur, India. *Case Studies on Transport Policy, 3*(3), 331-346. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2014.09.002

Manual de Tráfico de Ontario. (2021). *Cycling Facilities*. https://ontario-traffic-council.s3.amazonaws.com/uploads/2021/11/cwug-OTM-Book-18-Oct-5-2021-Digital-final.pdf

Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. ECOE EDICIONES

Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for decision-making with expert judgment. Ingeniare. *Revista chilena de ingeniería, 27*(3), 348-360. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2020). *Manual para ciclistas del Perú – Reglas y recomendaciones para el uso de la bicicleta y otros ciclos*. https://acortar.link/SJZam

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2022). *Patrones de Movilidad Ciclista en Lima Metropolitana*. https://acortar.link/Y6iEnA

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2023a). *Estado situacional de los ciclistas en el Perú, 2021 - 2022*. https://acortar.link/zFjy0D

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2023b). *Proyecto Manual para Infraestructura ciclovial - Manual de Diseño Geométrico para Infraestructura Ciclovial para Vías Urbanas*. https://acortar.link/KkFIVC

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2023c). *Manual de Cicloparqueaderos*. https://acortar.link/LRMBX0

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2023d). *Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial*. https://acortar.link/nms9Qf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2024a). *Informe de Siniestralidad Fatal de Ciclistas*. https://acortar.link/xi7aeg

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2024b). *Manual de Infraestructura Ciclovial – Manual de Diseño Geométrico para Infraestructura Ciclovial para Vías Urbanas*. https://acortar.link/IjXWBC

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana del Gobierno de España (2023). *Guía de Recomendaciones para el Diseño de Infraestructura Ciclista*. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/esmovilidad/guia_recomendaciones/guia_de_infraestrcutura_ciclista.pdf

Municipalidad de Lima. (2014). *Ordenanza N° 1851-2014 MML: Ordenanza para la promoción de movilidad sostenible y eficiente a través de la recuperación de espacios públicos para transporte no motorizado en la provincia de Lima metropolitana y la permanencia del programa de ciclovías recreativas de Lima*. https://acortar.link/hJoLUq

Municipalidad de Lima. (2017). *Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista*. https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf

Municipalidad de Lima. (2024, 31 de enero). *Ciclovías Existentes en Lima Metropolitana*. Plataforma Nacional de Datos Abierto. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/ciclov%C3%ADas-existentes-en-lima-metropolitana-municipalidad-metropolitana-de-lima-mml

National Association of City Transportation Officials. (2014). *Urban Bikeway Desing Guide*. https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/

Neira, A. M. (2015). *Análisis del comportamiento de los ciclistas de Bogotá y su influencia en la accidentalidad* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes Colombia]. Séneca Repositorio Institucional de la Universidad de los Andes Colombia. http://hdl.handle.net/1992/13198

Olsson, B. (2023). Increased bicycle helmet use in the absence of mandatory bicycle helmet legislation: Prevalence and trends from longitudinal observational studies on the use of bicycle helmets among cyclists in Denmark 2004–2022", "Journal of Safety Research. *Journal of Safety Research, 87*. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.09.003

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Seguridad vial. Organización Panamericana de la Salud*. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://www.paho.org/es/temas/seguridad-vial

Organización Mundial de la Salud. (2021, octubre). *Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030*. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/21323-spanish-global-plan-for-road-safety-for-web.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true

Papadimitriou, E., Afghari, A.P., Tselentis, D., & Van Gelder, P. (2022). Road-safety-II: Opportunities and barriers for an enhanced road safety vision. *Accident Analysis & Prevention, 174*. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106723

Paydar, M., Kamani Fard, A., & Mashlool, F. (2021). Cycling network and its related criteria; the case study: Shiraz, Iran. *Journal of Transport & Health, 21*. https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101045

Psarrou, A.M., Christoforou, Z., & Farhi, N. (2022). A novel methodology for micromobility system assessment using multi-criteria analysis. *Case Studies on Transport Policy, 10*(2), 976-992. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.03.010

Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. (2006). *Norma CE.030 Obras especiales y complementarias. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. https://acortar.link/wAY4rA

Rezaei, M., Sadeghi-Bazargani, H., Razzaghi, A., Jafari-Khounigh, A., Heydari, S.T., Entezarmahdi, R., Moghaddam, A.A., Farahbakhsh, M., Habibzadeh, S., Sharifi, H., Moradi-Asl, E., Sarbazi, E., Haghighi, M., & Golestani, M. (2023). Validity and reliability of short-form travel behavior questionnaire during COVID-19 pandemic (TBQ-Cov19). *Journal of Transport & Health, 29*. https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101586

Ringel, L., Kielhauser, C., & Adey, B.T. (2023). Wider view over bicycle crashes: Complementing and extending bicycle crash statistics in urban areas using surveys. *Journal of Safety Research, 87*, 217-231. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.09.018

Ruiz-Padillo, A., Nascimento da Silva, A.L.D., Cassel, D.L., Ortiz Menna, R., & Nodari, C.T. (2021). Multi-criteria tool for cycle-lane safety-level inspection: A Brazilian case study. *Case Studies on Transport Policy, 9*(4), 1696-1706. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.018

Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research, 48*(1), 9-26. https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I

Saaty, T.L., & Özdemir, M.S. (2014). How Many Judges Should There Be in a Group?. *Annals of Data Science,* 1, 359-368. 10.1007/s40745-014-0026-4

Saplıoğlu, M., & Aydın, M.M. (2018). Choosing safe and suitable bicycle routes to integrate cycling and public transport systems. *Journal of Transport & Health, 10*, 236-252. https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.05.011

Seriani, S., Fernandez, R., & Hermosilla, E. (2015). Experimental Study for Estimating Capacity of Cycle Lanes. *Transportation Research Procedia, 8*, 192-203. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.06.054

Shinar, D., Valero-Mora, P., Van Strijp-Houtenbos, M., Haworth, N., Schramm, A., De Bruyne, G., Cavallo, V., Chliaoutakis, J., Dias, J., Ferraro, O.E., Fyhri, A., Hursa Sajatovic, A., Kuklane, K., Ledesma, R., Mascarell, O., Morandi, A., Muser, M., Otte, D., Papadakaki, M., Sanmartín, J., Dulf, D., Saplioglu, M., & Tzamalouka G. (2018). Under-reporting bicycle accidents to police in the COST TU1101 international survey: Cross-country comparisons and associated factors. *Accident Analysis & Prevention, 110*, 177-186. https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.09.018

Son, S.H., Oh, S.H., Kang, S.H., Kim, D.K., Seo, K.M., Lee, S.U., & Lee, S.Y. (2018). Independent factors associated with bicycle helmet use in a Korean population: a crosssectional study. *Traffic Injury Prevention, 19*(4), 399-403. https://doi.org/10.1080/15389588.2017.1418507

The Market. (2023, 1 de febrero). *Revealed: the best (and worst!) drivers in the world.* The Market. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://acortar.link/8pyJLP

TomTom Traffic Index. (2024, s.f.). *TomTom Traffic Index Ranking 2023*. TomTom. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://www.tomtom.com/traffic-index/lima-traffic/

Transportation Research Board. (2010). *HCM 2010 Highway Capacity Manual*. https://www.trb.org/Main/Blurbs/164718.aspx

Tsigdinos, S., Salamouras, G., Chatziioannou, I., Bakogiannis, E., & Nikitas, A. (2024). A worldwide review of formal national street classification plans enhanced via an analytical hierarchy process: Street classification as a tool for more sustainable cities. *Cities, 154*. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105371

Universidad de Costa Rica. (2015). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica LM-PI-USVT-007-15*. https://acortar.link/IX0cky

Useche, S.A., Montoro, L., Tomas, J.M., & Cendales, B. (2018). Validation of the Cycling Behavior Questionnaire: A tool for measuring cyclists' road behaviors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 58*, 1021-1030. https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.08.003

Useche, S.A., Philippot, P., Ampe, T., Llamazares, J., & De Geus, B. (2021). "Pédaler en toute sécurité": The Cycling Behavior Questionnaire (CBQ) in Belgium – A validation study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 80*, 260-274. https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.04.014

Vidal-Tortosa, E., & Lovelace, R. (2024). Road lighting and cycling: A review of the academic literature and policy guidelines. *Journal of Cycling and Micromobility Research, 2*. https://doi.org/10.1016/j.jcmr.2023.100008

Von Stülpnagel, R., & Binnig, N. (2022). How safe do you feel? – A large-scale survey concerning the subjective safety associated with different kinds of cycling lanes. *Accident Analysis & Prevention, 167*. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106577

Wei, W., Li, N., Qiu, C., Liang, Z., & Ma, Z. (2024). Analysis of bicycle crash characteristics and typical scenarios in France: A descriptive epidemiology and clustering approach. *Travel Behaviour and Society, 36*. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100778

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

Problema de Estudio	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables y Dimensiones	Metodología
	Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variables Independientes**	
Actualmente se identifica la necesidad de dotar de una herramienta multi-criterio para la debida inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías, a las agencias estatales involucradas en el tránsito, transporte y seguridad vial de Lima Metropolitana, con el objetivo de favorecer al desarrollo y gestión del mejoramiento y rehabilitación de la actual infraestructura ciclística.	¿Cómo evaluar las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana?	Proponer una herramienta multi-criterio para la inspección del nivel de seguridad vial en ciclovías en Lima Metropolitana, mediante la aplicación del método del Proceso Analítico Jerárquico; tal que se englobe criterios del comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; entorno vial y la bicicleta (vehículo).	Los criterios para la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana están relacionados principalmente por subcriterios o subvariables, tales como: identificación de puntos críticos de atropellamiento, Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, Geometría de la vía.	Comportamiento del Ciclista (Usuario) Dimensiones: - Geometría de la vía, - Siniestralidad vial en ciclovías, - Presencia de policías de tránsito, - Comportamiento agresivo de ciclistas, - Percepción de alto volumen de tráfico, y - Edad del ciclista y medidas propias de seguridad. Estándar y tipo de diseño de las ciclovías Dimensiones: - Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada), - Ciclovía en calzada (Físicamente segregada), - Ciclocarril (No segregado), y - Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado). Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación) Dimensiones: - Identificación de puntos críticos de atropellamiento, - Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros, - Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro, - Estado del pavimento de la ciclovía, - Estado de la señalización horizontal y vertical, y - Calidad de la iluminación de la ciclovía. Bicicleta (Vehículo) Dimensiones: - Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta, - Bicicletas con elementos perceptivos, y - Bicicletas con accesorios auxiliares.	**Tipo de investigación:** Por enfoque la investigación es cuantitativa – cualitativa, cualitativa ya que se utiliza el método del proceso analítico jerárquico que se desarrolla a través de juicios de expertos, además algunos subcriterios son evaluados por la observación y criterio; y es cuantitativa, debido a que los resultados son producto del análisis de encuestas y métodos de recolección de datos de cantidades. **Nivel de investigación:** Por el nivel la investigación se dice que es descriptiva ya se busca describir las características del estado actual de la infraestructura ciclista en lo referente en aspectos de seguridad vial, además la investigación brinda características sociodemográficas de muestras de población ciclista en diferentes zonas de Lima Metropolitana. **Métodos:** Por el método de la investigación es analítica, porqué se analiza y explica las causas y los resultados de la situación actual de casos de estudio de ciclovías de la ciudad de Lima. **Diseño:** Por el diseño la investigación es no experimental ya que se limita a observar, medir y cuantificar de forma directa sucesos dentro del entorno de estudio (Infraestructura ciclista).
	Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**	**Variable Dependiente**	
	¿Cuál es el enfoque vigente de la concepción de seguridad vial del ciclista de parte de las agencias estatales, especialistas y expertos del tema?	Obtener la validación experta mediante método cualitativo cuantitativo de los principales criterios y subcriterios que afectan la seguridad del ciclista.	Plantear un modelo lineal aditivo que determine la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en las ciclovías de Lima Metropolitana, a partir de la validación de juicios de expertos en el tema.	Nivel de Seguridad Vial en ciclovías Dimensiones: - Comportamiento del Ciclista (Usuario), - Estándar y tipo de diseño de las ciclovías, - Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación), y - Bicicleta (Vehículo).	**Población y muestra:** **- Población y muestra de ciclovías:** Población: Actualmente existen 332.43 km de ciclovías en Lima Metropolitana/ Muestra: En este caso se toman cinco importantes ciclovías de la ciudad de Lima Metropolitana (Longitud total: 7.698 km) para sus análisis como casos de estudio. **- Población y muestra de ciclistas:** Población: En las cinco ciclovías tomadas como casos de estudio, se estima que en total 839 ciclistas circulan en un día laboral en el turno de la mañana. / Muestra: Se calcula que, para el conjunto de ciclovías a analizar como casos de estudio, es necesario recoger 426 encuestas válidas de intercepción de viaje a los ciclistas. - Respecto al número de expertos encuestados, se recogieron un total de veinte encuestas, de las cuales catorce fueron validadas, cinco encuestas resultaron se no consistentes y una encuesta se recibió con respuestas incompletas. El número de encuestas a especialistas propuestas en el Plan de Tesis fue superado (12 encuestas).
	¿Qué variables o criterios tienen mayor incidencia en la caracterización de la infraestructura ciclista como segura o insegura viablemente?	Determinar y explicar la importancia de los criterios y subcriterios con mayores pesos que caracterizarán el nivel de seguridad vial de las ciclovías de Lima Metropolitana.	Los criterios del comportamiento del ciclista; estándar y tipo de diseño de las ciclovías; y el entorno vial; son los criterios que mayores pesos totalizarán en la incidencia para la evaluación de las condiciones del nivel de seguridad vial en ciclovías de Lima Metropolitana.		**Técnicas e instrumentos de recolección de datos:** - Técnicas de recolección de datos: Método AHP y propuesta de herramienta de inspección de seguridad vial para ciclovías de Lima Metropolitana. - Instrumentos de recolección de datos: Encuestas a especialistas (Anexo N° 02), Encuestas a ciclistas (Anexo N° 05) y Recolección de datos de la infraestructura ciclista (Anexo N° 06).
	¿Cómo se caracteriza en lo referente a niveles de seguridad vial la actual infraestructura ciclista de Lima Metropolitana?	Desarrollar casos de estudios con el fin de caracterizar la actual infraestructura ciclista de Lima Metropolitana, evaluando y catalogando a las ciclovías como vialmente: muy inseguras, inseguras, medianamente seguras, seguras o muy seguras, a partir de rangos numéricos.	Determinar el nivel de seguridad vial en tramos de infraestructura ciclistas de Lima Centro, Norte, Sur y Este.		**Técnicas e instrumentos de análisis y procesamiento de datos:** - Técnicas e instrumentos de análisis: Escala de calificación de subcriterios de evaluación, Cálculo del índice de prioridad global modificado y Catalogación de infraestructura ciclista, por niveles de seguridad vial. - Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos: Procesamiento de las encuestas a especialistas (Anexo N° 03) y Procesamientos consolidados referiros al Anexo N° 03 (Anexo N° 04).

ANEXO 2: ENCUESTA CON FINES ACADÉMICOS - REPRESENTACIÓN DE JUICIOS DE VALOR

ANEXO Nº 02
ENCUESTA CON FINES ACADÉMICOS - REPRESENTACIÓN DE JUICIOS DE VALOR

Estudio: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - UNI**
MAESTRÍA: Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Transportes
MAESTRANTE: Ing. Mariano Jesús Santa María Carlos (Email: mariano.santamaria.c@uni.pe)
ASESOR: M. Sc. Ing. Edward Santa María Dávila

NOMBRES Y APELLIDOS DEL ESPECIALISTA _____

FECHA _____

Estimado especialista, muchas gracias por participar en la encuesta, la cual tiene como objetivo ponderar factores (criterios y subcriterios) que influyen en la determinación de las condiciones del **NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA**.

En el estudio se propone **cuatro criterios globales que influyen en el NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS**, siendo estos: **Comportamiento del Ciclista**, **Estándar y tipo de diseño de las ciclovías**, **Entorno vial** (Diseño, mantenimiento y operación), y **Bicicleta** (Vehículo), y por cada criterio presentado se tienen en conjunto diecinueve subcriterios (Se adjunta estructura jerárquica del análisis multicriterio del estudio, para un mejor entendimiento).

En la aplicación propiamente dicha de la encuesta tiene como finalidad hacer la comparación por pares entre Criterios y Subcriterios presentados, siempre formulando la siguiente pregunta: **De los criterios/subcriterios a comparar por pares ¿Cuál es más importante, influyente o que tiene mayor incidencia en la determinación de un buen nivel de seguridad vial en las ciclovías de Lima Metropolitana? y ¿Qué grado de importancia tiene un criterio/subcriterio respecto al otro?**, para la cual se utiliza la escala fundamental de Saaty.

A continuación se presenta la escala fundamental de Satty para determinar la intensidad de importancia entre la comparación por pares.

Escala fundamental de Saaty para comparaciones por pares.
Tabla Nº 1

Intensidad de importancia en escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo
3	Importancia moderada de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
5	Importancia esencial o fuerte de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
7	Importancia muy fuerte de uno sobre otro	Una actividad se ve fuertemente favorecida y su dominio se demuestra en la práctica
9	Importancia extrema de uno sobre otro	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del más alto orden de afirmación posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, cuando es necesario matizar	

Fuente: How to make a decisión: The Analytic Hierarchy Process. Thomas L. Saaty (1990).

A continuación, se presentan dos ejemplos para la correcta ejecución de la encuesta

Ejemplo Nº 1

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas (Mayor importancia ← Igual → Mayor importancia)																	Sub – Criterios
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 3 [(Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)]																		
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	(7)	8	9	Estado de la señalización horizontal y vertical

Al hacer la comparación de los subcriterios del Criterio 3 (Entorno Vial), se tiene a realizar la comparación entre los subcriterios: **Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros** y **Estado de la señalización horizontal y vertical** (De la ciclovía), en este caso se indica la elección del valor 7 (Ubicado hacia la derecha), lo cual significa que:

El subcriterio **estado de la señalización horizontal y vertical** tiene una IMPORTANCIA MUY FUERTE sobre el subcriterio **presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros**.

Ejemplo Nº 2

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas (Mayor importancia ← Igual → Mayor importancia)																	Sub – Criterios
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 4 [Bicicleta (Vehículo)]																		
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta (Al menos una vez, en los últimos 6 meses)	9	8	7	6	5	4	(3)	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicletas con elementos perceptivos (Pegatinas reflectantes, timbre)

Al hacer la comparación de los subcriterios del Criterio 4 (Bicicleta), se tiene a realizar la comparación entre los subcriterios: **Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta** y **Bicicletas con elementos perceptivos,** en este caso se indica la elección del valor 3 (Ubicado hacia la izquierda), lo cual significa que:

El subcriterio **ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta** tiene una IMPORTANCIA MODERADA sobre el subcriterio **bicicletas con elementos perceptivos**.

Se hace mención que solamente se debe escoger un único valor, sea que esté ubicado a la derecha o izquierda del número 1, si la elección es el número 1, esto significa que ambos criterios/subcriterios tienen igual importancia.

Si surgen dudas o consultas antes o durante el llenado de la encuesta, comuníquese al número celular 933 970 675.

Estimado especialista, en las siguientes comparaciones por pares elija (sombreé) la intensidad de importancia que le asigna a un criterio/subcriterio sobre otro:

Comparación por pares

Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas (Mayor importancia ← Igual → Mayor importancia)																	Criterios
Comparación entre criterios																		
Comportamiento del Ciclista	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías
Comportamiento del Ciclista	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)
Comportamiento del Ciclista	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicleta (Vehículo)
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicleta (Vehículo)
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicleta (Vehículo)

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas (Mayor importancia ← Igual → Mayor importancia)																	Sub – Criterios
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 1 (Comportamiento del Ciclista)																		
Geometría de la vía (Ancho de la ciclovía, pendiente)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Siniestralidad vial en ciclovías
Geometría de la vía (Ancho de la ciclovía, pendiente)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Presencia de policías de tránsito
Geometría de la vía (Ancho de la ciclovía, pendiente)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comportamiento agresivo de ciclistas (Por ejemplo: Pedalear en sentido contrario, en la ciclovía)
Geometría de la vía (Ancho de la ciclovía, pendiente)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Percepción de alto volumen de tráfico
Geometría de la vía (Ancho de la ciclovía, pendiente)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)
Siniestralidad vial en ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Presencia de policías de tránsito
Siniestralidad vial en ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comportamiento agresivo de ciclistas (Por ejemplo: Pedalear en sentido contrario, en la ciclovía)
Siniestralidad vial en ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Percepción de alto volumen de tráfico
Siniestralidad vial en ciclovías	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)
Presencia de policías de tránsito	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Comportamiento agresivo de ciclistas (Por ejemplo: Pedalear en sentido contrario, en la ciclovía)

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas																	Sub – Criterios
	Mayor importancia								← Igual →								Mayor importancia	
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 1 (Comportamiento del Ciclista)																		
Presencia de policías de tránsito	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Percepción de alto volumen de tráfico
Presencia de policías de tránsito	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)
Comportamiento agresivo de ciclistas (Por ejemplo: Pedalear en sentido contrario, en la ciclovía)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Percepción de alto volumen de tráfico
Comportamiento agresivo de ciclistas (Por ejemplo: Pedalear en sentido contrario, en la ciclovía)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)
Percepción de alto volumen de tráfico	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad (Uso del casco)

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas																	Sub – Criterios
	Mayor importancia								← Igual →								Mayor importancia	
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 2 (Estándar y tipo de diseño de las ciclovías)																		
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ciclocarril (No segregado)
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ciclocarril (No segregado)
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)
Ciclocarril (No segregado)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas																	Sub – Criterios
	Mayor importancia								← Igual →								Mayor importancia	
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 3 [(Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)]																		
Identificación de puntos criticos de atropellamiento (Intersecciones viales)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros
Identificación de puntos criticos de atropellamiento (Intersecciones viales)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro
Identificación de puntos criticos de atropellamiento (Intersecciones viales)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado del pavimento de la ciclovía
Identificación de puntos criticos de atropellamiento (Intersecciones viales)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado de la señalización horizontal y vertical
Identificación de puntos criticos de atropellamiento (Intersecciones viales)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado del pavimento de la ciclovía
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado de la señalización horizontal y vertical
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado del pavimento de la ciclovía
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado de la señalización horizontal y vertical
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Estado del pavimento de la ciclovía	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estado de la señalización horizontal y vertical
Estado del pavimento de la ciclovía	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Estado de la señalización horizontal y vertical	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Calidad de la iluminación de la ciclovía

Sub – Criterios	Calificaciones cuantitativas correlacionadas																	Sub – Criterios
	Mayor importancia								← Igual →								Mayor importancia	
Comparación entre Sub – Criterios del Criterio 4 [Bicicleta (Vehículo)]																		
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta (Al menos una vez, en los últimos 6 meses)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicletas con elementos perceptivos (Pegatinas reflectantes, timbre)
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta (Al menos una vez, en los últimos 6 meses)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicletas con Accesorios auxiliares (Espejos retrovisores, suspensión)
Bicicletas con elementos perceptivos (Pegatinas reflectantes, timbre)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bicicletas con Accesorios auxiliares (Espejos retrovisores, suspensión)

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS ESTIMADO ESPECIALISTA POR BRINDAR SU APOYO EN LA EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA.

ANEXO 3: EVALUACIÓN DE ENCUESTAS CON PASOS ASOCIADOS AL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

ANEXO N° 03

EVALUACIÓN DE ENCUESTAS CON PASOS ASOCIADOS AL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Estudio: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

UNIVERSIDAD:	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - UNI**
MAESTRÍA:	Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Transportes
MAESTRANTE:	Ing. Mariano Jesús Santa María Carlos (Email: mariano.santamaria.c@uni.pe)
ASESOR:	M. Sc. Ing. Edward Santa María Dávila
ENCUESTADO:	
ORGANISMO O INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA EL ENCUESTADO:	

En esta sección se evalúa la medida de consistencia de las matrices de comparación por pares de los criterios y subcriterios en evaluación, la construcción de estas matrices se origina a partir de los juicios de valor indicados en la encuesta correspondiente, que fue realizada por el activista.

I. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE CONSISTENCIA DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS CRITERIOS

A partir, de la estructura jerárquica del análisis multicriterio, se tienen los siguientes criterios de evaluación:

Criterio 1 (C1): Comportamiento del ciclista
Criterio 2 (C2): Estándar y tipo de diseño de las ciclovías
Criterio 3 (C3): Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)
Criterio 4 (C4): Bicicleta (Vehículo)

Con los criterios de evaluación se tiene la finalidad de determinar el Nivel de Seguridad Vial en Ciclovías en Lima Metropolitana.

A continuación, en la **Tabla 1**, se presenta la matriz de comparación por pares de los criterios, construida a partir de los juicios de valor del encuestado. Para la construcción de la matriz se debe considerar: Si la relación de importancia del factor i a j es a_{ij}, la relación entre la importancia del factor j a i es a_{ji}, donde $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

Tabla 1. Matriz de comparación por pares - Criterios

	Comportamiento del ciclista	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Bicicleta (Vehículo)
Comportamiento del ciclista				
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías				
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)				
Bicicleta (Vehículo)				
Suma				

Una vez construida la matriz de comparación por pares de los criterios, se determina la suma de los valores de celda de cada columna de la matriz; posteriormente se tiene a constituir la matriz normalizada que se determina a partir de la división de cada valor de celda sobre la suma total de los valores de su respectiva columna.
En lo que corresponde al cálculo del vector prioridad, este se calcula del promedio de los valores de celda de cada fila de la matriz normalizada.

En la **Tabla 2** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz de la comparación por pares de

Tabla 2. Matriz normalizada (Matriz compleja de prioridad general) y vector de prioridad (prioridad general)

	Comportamiento del ciclista	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Bicicleta (Vehículo)	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Comportamiento del ciclista						
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías						
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)						
Bicicleta (Vehículo)						

Para determinar la razón de consistencia (CR) de la matriz de comparación por pares, es necesario determinar primeramente la matriz ponderada de prioridad general de criterios, la cual resulta de la multiplicación de la matriz de comparación por pares por el vector de prioridad. Realizada la multiplicación de la matriz y el vector, se determina el vector suma (Wi), el cual es resulto de la suma de los valores de las celdas de cada fila de la matriz ponderada de prioridad general de criterios.

En la **Tabla 3** se muestra la matriz ponderada de prioridad general de criterios.

Tabla 3. Matriz ponderada de prioridad general de criterios

	Comportamiento del ciclista	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Bicicleta (Vehículo)	Vector Suma (Wi)
Comportamiento del ciclista					
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías					
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)					
Bicicleta (Vehículo)					

Determinada la matriz ponderada de prioridad general de criterios y el vector suma, se calcula el valor propio dominante de la matriz o también conocido como el principal auto valor (λ máx), el cual se determina a partir del promedio de la suma de los valores que son producto de la división entre las celdas correspondientes del vector suma (Wi) y el vector prioridad (PE). Calculado el valor de λ máx, se hace el cálculo del Índice de consistencia (CI), Índice aleatorio (RI) y la razón de consistencia (RC), la razón de consistencia se determina por la razón del CI/RI.

Si resulta un valor de CR menor al 10% se considera que la matriz de comparación por pares es consistente, y se puede usar para la evaluación del Nivel de Seguridad Vial en Ciclovías en Lima Metropolitana.

En la **Tabla 4** se muestra los parámetros de λ máx, CI, RI y CR.

Tabla 4. Prueba de consistencia de la matriz de comparación por pares de criterios

Parámetro	Símbolo	Cálculos
Tamaño de la matriz	n	
Principal auto valor	λ máx	
Índice de Consistencia	CI	
Índice Aleatorio	RI	
Razón de Consistencia	CR	
Test de consistencia		

II. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE CONSISTENCIA DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS SUBCRITERIOS - DEL CRITERIO (C1) COMPORTAMIENTO DEL

A partir, de la estructura jerárquica del análisis multicriterio, se tienen los siguientes subcriterios de evaluación del criterio (C1) comportamiento del ciclista.

Subcriterio 11 (SC11): Geometría de la vía
Subcriterio 12 (SC12): Siniestralidad vial en ciclovías
Subcriterio 13 (SC13): Presencia de policías de tránsito
Subcriterio 14 (SC14): Comportamiento agresivo de ciclistas
Subcriterio 15 (SC15): Percepción de alto volumen de tráfico
Subcriterio 16 (SC16): Edad del ciclista y medidas propias de seguridad

Para la determinación de la medida de consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 1, esta se desarrolla de manera similar a lo mostrado para la matriz de comparación por pares de los criterios.

Tabla 5. Matriz de comparación por pares - Subcriterios del criterio 1

	Geometría de la vía	Siniestralidad vial en ciclovías	Presencia de policías de tránsito	Comportamiento agresivo de ciclistas	Percepción de alto volumen de tráfico	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad
Geometría de la vía						
Siniestralidad vial en ciclovías						
Presencia de policías de tránsito						
Comportamiento agresivo de ciclistas						
Percepción de alto volumen de tráfico						
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad						
Suma						

Tabla 6. Matriz normalizada (Matriz compleja de prioridad general) y vector de prioridad (prioridad general)

	Geometría de la vía	Siniestralidad vial en ciclovías	Presencia de policías de tránsito	Comportamiento agresivo de ciclistas	Percepción de alto volumen de tráfico	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Geometría de la vía								
Siniestralidad vial en ciclovías								
Presencia de policías de tránsito								
Comportamiento agresivo de ciclistas								
Percepción de alto volumen de tráfico								
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad								

Tabla 7. Matriz ponderada de prioridad general de subcriterios del criterio 1

	Geometría de la vía	Siniestralidad vial en ciclovías	Presencia de policías de tránsito	Comportamiento agresivo de ciclistas	Percepción de alto volumen de tráfico	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	Suma (Wi)
Geometría de la vía							
Siniestralidad vial en ciclovías							
Presencia de policías de tránsito							
Comportamiento agresivo de ciclistas							
Percepción de alto volumen de tráfico							
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad							

Tabla 8. Prueba de consistencia de la matriz de comparación por pares subcriterios del criterio 1

Parámetro	Símbolo	Cálculos
Tamaño de la matriz	n	
Principal auto valor	λ máx	
Índice de Consistencia	CI	
Índice Aleatorio	RI	
Razón de Consistencia	CR	
Test de consistencia		

III. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE CONSISTENCIA DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS SUBCRITERIOS - DEL CRITERIO (C2) ESTÁNDAR Y TIPO DE DISEÑO DE LAS CICLOVÍAS

Apartir, de la estructura jerárquica del análisis multicriterio, se tienen los siguientes subcriterios de evaluación del criterio (C2) estándar y tipo de diseño de las ciclovías.

Subcriterio 21 (SC21): Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)
Subcriterio 22 (SC22): Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)
Subcriterio 23 (SC23): Ciclocarril (No segregado)
Subcriterio 24 (SC24): Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)

Para la determinación de la medida de consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 2 esta se desarrolla de manera similar a lo mostrado para la matriz de comparación por pares de los criterios.

Tabla 9. Matriz de comparación por pares - Subcriterios del Criterio 2

	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	Ciclocarril (No segregado)	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)				
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)				
Ciclocarril (No segregado)				
Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)				
Suma				

Tabla 10. Matriz normalizada (Matriz compleja de prioridad general) y vector de prioridad (prioridad general)

	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	Ciclocarril (No segregado)	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)						
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)						
Ciclocarril (No segregado)						
Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)						

Tabla 11. Matriz ponderada de prioridad general de subcriterios del criterio 2

	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	Ciclocarril (No segregado)	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	Suma (Wi)
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)					
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)					
Ciclocarril (No segregado)					
Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)					

Tabla 12. Prueba de consistencia de la matriz de comparación por pares de subcriterios del criterio 2

Parámetro	Símbolo	Cálculos
Tamaño de la matriz	n	
Principal auto valor	λ máx	
Índice de Consistencia	CI	
Índice Aleatorio	RI	
Razón de Consistencia	CR	
Test de consistencia		

IV. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE CONSISTENCIA DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS SUBCRITERIOS - DEL CRITERIO (C3) ENTORNO VIAL (DISEÑO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN)

Apartir, de la estructura jerárquica del análisis multicriterio, se tienen los siguientes subcriterios de evaluación del criterio (C3) entorno vial (diseño, mantenimiento y operación).

Subcriterio 31 (SC31): Identificación de puntos críticos de atropellamiento
Subcriterio 32 (SC32): Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros
Subcriterio 33 (SC33): Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro
Subcriterio 34 (SC34): Estado del pavimento de la ciclovía
Subcriterio 35 (SC35): Estado de la señalización horizontal y vertical
Subcriterio 36 (SC36): Calidad de la iluminación de la ciclovía

Para la determinación de la medida de consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 3, esta se desarrolla de manera similar a lo mostrado para la matriz de comparación por pares de los criterios.

Tabla 13. Matriz de comparación por pares - Subcriterios del criterio 3

	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Estado del pavimento de la ciclovía	Estado de la señalización horizontal y vertical	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Identificación de puntos críticos de atropellamiento						
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros						
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro						
Estado del pavimento de la ciclovía						
Estado de la señalización horizontal y vertical						
Calidad de la iluminación de la ciclovía						
Suma						

Tabla 14. Matriz normalizada (Matriz compleja de prioridad general) y vector de prioridad (prioridad general)

	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Estado del pavimento de la ciclovía	Estado de la señalización horizontal y vertical	Calidad de la iluminación de la ciclovía	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Identificación de puntos críticos de atropellamiento								
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros								
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro								
Estado del pavimento de la ciclovía								
Estado de la señalización horizontal y vertical								
Calidad de la iluminación de la ciclovía								

Tabla 15. Matriz ponderada de prioridad general de subcriterios del criterio 3

	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Estado del pavimento de la ciclovía	Estado de la señalización horizontal y vertical	Calidad de la iluminación de la ciclovía	Suma (Wi)
Identificación de puntos críticos de atropellamiento							
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros							
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro							
Estado del pavimento de la ciclovía							
Estado de la señalización horizontal y vertical							
Calidad de la iluminación de la ciclovía							

Tabla 16. Prueba de consistencia de la matriz de comparación por pares subcriterios del criterio 3

Parámetro	Símbolo	Cálculos
Tamaño de la matriz	n	
Principal auto valor	λ máx	
Índice de Consistencia	CI	
Índice Aleatorio	RI	
Razón de Consistencia	CR	
Test de consistencia		

V. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE CONSISTENCIA DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE LOS SUBCRITERIOS - DEL CRITERIO (C4) BICICLETA (VEHÍCULO)

A partir, de la estructura jerárquica del análisis multicriterio, se tienen los siguientes subcriterios de evaluación del criterio (C4) bicicleta (vehículo).

Subcriterio 41 (SC41): Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta
Subcriterio 42 (SC42): Bicicletas con elementos perceptivos
Subcriterio 43 (SC43): Bicicletas con accesorios auxiliares

Para la determinación de la medida de consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 4, esta se desarrolla de manera similar a lo mostrado para la matriz de comparación por pares de los criterios.

Tabla 17. Matriz de comparación por pares - Subcriterios del criterio 4

	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Bicicletas con elementos perceptivos	Bicicletas con accesorios auxiliares
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta			
Bicicletas con elementos perceptivos			
Bicicletas con accesorios auxiliares			
Suma			

Tabla 18. Matriz normalizada (Matriz compleja de prioridad general) y vector de prioridad (prioridad general)

	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Bicicletas con elementos perceptivos	Bicicletas con accesorios auxiliares	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta					
Bicicletas con elementos perceptivos					
Bicicletas con accesorios auxiliares					

Tabla 19. Matriz ponderada de prioridad general de subcriterios del criterio 4

	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Bicicletas con elementos perceptivos	Bicicletas con accesorios auxiliares	Suma (Wi)
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta				
Bicicletas con elementos perceptivos				
Bicicletas con accesorios auxiliares				

Tabla 20. Prueba de consistencia de la matriz de comparación por pares Subcriterios del Criterio 4

Parámetro	Símbolo	Cálculos
Tamaño de la matriz	n	
Principal auto valor	λ máx	
Índice de Consistencia	CI	
Índice Aleatorio	RI	
Razón de Consistencia	CR	
Test de consistencia		

Finalmente, a manera resumen en la **Tabla 21** se muestra los resultados de las medidas de consistencia de todas las matrices de comparación por pares evaluadas, además en la **Tabla 22** se detallan los pesos finales de los subcriterios obtenidos por el Método AHP.

Tabla 21. Resumen de resultados de las medidas de consistencia

Medida consistencia de la matriz de comparación por pares de los criterios		Medida consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 1		Medida consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 2		Medida consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 3		Medida consistencia de la matriz de comparación por pares de los subcriterios del criterio 4	
CR	Test de consistencia	CR	Test de consistencia	CR	Test de consistencia	CR	Test de consistencia	CR	Test de consistencia

Tabla 22. Pesos finales de los subcriterios obtenidos por el Método AHP.

Posición	Criterio	Peso del criterio	Subcriterio	Peso del subcriterio	Peso final	Peso acumulado
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

ANEXO 4: CÁLCULO DE PONDERACIONES Y VALORACIONES GLOBALES (PESOS)

ANEXO Nº 04
CÁLCULO DE PONDERACIONES Y VALORACIONES GLOBALES (PESOS)

Estudio: EVALUACIÓN DEL AS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - UNI**
MAESTRÍA: Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Transportes
MAESTRANTE: Ing. Mariano Jesús Santa María Carlos (Email: mariano.santamaria.c@uni.pe)
ASESOR: M. Sc. Ing. Edward Santa María Dávila

I. CÁLCULO DE LA MEDIA GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS (aij) DE LAS MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES Y PONDERACIONES - CRITERIOS

Apartir de las encuestas válidas, se aplica la media geométrica a los elementos: a12, a13, a14, a21, a23, a24, a31, a32, a34, a41, a42 y a43 de las matrices de comparación por pares de los criterios.

Tabla 1. Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares - Criterios

Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica
a12	0.5205	a31	2.1453
a13	0.4661	a32	0.9221
a14	1.8237	a34	4.5074
a21	1.9212	a41	0.5483
a23	1.0844	a42	0.2367
a24	4.2256	a43	0.2219

Con el fin de obtener ponderaciones de los criterios, se utiliza de manera similar el método AHP, de lo cual se hace uso de los valores obtenidos en la **Tabla 1**.

Criterios
Criterio 1 (C1): Comportamiento del ciclista
Criterio 2 (C2): Estándar y tipo de diseño de las ciclovías
Criterio 3 (C3): Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)
Criterio 4 (C4): Bicicleta (Vehículo)

A continuación en la **Tabla 2**, se presenta la matriz cuadrada de criterios, que se forma a partir de los valores obtenidos de la **Tabla 1**.

Tabla 2. Matriz Cuadrada - Criterios

	Comportamiento del ciclista	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Bicicleta (Vehículo)
Comportamiento del ciclista	1	0.5205	0.4661	1.8237
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	1.9212	1	1.0844	4.2256
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	2.1453	0.9221	1	4.5074
Bicicleta (Vehículo)	0.5483	0.2367	0.2219	1
Suma	**5.6148**	**2.6793**	**2.7724**	**11.5567**

En la **Tabla 3,** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz cuadrada de criterios.

Tabla 3. Matriz normalizada de la Matriz Cuadrada - Criterios y vector de prioridad

	Comportamiento del ciclista	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	Bicicleta (Vehículo)	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Comportamiento del ciclista	0.1781	0.1943	0.1681	0.1578	**0.1746**	**17.5%**
Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	0.3422	0.3732	0.3912	0.3656	**0.3681**	**36.8%**
Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	0.3821	0.3442	0.3607	0.3900	**0.3693**	**36.9%**
Bicicleta (Vehículo)	0.0977	0.0883	0.0800	0.0865	**0.0881**	**8.8%**

Los resultados determinan las siguientes ponderaciones de los criterios:

Tabla 4. Ponderaciones de Criterios

Posición	Criterios	Ponderación
1	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%
2	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	36.81%
3	Comportamiento del ciclista	17.46%
4	Bicicleta (Vehículo)	8.81%

II. CÁLCULO DE LA MEDIA GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS (bij) DE LAS MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES Y PONDERACIONES - SUBCRITERIOS DEL CRITERIO (C1) COMPORTAMIENTO DEL CICLISTA

Apartir de las encuestas válidas, se aplica la media geométrica a los elementos: b12, b13, b14, b15, b16, b21, b23, b24, b25, b26, b31, b32, b34, b35, b36, b41, b42, b43, b45, b46, b51, b52, b53, b54, b56, b61, b62, b63, b64 y b65 de las matrices de comparación por pares de los subcriterios del criterio 1.

Tabla 5. Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares - Subcriterios del Criterio 1

Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica
b12	1.3163	b31	0.4072	b51	0.5190
b13	2.4559	b32	0.5724	b52	0.6496
b14	2.0317	b34	0.6537	b53	2.0637
b15	1.9268	b35	0.4846	b54	1.2925
b16	1.7928	b36	0.7635	b56	1.1202
b21	0.7597	b41	0.4922	b61	0.5578
b23	1.7472	b42	0.6141	b62	0.6241
b24	1.6284	b43	1.5297	b63	1.3098
b25	1.5395	b45	0.7737	b64	1.1041
b26	1.6023	b46	0.9057	b65	0.8927

Con el fin de obtener ponderaciones de los subcriterios del criterio 1, se utiliza de manera similar el método AHP, de lo cual se hace uso de los valores obtenidos en la **Tabla 5**.

Subcriterios
Subcriterio 11 (SC11): Geometría de la vía
Subcriterio 12 (SC12): Siniestralidad vial en ciclovías
Subcriterio 13 (SC13): Presencia de policías de tránsito
Subcriterio 14 (SC14): Comportamiento agresivo de ciclistas
Subcriterio 15 (SC15): Percepción de alto volumen de tráfico
Subcriterio 16 (SC16): Edad del ciclista y medidas propias de seguridad

A continuación en la **Tabla 6**, se presenta la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 1, que se forma a partir de los valores obtenidos de la **Tabla 5**.

Tabla 6. Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 1

	Geometría de la vía	Siniestralidad vial en ciclovías	Presencia de policías de tránsito	Comportamiento agresivo de ciclistas	Percepción de alto volumen de tráfico	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad
Geometría de la vía	1	1.3163	2.4559	2.0317	1.9268	1.7928
Siniestralidad vial en ciclovías	0.7597	1	1.7472	1.6284	1.5395	1.6023
Presencia de policías de tránsito	0.4072	0.5724	1	0.6537	0.4846	0.7635
Comportamiento agresivo de ciclistas	0.4922	0.6141	1.5297	1	0.7737	0.9057
Percepción de alto volumen de tráfico	0.5190	0.6496	2.0637	1.2925	1	1.1202
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	0.5578	0.6241	1.3098	1.1041	0.8927	1
Suma	**3.7359**	**4.7764**	**10.1062**	**7.7103**	**6.6172**	**7.1845**

En la **Tabla 7,** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 1.

Tabla 7. Matriz normalizada de la Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 1 y vector de prioridad

	Geometría de la vía	Siniestralidad vial en ciclovías	Presencia de policías de tránsito	Comportamiento agresivo de ciclistas	Percepción de alto volumen de tráfico	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Geometría de la vía	0.2677	0.2756	0.2430	0.2635	0.2912	0.2495	**0.2651**	**26.5%**
Siniestralidad vial en ciclovías	0.2034	0.2094	0.1729	0.2112	0.2326	0.2230	**0.2088**	**20.9%**
Presencia de policías de tránsito	0.1090	0.1198	0.0989	0.0848	0.0732	0.1063	**0.0987**	**9.9%**
Comportamiento agresivo de ciclistas	0.1318	0.1286	0.1514	0.1297	0.1169	0.1261	**0.1308**	**13.1%**
Percepción de alto volumen de tráfico	0.1389	0.1360	0.2042	0.1676	0.1511	0.1559	**0.1590**	**15.9%**
Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	0.1493	0.1307	0.1296	0.1432	0.1349	0.1392	**0.1378**	**13.8%**

Los resultados determinan las siguientes ponderaciones de los subcriterios del criterio 1:

Tabla 8. Ponderaciones de Subcriterios del Criterio 1

Posición	Criterios	Ponderación	Valoración Global
1	Geometría de la vía	26.51%	4.63%
2	Siniestralidad vial en ciclovías	20.88%	3.65%
3	Percepción de alto volumen de tráfico	15.90%	2.78%
4	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	13.78%	2.41%
5	Comportamiento agresivo de ciclistas	13.08%	2.28%
6	Presencia de policías de tránsito	9.87%	1.70%

III. CÁLCULO DE LA MEDIA GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS (cij) DE LAS MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES Y PONDERACIONES - SUBCRITERIOS DEL CRITERIO (C2) ESTÁNDAR Y TIPO DE DISEÑO DE LAS CICLOVÍAS

Apartir de las encuestas válidas, se aplica la media geométrica a los elementos: c12, c13, c14, c21, c23, c24, c31, c32, c34, c41, c42 y c43 de las matrices de comparación por pares de los subcriterios del criterio 2.

Tabla 9. Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares - Subcriterios del Criterio 2

Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica
c12	2.5003	c31	0.1439
c13	6.9492	c32	0.2246
c14	7.9324	c34	2.1372
c21	0.3999	c41	0.1261
c23	4.4516	c42	0.1429
c24	6.9995	c43	0.4679

Con el fin de obtener ponderaciones de los subcriterios del cirterio 2, se utiliza de manera similar el método AHP, de lo cual se hace uso de los valores obtenidos en la **Tabla 9**.

Subcriterios
Subcriterio 21 (SC21): Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)
Subcriterio 22 (SC22): Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)
Subcriterio 23 (SC23): Ciclocarril (No segregado)
Subcriterio 24 (SC24): Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)

A continuación en la **Tabla 10**, se presenta la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 2, que se forma a partir de los valores obtenidos de la **Tabla 9**.

Tabla 10. Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 2

	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	Ciclocarril (No segregado)	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	1	2.5003	6.9492	7.9324
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	0.3999	1	4.4516	6.9995
Ciclocarril (No segregado)	0.1439	0.2246	1	2.1372
Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	0.1261	0.1429	0.4679	1
Suma	**1.6699**	**3.8678**	**12.8687**	**18.0690**

En la **Tabla 11,** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 2.

Tabla 11. Matriz normalizada de la Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 2 y vector de prioridad

	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	Ciclocarril (No segregado)	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	0.5988	0.6465	0.5400	0.4390	**0.5561**	**55.6%**
Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	0.2395	0.2585	0.3459	0.3874	**0.3078**	**30.8%**
Ciclocarril (No segregado)	0.0862	0.0581	0.0777	0.1183	**0.0851**	**8.5%**
Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	0.0755	0.0369	0.0364	0.0553	**0.0510**	**5.1%**

Los resultados determinan las siguientes ponderaciones de los subcriterios del criterio 2:

Tabla 12. Ponderaciones de Subcriterios del Criterio 2

Posición	Criterios	Ponderación	Valoración Global
1	Ciclovía en separador central (Físicamente Segregada)	55.61%	20.47%
2	Ciclovía en calzada (Físicamente segregada)	30.78%	11.33%
3	Ciclocarril (No segregado)	8.51%	3.13%
4	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	5.10%	1.88%

IV. CÁLCULO DE LA MEDIA GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS (dij) DE LAS MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES Y PONDERACIONES - SUBCRITERIOS DEL CRITERIO (C3) ENTORNO VIAL (DISEÑO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN)

Apartir de las encuestas válidas, se aplica la media geométrica a los elementos: d12, d13, d14, d15, d16, d21, d23, d24, d25, d26, d31, d32, d34, d35, d36, d41, d42, d43, d45, d46, d51, d52, d53, d54, d56, d61, d62, d63, d64 y d65 de las matrices de comparación por pares de los subcriterios del criterio 3.

Tabla 13. Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares - Subcriterios del Criterio 3

Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica
d12	2.6842	d31	0.6466	d51	0.8799
d13	1.5466	d32	2.2173	d52	3.0827
d14	0.8518	d34	0.9797	d53	0.9890
d15	1.1365	d35	1.0111	d54	0.7012
d16	1.1041	d36	1.3343	d56	1.5395
d21	0.3725	d41	1.1740	d61	0.9057
d23	0.4510	d42	3.6065	d62	2.5761
d24	0.2773	d43	1.0208	d63	0.7495
d25	0.3244	d45	1.4262	d64	0.4769
d26	0.3882	d46	2.0968	d65	0.6496

Con el fin de obtener ponderaciones de los subcriterios del cirterio 3, se utiliza de manera similar el método AHP, de lo cual se hace uso de los valores obtenidos en la **Tabla 13**.

Subcriterios
Subcriterio 31 (SC31): Identificación de puntos críticos de atropellamiento
Subcriterio 32 (SC32): Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros
Subcriterio 33 (SC33): Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro
Subcriterio 34 (SC34): Estado del pavimento de la ciclovía
Subcriterio 35 (SC35): Estado de la señalización horizontal y vertical
Subcriterio 36 (SC36): Calidad de la iluminación de la ciclovía

A continuación en la **Tabla 14**, se presenta la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 3, que se forma a partir de los valores obtenidos de la **Tabla 13**.

Tabla 14. Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 3

	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Estado del pavimento de la ciclovía	Estado de la señalización horizontal y vertical	Calidad de la iluminación de la ciclovía
Identificación de puntos críticos de atropellamiento	1	2.6842	1.5466	0.8518	1.1365	1.1041
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	0.3725	1	0.4510	0.2773	0.3244	0.3882
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	0.6466	2.2173	1	0.9797	1.0111	1.3343
Estado del pavimento de la ciclovía	1.1740	3.6065	1.0208	1	1.4262	2.0968
Estado de la señalización horizontal y vertical	0.8799	3.0827	0.9890	0.7012	1	1.5395
Calidad de la iluminación de la ciclovía	0.9057	2.5761	0.7495	0.4769	0.6496	1
Suma	**4.9787**	**15.1669**	**5.7569**	**4.2868**	**5.5477**	**7.4628**

En la **Tabla 15,** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 3.

Tabla 15. Matriz normalizada de la Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 3 y vector de prioridad

	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Estado del pavimento de la ciclovía	Estado de la señalización horizontal y vertical	Calidad de la iluminación de la ciclovía	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Identificación de puntos críticos de atropellamiento	0.2009	0.1770	0.2687	0.1987	0.2049	0.1479	**0.1997**	**20.0%**
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	0.0748	0.0659	0.0783	0.0647	0.0585	0.0520	**0.0657**	**6.6%**
Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	0.1299	0.1462	0.1737	0.2285	0.1823	0.1788	**0.1732**	**17.3%**
Estado del pavimento de la ciclovía	0.2358	0.2378	0.1773	0.2333	0.2571	0.2810	**0.2371**	**23.7%**
Estado de la señalización horizontal y vertical	0.1767	0.2033	0.1718	0.1636	0.1803	0.2063	**0.1837**	**18.4%**
Calidad de la iluminación de la ciclovía	0.1819	0.1699	0.1302	0.1113	0.1171	0.1340	**0.1407**	**14.1%**

Los resultados determinan las siguientes ponderaciones de los subcriterios del criterio :

Tabla 16. Ponderaciones de Subcriterios del Criterio 3

Posición	Criterios	Ponderación	Valoración Global
1	Estado del pavimento de la ciclovía	23.71%	8.76%
2	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	19.97%	7.37%
3	Estado de la señalización horizontal y vertical	18.37%	6.78%
4	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	17.32%	6.40%
5	Calidad de la iluminación de la ciclovía	14.07%	5.20%
6	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	6.57%	2.43%

V. CÁLCULO DE LA MEDIA GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS (eij) DE LAS MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES Y PONDERACIONES - SUBCRITERIOS DEL CRITERIO (C4) BICICLETA (VEHÍCULO)

Apartir de las encuestas válidas, se aplica la media geométrica a los elementos: e12, e13, e21, e23, e31 y e32 de las matrices de comparación por pares de los subcriterios del

Tabla 17. Cálculo de la media geométrica de los elementos de las matrices de comparación por pares - Subcriterios del Criterio 4

Elemento	Media Geométrica	Elemento	Media Geométrica
e12	1.0429	e23	1.4985
e13	1.5542	e31	0.6434
e21	0.9589	e32	0.6673

Con el fin de obtener ponderaciones de los subcriterios del cirterio 4, se utiliza de manera similar el método AHP, de lo cual se hace uso de los valores obtenidos en la **Tabla 17**.

Subcriterios
Subcriterio 41 (SC41): Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta
Subcriterio 42 (SC42): Bicicletas con elementos perceptivos
Subcriterio 43 (SC43): Bicicletas con accesorios auxiliares

A continuación en la **Tabla 18**, se presenta la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 4, que se forma a partir de los valores obtenidos de la **Tabla 17**.

Tabla 18. Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 4

	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Bicicletas con elementos perceptivos	Bicicletas con accesorios auxiliares
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	1	1.0429	1.5542
Bicicletas con elementos perceptivos	0.9589	1	1.4985
Bicicletas con accesorios auxiliares	0.6434	0.6673	1
Suma	**2.6023**	**2.7102**	**4.0528**

En la **Tabla 19,** se muestra la matriz normalizada y el vector prioridad, que se construye y se determina; respectivamente; a partir de la matriz cuadrada de subcriterios del criterio 4.

Tabla 19. Matriz normalizada de la Matriz Cuadrada - Subcriterios del Criterio 4 y vector de prioridad

	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	Bicicletas con elementos perceptivos	Bicicletas con accesorios auxiliares	Vector de Prioridad (PE)	Vector de Prioridad %
Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	0.3843	0.3848	0.3835	**0.3842**	**38.4%**
Bicicletas con elementos perceptivos	0.3685	0.369	0.3698	**0.3691**	**36.9%**
Bicicletas con accesorios auxiliares	0.2472	0.2462	0.2467	**0.2467**	**24.7%**

Los resultados determinan las siguientes ponderaciones de los subcriterios del criterio 4:

Tabla 20. Ponderaciones de Subcriterios del Criterio 4

Posición	Criterios	Ponderación	Valoración Global
1	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	38.42%	3.38%
2	Bicicletas con elementos perceptivos	36.91%	3.25%
3	Bicicletas con accesorios auxiliares	24.67%	2.17%

Finalmente, en la **Tabla 21** se muestran los resultados de los valores globales (pesos) de los subcriterios, producto de la aplicación de encuestas a catorce expertos (Entre especialistas y activistas) en la materia en estudio.

Tabla 21. Pesos finales de los subcriterios obtenidos por el Método AHP.

Posición	Criterio	Peso del criterio	Subcriterio	Peso del subcriterio	Peso global	Peso acumulado
1	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	36.81%	Ciclovía en separador central (Fisicamente Segregada)	55.61%	20.47%	20.47%
2	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	36.81%	Ciclovía en calzada (Fisicamente segregada)	30.78%	11.33%	31.80%
3	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Estado del pavimento de la ciclovía	23.71%	8.76%	40.56%
4	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Identificación de puntos críticos de atropellamiento	19.97%	7.37%	47.93%
5	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Estado de la señalización horizontal y vertical	18.37%	6.78%	54.71%
6	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	17.32%	6.40%	61.11%
7	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Calidad de la iluminación de la ciclovía	14.07%	5.20%	66.31%
8	Comportamiento del ciclista	17.46%	Geometría de la vía	26.51%	4.63%	70.94%
9	Comportamiento del ciclista	17.46%	Siniestralidad vial en ciclovías	20.88%	3.65%	74.59%
10	Bicicleta (Vehículo)	8.81%	Ciclistas que le han hecho mantenimiento a su bicicleta	38.42%	3.38%	77.97%
11	Bicicleta (Vehículo)	8.81%	Bicicletas con elementos perceptivos	36.91%	3.25%	81.22%
12	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	36.81%	Ciclocarril (No segregado)	8.51%	3.13%	84.35%
13	Comportamiento del ciclista	17.46%	Percepción de alto volumen de tráfico	15.90%	2.78%	87.13%
14	Entorno vial (Diseño, mantenimiento y operación)	36.93%	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	6.57%	2.43%	89.56%
15	Comportamiento del ciclista	17.46%	Edad del ciclista y medidas propias de seguridad	13.78%	2.41%	91.97%
16	Comportamiento del ciclista	17.46%	Comportamiento agresivo de ciclistas	13.08%	2.28%	94.25%
17	Bicicleta (Vehículo)	8.81%	Bicicletas con accesorios auxiliares	24.67%	2.17%	96.42%
18	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	36.81%	Carril compartido con vehículos motorizados (No segregado)	5.10%	1.88%	98.30%
19	Comportamiento del ciclista	17.46%	Presencia de policías de tránsito	9.87%	1.70%	100.00%

ANEXO 5: ENCUESTA DE INTERCEPCIÓN DE VIAJE A LOS CICLISTAS

ANEXO N° 05
ENCUESTA DE INTERCEPCIÓN DE VIAJE A LOS CICLISTAS

Estudio: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**
MAESTRÍA: Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Transportes
NOMBRE DE LA CICLOVÍA: _____
FECHA: _____

IMPORTANTE: Todas las respuestas recogidas en esta encuesta son confidenciales y ninguna será identificada de forma individual.

I. Características sociodemográficas

1. Género (Lo marca el encuestador)
a) Femenino b) Masculino

2. Grupo de etario
a) 18 a 35 años b) 36 a 60 años c) Más de 60 años

3. Nivel de estudios alcanzados
a) Primaria b) Secundaria c) Superior técnica d) Superior universitaria e) Estudios de postgrado

II. Características del viaje

4. ¿Cuál es tu propósito de viaje?
a) Trabajo b) Estudios c) Diversión/Recreación d) Compras e) Regreso al Hogar/Por Atención Médica

5. ¿Con que frecuencia te desplazas por está ciclovía?
a) Diariamente b) Sólo fines de semana c) Días alternados d) Una vez por semana

III. Preguntas relacionadas al Comportamiento del Ciclista

Al momento de recorrer en bicicleta por esta ciclovía …

6. En lo que respecta el ancho de la ciclovía, lo considera:
a) Muy adecuado b) Adecuado c) Regular d) Insuficiente e) Muy Insuficiente

7. Con que frecuencia, considera, se producen siniestros viales que involucren lesiones/muertes a los ciclistas.
a) Muy Frecuentemente b) Frecuentemente c) Regularmente d) Algunas veces e) Nunca se producen

8. ¿Cómo considera que es la presencia de policías de tránsito que resguarden el paso de los ciclistas?
a) Muy Constante b) Constante c) Regular d) Escasa e) Nula

9. En lo que respecta al comportamiento de otros ciclistas, considera que: _____ ejecutan maniobras con imprudencia.
a) Muy Frecuentemente b) Frecuentemente c) Regularmente d) Pocas Veces e) Nunca

10. Su percepción del volumen de tráfico motorizado es:
a) Muy alto b) Alto c) Regular d) Bajo e) Muy bajo

11. Considera que la infraestructura ciclista es:
a) Muy segura b) Segura c) Medianamente segura d) Insegura e) Muy insegura

IV. Pregunta relacionadas al Entorno Vial

12. Respecto al estado actual del pavimento de la ciclovía, usted considera que se encuentra:
a) En muy buen estado b) En buen estado c) En regular estado d) En mal estado e) En muy mal estado

V. Preguntas relacionadas a la Bicicleta

13. Hace cuanto tiempo le ha hecho mantenimiento a su bicicleta:
a) Al menos una vez, en el último mes, o la bicicleta es nueva. b) Al menos una vez, en los últimos tres meses. c) Al menos una vez, en los últimos seis meses. d) Al menos una vez, en el último año. e) Hace más de un año.

14. Al usar elementos perceptivos, cómo considera que contribuye a la mejora de la seguridad vial:
a) Contribuye en gran medida b) Contribuye en buena medida c) Contribuye en regular medida d) No contribuye e) Empeora la situación

VI. Inspección ocular del encuestador

- El usuario utiliza casco ciclista: a) SI b) NO

- Se visualiza que la bicicleta del ciclista presenta los siguientes elementos perceptivos: a) El ciclista usa ropa retrorreflejante b) Pegatinas reflectantes c) Luces delanteras d) Luces traseras e) Timbre o bocina

- Se visualiza que la bicicleta del ciclista presenta los siguientes accesorios auxiliares: a) Espejos retrovisores b) Repuesto de cámara de llanta para bicicleta c) Inflador de llantas d) Suspensión e) Cesto o portabotellas

NOTA: La encuesta es solamente aplicada a personas que se movilizan exclusivamente con bicicletas, no considerándose a conductores que se movilizan en vehículos VMP.

ANEXO 6: FORMATO DE EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA SEGURA

ANEXO N° 06

FORMATO DE EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA SEGURA

Estudio: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL NIVEL DE SEGURIDAD VIAL EN CICLOVÍAS DE LIMA METROPOLITANA, DESDE UN ENFOQUE MULTI-CRITERIO

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**
MAESTRÍA: Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Transportes

NOMBRE DE LA CICLOVÍA:

CICLOVÍA (Marcar con aspa): **UNIDIRECCIONAL** _____ **BIDIRECCIONAL** _____ **LONGITUD:** _____ km
EVALUADOR: **OBS:** _____
FECHA: _____ **HORA DE INICIO:** _____ **HORA DE TÉRMINO:** _____

I. Vista en planta de la ciclovía evaluada

Subtramos		
N°	Inicio/Fin	Descripción
1		
2		
3		
4		
5		

La velocidad máxima del tráfico motorizado adyacente a la ciclovía es de (Marcar con una "X"): ☐ 30 km/h ☐ Entre 30 km/h a 50 km/h ☐ Más de 50 km/h

II. Croquis de sección transversal representativa (Todas las medidas están en metros)

Subtramo 1

Elemento	
Medición 1	
Medición 2	
Medición 3	
Promedio	

Subtramo 2

Elemento	
Medición 1	
Medición 2	
Medición 3	
Promedio	

Subtramo 3

Elemento	
Medición 1	
Medición 2	
Medición 3	
Promedio	

Subtramo 4

Elemento	
Medición 1	
Medición 2	
Medición 3	
Promedio	

CLAVES DE ELEMENTOS

AV	ÁREAS VERDES	CV	CARRIL VEHICULAR
AS	ÁREA DE SEGURIDAD	CV-VA	CARRIL VEHICULAR DE VÍA AUXILIAR
AC	ANCHO DE CICLOVÍA (incluyendo ancho de líneas de borde)	E	ESTACIONAMIENTO VEHICULAR
CCD	CARRIL CICLISTA DERECHO	PP	PASEO PEATONAL
CCI	CARRIL CICLISTA IZQUIERDO	S	SARDINEL
CTP	CARRIL DE TRANSPORTE PUBLICO	V	VEREDA

II. Evaluación del Criterio: Estándar y tipo de diseño de las ciclovías

Subtramo	Estándar y tipo de diseño de las ciclovías	Ancho de ciclovía	Ancho de seguridad	Puntaje de evaluación
1				
2				
3				
4				

Puntaje de evaluación promedio del tramo de la ciclovía #¡DIV/0!

En esta sección se anotan las características complementarias de la sección vial que permiten terminar la evaluación del criterio estándar y tipo de diseño de las ciclovías

Observaciones:

III. Evaluación del Criterio: Entorno vial

En las siguientes tablas se registran las evaluaciones correspondientes por cada subcriterio que conforman el entorno vial actual de la ciclovía analizada.

		Subtramos			
		Identificación de puntos críticos de atropellamiento (PCA)	Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros (ACES)	Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	
		Se contabilizan el número de puntos críticos de atropellamiento donde se identifique conflictos con otros medios de transporte, no se considera en la evaluación la intersección posterior o anterior del tramo de análisis.	Se decribe la letra del tipo de soporte identificiado, o según corresponda	Se contabiliza el número de obstáculos permanentes o temporales. Ejemplos:	
		Ejemplos de PCA	Tipos de soporte de CES	Obs. Permanentes	Obs. Temporales
N°	Inicio/Fin	A. Intersecciones viales B. Entrada/Salida de estacionamiento C. Paso de peatones D. Línea de deseo peatonal E. Paradas de autobús F. Acceso/Salida a/de grifos G. Intersección con otra ciclovía H. Otros (Especificar)	A. U Invertida B. Poste y Anillo C. Horizontal alto y bajo D. Ondulante, peine, perchero, ... E. Se evidencia algún tipo de soporte, pero se constata que el ciclo estacionamiento no tiene un constante resguardo. F. No existen ciclo estacionamientos	A. Postes de concreto B. Postes de señales verticales C. Contenedores de residuos sólidos D. Hidrantes E. Árboles y/o Jardineras F. Puesto de periódicos G. Otro (Especificar)	H. Puestos de venta itinerantes I. Autos o motos lineales mal estacionados J. Vidrios rotos o desmonte en ciclovía K. Otro (Especificar)
1					
2					
3					
4					
Total		0	-	0	0

		Subtramos							
		Material de la superficie de rodadura (SR)	Calificación del estado del pavimento de la ciclovía						
		Se detalla el material predominante de la SR	Se detalla el puntaje asignado, producto de la evaluación por cada subtramo						
N°	Inicio/Fin	Concreto asfáltico (CA) Concreto hidráulico (CH) Adoquines de concreto (A)	(5 puntos) La SR de CA o CH se presenta como relativamente nuevo o casi nuevo, libre de fisuras y parches. (4 puntos) La SR de CA pueden presentar evidencia de hundimientos y fisuras leves / La SR de CH pueden presentar evidenciar fisuras leves o falla de raveling leve. (3 puntos) La SR de CA pueden presentar baches y parches extensos / La SR de CH pueden presentar algunas fracturas en las juntas y/o fisuras. (2 puntos) La SR de CA pueden presentar deterioros en más del 50% de su superficie / La SR de CH pueden presentar como desprendimientos de partículas finas y gruesas, parcheo y agrietamiento en las juntas. (1 punto) La SR pueden presentar deterioros en más del 75% de su superficie.						
1									
2									
3									
4									

		Subtramos							
		Estado de la señalización horizontal y vertical Evaluación preliminar: (3 puntos) Buen estado / (2 puntos) Regular estado / (1 punto) Mal estado / (0) Inexistente							Calidad de la iluminación de la ciclovía
		Señalización vertical		Marcas en el pavimento			Dispositivos de control del tráfico vehicular (En caso no aplique, se deja el espacio vacío)	Sumatoria	Tipo de iluminación predominante
N°	Inicio/Fin	Señales de reglamentación	Señales de prevención	Líneas de superficie de rodadura de la ciclovía	Marca en el pavimento de paso ciclista y flechas de sentido de circulación	Intersecciones y/o carriles de señalización para el paso de ciclistas	Semaforización		(5 puntos) Full cutoff (4 puntos) Cutoff (3 puntos) Semi-cutoff (2 puntos) Non-cutoff (1 puntos) No existe iluminación
1								0	
2								0	
3								0	
4								0	

	Evaluación de Subcriterios del Criterio Entorno Vial para el tramo				
Subcriterio: Identificación de puntos críticos de atropellamiento (PCA)	Número de PCA identificados en los subtramos de evaluación	Longitud de la ciclovía (km)	Número PCA por km		Puntaje de evaluación
	0	0	#¡DIV/0!		#¡DIV/0!
Presencia de áreas de ciclo estacionamientos seguros	En los subtramos evaluados existe al menos un ciclo estacionamiento	Si la respuesta anterior es SÍ, ¿El ciclo estacionamiento cuenta con seguridad?	Si la respuesta anterior es SÍ, detallar el tipo de soporte de CES		Puntaje de evaluación
Subcriterio: Cantidad de obstáculos en la ciclovía por kilómetro	Número de obstáculos permanente y temporales identificados en los subtramos de evaluación	Longitud de la ciclovía (km)	Número de obs. permanentes y temporales por km		Puntaje de evaluación
	0	0	#¡DIV/0!		#¡DIV/0!
Subcriterio: Estado del pavimento de la ciclovía	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Puntaje de evaluación (Promedio de calificación de los subtramos)
	0	0	0	0	0.00
Subcriterio: Estado de la señalización horizontal y vertical	Resultados de evaluación preliminar del Subtramo 1	Resultados de evaluación preliminar del Subtramo 2	Resultados de evaluación preliminar del Subtramo 3	Resultados de evaluación preliminar del Subtramo 4	Puntaje de evaluación (Promedio de calificación de los subtramos)
	0	0	0	0	
	Puntaje por subtramo	Puntaje por subtramo	Puntaje por subtramo	Puntaje por subtramo	
					#¡DIV/0!
Subcriterio: Calidad de la iluminación de la ciclovía	Puntaje asignado para el Subtramo 1	Puntaje asignado para el Subtramo 2	Puntaje asignado para el Subtramo 3	Puntaje asignado para el Subtramo 4	Puntaje de evaluación (Promedio de calificación de los subtramos)
	0	0	0	0	0

IV. Registros de observaciones, durante la evaluación.

ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO

Realización de encuestas a expertos

Realización de inspecciones de seguridad vial en ciclovías y aplicación de encuestas a ciclista