

**Plan maestro de infraestructura
peatonal y ciclista para promover la
movilidad en el casco urbano y
alrededores del cantón El Guarco,
Cartago, Costa Rica para el periodo del
2023 - 2033**

Abstract

The project consisted of the characterization of the study area, flows of cyclists and pedestrians, a proposal with sections, the prioritization of these and an overall budget; these results were the basis for developing the master plan for cycling and pedestrian infrastructure in the canton of El Guarco, Cartago. Theoretical research and field visits were carried out together with personnel from the Municipality of El Guarco to identify needs, points of interest and challenges or problems to be considered, and the population participated through an online survey. For the final infrastructure proposal, information was compiled from the Design Workshops conducted by students of Construction Engineering of the Tecnológico de Costa Rica, online data, among others that were used to generate a database. This information was processed in Excel and QGIS for the presentation of the maps with the information of interest. The sections were prioritized using the multicriteria matrix and thus obtaining intervention phases of the ideal bicycle and pedestrian infrastructure for the people of the canton, being the municipality an example for other municipalities and institutions to participate in this change.

Key words: bicycle, mobility, infrastructure, cycling, pedestrian, prioritization, El Guarco, master plan.

Resumen

El proyecto consistió en la caracterización de la zona de estudio, flujos de ciclistas y peatones, una propuesta con tramos, la priorización de estos y un presupuesto global; estos resultados fueron la base para elaborar el plan maestro de infraestructura ciclista y peatonal en el cantón de El Guarco, Cartago. Se realizó una investigación teórica y visitas a campo junto con personal de la Municipalidad del cantón para conocer necesidades, puntos de interés y retos o problemas que se debían considerar y la población fue partícipe por medio de una encuesta en línea. Para la propuesta de infraestructura final, se compiló la información de los Talleres de Diseño realizados por estudiantes de Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica durante los años 2021 y 2022, datos en línea, entre otros que fueron usados para generar una base de datos. Esta información fue procesada en Excel y en QGIS para la presentación de los mapas con la información de interés. Se priorizaron los tramos usando la matriz multicriterio y obteniendo así fases de intervención de la infraestructura ciclista y peatonal ideal para las personas del casco urbano del cantón, siendo la municipalidad un ejemplo para que otros municipios e instituciones sean partícipes de este cambio.

Palabras claves: bicicleta, movilidad, infraestructura, ciclista, peatonal, priorización, El Guarco, plan maestro.

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el casco urbano y alrededores del cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

ADISON VANESSA BRENES UREÑA
ALEXANDRA DE LOS ÁNGELES CARRANZA ELIZONDO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2022

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el casco urbano y alrededores del cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

Llevado a cabo por el estudiante:

Brenes Ureña Adison Vanessa	Carné:	2017109667
Carranza Elizondo Alexandra	Carné:	2017163149

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador el jueves 19 de enero de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

JOSE ANDRES
ARAYA OBANDO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2023.01.30
09:59:51 -06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

CARLOS MANUEL
UGALDE
HERNANDEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por CARLOS MANUEL
UGALDE HERNANDEZ
(FIRMA)
Fecha: 2023.01.24
14:30:54 -06'00'

Arq. Carlos Ugalde Hernández, MDU
Profesor Lector

HENRY
HERNANDEZ
VEGA (FIRMA)

Firmado digitalmente
por HENRY HERNANDEZ
VEGA (FIRMA)
Fecha: 2023.01.25
13:04:57 -06'00'

Ing. Henry Hernández Vega, MSc.
Profesor Guía

MILTON
ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS
(FIRMA)
Fecha: 2023.01.19
18:53:29 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Observador

Índice

Índice de figuras	2
Índice de cuadros	4
Resumen Ejecutivo	6
Introducción	8
Objetivos	10
Marco teórico	11
Alcances y limitaciones	49
Metodología	52
Resultados	57
Análisis de los resultados	115
Conclusiones	122
Recomendaciones	123
Apéndices	130
Anexos	183

Índice de figuras

1.	Espacio vial requerido para transitar según el modo el transporte	14
2.	Pirámide de jerarquía de movilidad urbana.	15
3.	Balance entre función, forma y uso	17
4.	Compartida o carril compartido	21
5.	Demarcada	21
6.	Segregada tipo 1 con bordillo	22
7.	Segregada tipo 1 con estacionamiento	22
8.	Segregada tipo 2 con zona libre necesaria	23
9.	Segregada tipo 2 con sistema de contención	23
10.	Anchos mínimos en metros de carril ciclista	24
11.	Obstáculos en la ruta	25
12.	Continuidad de ciclovía	26
13.	Radio de giro	26
14.	Bicicajas para dos carriles.	27
15.	Bicicaja colocada en San José.	28
16.	Secciones típicas según sentido de circulación.	28
17.	Separador físico tipo bordillo.	33
18.	Acera modelo.	36
19.	Patrón en relieve para guía (medidas en milímetros).	40
20.	Patrón táctil para prevención y advertencia de peligro (medidas en milímetros).	41
21.	Bifurcación en una dirección.	41
22.	Uso de la señalización en relieve sobre salidas y entradas vehiculares.	42
23.	Estacionamiento tipo U invertida para bicicletas	44
24.	Estacionamiento vertical para bicicletas	45
25.	Estacionamiento multinivel para bicicletas	45
26.	Estacionamiento tipo casillero para bicicletas	46
27.	Distribución de gasto	48
28.	Secuencia de actividades realizadas en el presente proyecto	53
29.	División territorial del cantón de El Guarco.	57
30.	Mapa del sitio de estudio en la zona urbana de el cantón de El Guarco y alrededores	58
31.	Mapa de rutas nacionales y travesías en el sitio de estudio.	59
32.	Mapa de curvas de nivel a 2 metros (1000).	60
33.	Mapa riesgos naturales en el sitio de estudio.	61
34.	Mapa de los sectores definidos.	62
35.	Mapa de puntos de interés identificados durante en recorrido brindado por parte de la Municipalidad de El Guarco.	63
36.	Mapa del estado de las aceras en la zona urbana de El Tejar según el Índice de condición de aceras (ICA) en la zona urbana de El Tejar.	64
37.	Mapa de anchos aproximados de derecho de vía en el área de estudio	65

38.	Mapa de anchos de calzada del área en estudio	66
39.	Mapa de accidentes de tránsito que involucran peatones y ciclistas.	67
40.	Mapa de conteos automáticos vehiculares obtenidos con el contador neumático	68
41.	Velocidad promedio Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda.	69
41.	Tránsito promedio diario en la Ruta Nacional 228, en el sector de el Condominio La Rueda	70
42.	Gráfico Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda de lunes a viernes.	71
43.	Gráfico Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda de sábado a domingo.	71
44.	Mapa de TPDS ciclista a partir de conteos realizados de manera automática. . .	76
45.	Datos de TPDA del punto condominio la Rueda ruta 228, sección:30540. . . .	77
46.	Mapa de TPDA en puntos de conteo del CIVCO y estaciones del MOPT pro- yectado al año 2033.	80
47.	Mapa de ubicación de los conteos manuales.	81
48.	Mapa de cantidad de ciclistas en periodos de la mañana a partir de los conteos manuales.	82
49.	Mapa de cantidad de ciclistas en periodos de la tarde a partir de los conteos manuales.	83
50.	Mapa de TPD ciclistas a partir de conteos realizados de manera manual. . . .	86
51.	Mapa de propuesta para nuevos conteos	87
52.	Mapa del tipo y ubicación de las infraestructuras ciclistas propuestas en los talleres de diseño.	88
53.	Gráfico de edad de personas encuestadas.	89
54.	Gráfico de género de personas encuestadas.	89
55.	Gráfico de importancia de factores.	90
56.	Gráfico de frecuencia de uso de la bicicleta de los encuestados.	90
57.	Gráfico de propósitos viaje en bicicleta de los encuestados.	91
58.	Gráfico de parqueaderos de bicicletas.	91
59.	Mapa de origen-destino de ciclistas.	92
60.	Gráfico de frecuencia de caminar por el cantón.	92
61.	Gráfico de propósitos viaje caminando de los encuestados.	93
62.	Gráfico de estado de las aceras del cantón.	93
63.	Mapa del TPD del volumen total motorizado en los puntos de conteo automáticos.	94
64.	Mapa de velocidad en los puntos de conteos automáticos.	95
65.	Mapa de velocidad en los puntos de conteos automáticos y rutas dadas por la municipalidad.	96
66.	Mapa de la propuesta final de infraestructura ciclista.	97
67.	Ubicación de los detalles de las intersecciones seleccionadas	102
68.	Mapa de la subdivisión en tramos de la propuesta de infraestructura	103
69.	Propuesta de ubicación de los cicloparqueos	111

Índice de cuadros

1.	Tipo de infraestructura según velocidad y volumen	23
2.	Símbolos para demarcación horizontal ciclo-inclusiva.	29
3.	señalización vertical ciclo-inclusiva.	31
4.	Datos individuales de vehículos Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda . . .	69
5.	Datos de cantidad de ciclistas en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda . .	72
6.	Porcentaje del volumen diario de ciclistas que transita por hora en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda	73
7.	Factor diario y TPDS de ciclistas en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda	74
8.	TPDA de conteos de ciclistas	74
9.	Datos de cantidad de tránsito total en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda	75
10.	TPDA de conteos de tránsito total	75
11.	Resumen de TPDS ciclista y total de todos los puntos	76
12.	Puntos de interés del MOPT con información de TPDA	77
13.	TPDA de ciclistas proyectados en el punto Ruta Nacional 228, Condominio La Rueda	78
14.	TPDA ciclista proyectados de todos los puntos.	79
15.	TPDA de tránsito total proyectados en el punto Ruta Nacional 228, Condominio La Rueda	79
16.	TPDA de tránsito total proyectados de todos los puntos.	80
17.	Datos de conteos manuales de cuadrantes del Tejar	84
18.	Porcentajes de volumen diario de ciclistas en los 4 puntos.	85
19.	Valores de TPD de ciclistas en el sector Cuadrantes del Tejar.	85
20.	Longitud de cada tipo de infraestructura ciclista propuesta	97
21.	Infraestructura ciclista carril compartido e infraestructura peatonal con sus res- pectivas secciones transversales	98
22.	Infraestructura ciclista demarcada e infraestructura peatonal con sus respectivas secciones transversales	99
23.	Infraestructura ciclista segregada tipo 1 e infraestructura peatonal con sus res- pectivas secciones transversales	100
24.	Infraestructura ciclista segregada tipo 2 e infraestructura peatonal con sus res- pectivas secciones transversales	101
25.	Escala fundamental de comparación por pares	104
26.	Matriz A de comparación pareada de las variables explicativas.	104
27.	Matriz normalizada	105
28.	Cálculo del vector C	105
29.	Cálculo del vector D	105
30.	Valores de la consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz	106
31.	Porcentajes máximos del ratio de consistencia	106
32.	Matriz de comparación de los tramos bajo el criterio "Seguridad ciudadana/vial" 106	

33.	Matriz normalizada para el criterio "Seguridad ciudadana/vial"	107
34.	Matriz de priorización de la infraestructura ciclistas	107
35.	Matriz de priorización de la infraestructura peatonal	108
36.	Priorización constructiva propuesta	108
37.	Prioridad de intervención en infraestructura ciclista y peatonal.	109
38.	Costo estimado de cada tramo propuesto.	112
39.	Costo aproximado por tipo de ruta	113
40.	Costo aproximado por tipo de infraestructura con y sin infraestructura peatonal.	113
41.	Costo por fase de intervención propuesta	114

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto se realizó en el cantón de El Guarco, en la provincia de Cartago, Costa Rica. Forma parte del proyecto “La Movilidad Activa en El Guarco”, a cargo del Municipalidad de este cantón. La meta de la municipalidad es lograr desarrollar un plan de movilidad ciclista y peatonal en el casco urbano y alrededores, en los cuales las personas puedan trasladarse de una manera más segura. Por lo tanto, el principal objetivo del proyecto radicó en proponer la infraestructura necesaria para el plan mencionado por medio de un estudio de movilidad y una evaluación general de las principales rutas del cantón aptas para este fin.

La situación actual por la cual surgió la idea de proponer un plan de este tipo surge a partir de promover una movilidad más sostenible y brindar infraestructura adecuada a las personas que transitan en bicicletas y a pie, las cuales no cuentan con la infraestructura necesaria y apta para su circulación. Con estudios realizados por la Municipalidad de El Guarco, previamente se lograron definir cuáles sectores de la zona urbana del cantón y sus alrededores presentaban una mayor afluencia de ciclistas y peatones, mayores accidentes, disconformidades con la poca o nula infraestructura para transitar debidamente, siendo estos algunos factores tomados en cuenta. Al contar con esta información, la municipalidad definió 6 principales sectores: Casco central El Tejar, El Tejar-Pitahaya, Parque Industrial, Tobosi-Barrancas, Las Catalinas Santa Gertrudis y Fundación Cacique.

A partir de estos 6 sectores mencionados, se les asignó a ciertos estudiantes de Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica el estudio y análisis de estos sectores y el desarrollo de una propuesta de infraestructura. Partiendo de estos datos, se procedió a compilar esta información para realizar el presente proyecto, asimismo, se investigó información teórica en guías de diseño, tesis, planes de otros países, información obtenida en campo, entre otros para contar con información diversa sobre el tema. Para el adecuado diseño de la ruta se realizó primeramente una caracterización de la zona con el tipo de topografía, rutas vehiculares, riesgos naturales y puntos frecuentados por las personas; para este último, fue necesario realizar un recorrido por los principales sectores en conjunto con la arquitecta Ercilia Gómez, encargada del proyecto por parte de la Municipalidad de El Guarco, quien conoce las necesidades principales del cantón.

La caracterización de los usuarios fue realizada por medio de una encuesta en línea en la página de Facebook oficial de la municipalidad donde se conocieron los principales destinos-orígenes de las personas, motivos de viaje, opiniones con respecto a las infraestructuras propuestas, entre otros.

Los principales datos de interés para el trazado de la propuesta inicial fueron los conteos, tanto automáticos como manuales, obtenidos de los proyectos anteriores, algunos de los cuales fueron brindados por el CIVCO. A partir de estos, se obtuvieron valores de TPD y TPDA proyectados a 10 años donde se permitió comprobar la necesidad de una infraestructura en la zona que, teniendo un indicativo del tipo de infraestructura, resultara mejor para los distintos tramos. De esta forma, el resultado señaló la necesidad de proponer 4 tipos de infraestructura, siendo 15,35 km de segregada tipo 1, luego 6,12 km de segregada tipo 2, de demarcada 6,96 km y,

por último 5,52 km de carril compartido.

Como parte de los objetivos del proyecto es posible mencionar: priorizar la infraestructura; para lograr este se propusieron tramos a criterio y, por medio de una matriz multicriterio, se realizó la priorización. En esta matriz se valoraron los factores de seguridad ciudadana/vial, conectividad entre sectores, cantidad de usuarios actuales y uso de zonas residenciales, dando como resultado la prioridad de intervención de los tramos propuestos.

Como finalidad del proyecto se resalta la búsqueda de fomento en el uso de la infraestructura ciclista y peatonal, motivo por el cual se propuso la implementación de los biciparquesos a lo largo de las ciclovías propuestas en distintos lugares estratégicos que generarán conexión con paradas de transporte público para facilitar el desplazamiento de los ciclistas. Estos biciparquesos se propusieron de naturaleza móvil debido a que lo ideal sería evaluar su funcionamiento para que, en caso de que no sea el adecuado, se puedan trasladar a un lugar con mayor uso y así aprovechar al máximo este tipo de recursos.

El presupuesto global fue parte de los objetivos, el cual estuvo realizado de una manera general considerando los elementos principales necesarios para una infraestructura ciclista y peatonal ideal. Al monto de la infraestructura propuesta fue necesario asignar porcentajes de costos directos, indirectos e imprevistos elevados debido a que el tipo de presupuesto lo ameritaba. Se obtuvo un valor total por tramo de intervención y un monto global aproximado de la obra.

Con la realización del proyecto se logró confirmar que el desarrollo de este es de suma importancia en cuanto a que responde a la necesidad de incorporación de espacios útiles y accesibles para todas las personas, que puedan ser utilizados por la población en igualdad de condiciones y que, asimismo, sea una infraestructura integral, armoniosa y organizada en orden lógico a las necesidades de los usuarios.

El constante crecimiento del uso de los medios de transporte nuevos y diferentes promueve el hecho de que las instituciones se vean incentivadas a mejorar la infraestructura para generar espacios seguros de movilidad, inclusivos y adecuados en todos los aspectos donde las personas puedan transitar con libertad y con el menor riesgo posible.

Introducción

Actualmente, el compromiso adquirido por parte del gobierno en temas de movilidad sostenible se ha visto reflejado en la creación de nuevas políticas que fomentan la implementación de medios de transporte sostenible. La Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 (PNDU) funge como parte de la lucha por garantizar la creación de espacios que garanticen el acceso a oportunidades y, asimismo, "procurar que la movilidad y el transporte sean seguros, eficientes y sostenibles, considerando la estructura y el funcionamiento de los asentamientos humanos del país" (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2018). Es indispensable lograr una democratización del espacio, en donde se deje de lado el paradigma tradicional de transporte y se logren unificar sectores; distintas instituciones, gobiernos locales, sociedad civil y gobierno central, para que así las propuestas sean creadas desde la necesidad de la población, de modo tal que estas sean tomadas en cuenta en la gestión y construcción de una movilidad sostenible. El presente proyecto es un claro ejemplo de cómo distintas instituciones pueden unirse y trabajar en conjunto para lograr acompañamiento y unificación de ideas, por parte de distintos sectores. La OCDE (2021) hace referencia a la necesidad de nuevos sistemas de gobernanza que logren integrar distintos medios de transporte, así como los desplazamientos necesario para lograr crear redes de apoyo entre las ciudades. "De este modo podrán descarbonizar de forma efectiva la planificación urbanística, el transporte y la vivienda, al tiempo que mejorar la accesibilidad de empleos y servicios, reduciendo la contaminación atmosférica y la congestión" (OCDE, 2021, p.14).

Como ya se mencionó, la movilidad sostenible ha comenzado a ser parte de la agenda de distintos sectores, ya que, como se especifica en la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030:

Es importante que la movilidad no motorizada, sea peatonal o en bicicleta, sea priorizada en las ciudades, a través de la adopción de políticas específicas que incentiven y promuevan este tipo de transporte que incluye estrategias de pacificación de las vías y de una cultura urbana de respeto hacia el usuario, peatón o ciclista, quienes deberán tener la prioridad de paso en la ciudad. (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2018, p. 92)

En relación directa con el actual proyecto, la Municipalidad de El Guarco realiza un esfuerzo significativo para lograr incentivar la movilidad no motorizada en el cantón como parte de su Plan de Movilidad Activa El Guarco, de donde surge la necesidad del presente proyecto, el cual consiste en la elaboración de la propuesta de un plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad sostenible en el cantón El Guarco; esto para los sectores: Casco central El Tejar, El Tejar-Pitahaya, Parque Industrial, Tobosi-Barrancas, Las Catalinas Santa Gertrudis y Fundación Cacique, con la finalidad de que permita que las personas del casco urbano y alrededores puedan trasladarse de una manera más segura haciendo uso de medios no motorizados.

Los principales objetivos del presente proyecto fueron el análisis de la información existente en

proyectos, tesis, guías de diseño, de manera que se lograra compilar la información. Proponer las principales rutas para la implementación del tipo de infraestructura adecuado según los distintos factores.

Asimismo, la priorización de estas rutas resulta esencial puesto que fue respetar el hecho de que la municipalidad cuenta con un monto anual para invertir en la infraestructura; se consideró que una manera ideal de realizarlo fuera mediante la priorización, de acuerdo con las necesidades de la población por demanda de uso, seguridad y conectividad.

Finalmente, el presupuesto formó parte de los principales resultados debido a que fue importante tener conocimiento del monto necesario por fase de intervención. Este fue realizado de forma global debido al alcance del proyecto, pero la municipalidad a futuro debe realizar el presupuesto detallado de acuerdo con el diseño propuesto por ellos mismos.

Con el cumplimiento de los objetivos, se logró la obtención del Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica, para el periodo del 2023 - 2033 que vela por la seguridad y la inclusión de las personas en el cantón.

Objetivos

Objetivo general

Generar una propuesta de plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en los sectores del Distrito de El Tejar y conexión a los cascos urbanos de los distritos de Tobosi y San Isidro del cantón El Guarco, Costa Rica, para el periodo del 2023 - 2033

Objetivos específicos

1. Analizar la información recolectada por medio de los distintos anteproyectos del curso de Taller de Diseño y fuentes confiables.
2. Generar la propuesta de intervención, a nivel de anteproyecto, de infraestructura ciclista y peatonal con el fin de priorizar de manera coherente y estandarizada.
3. Elaborar el presupuesto global de manera preliminar para el plan de intervención propuesto.

Marco teórico

Como parte de la recopilación teórica que permite comprender mejor lo de desarrollado a lo largo del proyecto, a continuación se exponen conceptos relevantes de los elementos que forman parte de la movilidad peatonal y ciclista. Se abordan temas como los son la movilidad no motorizada, salud y calidad de vida, integración social y equidad, enfoque de sistema seguro, medio ambiente, red de movilidad en bicicleta, planeación ciclo-incluyente, infraestructura ciclista, red de movilidad peatonal, condiciones ergonómicas de la ciudad para el peatón, infraestructura peatonal, intermodalidad, educación y promoción.

Movilidad no motorizada

La movilidad según Gutiérrez (2013) consiste en:

una práctica social de desplazamiento entre lugares con el fin de concretar actividades cotidianas. Involucra el desplazamiento de las personas y sus bienes, y conjuga deseos y/o necesidades de viaje (o requerimientos de movilidad) y capacidades objetivas y subjetivas de satisfacerlos, de cuya interacción resultan las condiciones de acceso de grupos sociales a la vida cotidiana. (p. 68)

Es decir, se trata de un derecho y una necesidad de las personas, permitir que los individuos se desplacen y puedan suplir distintas necesidades, dirigiéndose de un punto de origen a distintos destinos, por lo cual la movilidad es para las ciudades un factor determinante en su adecuado funcionamiento; la movilidad es indispensable para lograr un adecuado desarrollo íntegro de estas (Valle, Aguilar y Velasco, 2022).

A raíz de la necesidad de movilizarse de un sitio a otro, han surgido grandes avances en la creación de medios de transporte, dejando de lado el uso de medios no motorizados y amigables con el ambiente, lo que ha ocasionado que los niveles de contaminación incrementen de manera significativa. “El transporte contribuye cada vez en mayor medida a las emisiones de CO_2 ” (OCDE, 2021).

El uso de medios de transporte no motorizados como lo es la bicicleta, representa una opción sana, práctica y sostenible para el ambiente, además de accesible para mayor parte de la población, así como los desplazamientos a pie, por lo que es de suma importancia crear espacios de infraestructura adecuada en sitios de dominio público, definido por el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto como “el conjunto de áreas exteriores de alcance público, que por su entorno, uso, afectación y naturaleza suplen las necesidades urbanas colectivas; es decir, son zonas para el uso y el disfrute colectivo, de todos y para todos” (ICCYC, 2009).

Salud, calidad de vida y medio ambiente

La calidad de vida, según una visión integradora elaborada por Ardila (2003) se define como:

un estado de satisfacción general, derivado de la realización de las potencialidades de la persona. Posee aspectos subjetivos y aspectos objetivos. Es una sensación subjetiva de bienestar físico, psicológico y social. Incluye como aspectos subjetivos (...), la seguridad percibida, la productividad personal y la salud objetiva. Como aspectos objetivos el bienestar material, las relaciones armónicas con el ambiente físico y social y con la comunidad, y la salud objetivamente percibida. (p. 4)

Según una encuesta desarrollada por estudiantes de tercer año de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica, los costarricenses perciben que la congestión vial se agravará con el paso de los años, además, señala que en comparación con años anteriores se ha incrementado el tiempo de sus viajes en hasta 10 minutos (Marín, 2017); factores que ocasionan que en los últimos años la percepción de los costarricenses en temas de calidad de vida haya evolucionado negativamente en temas de transporte, lo cual es justificado en cuanto a que “Costa Rica es uno de los países latinoamericanos con más vehículos por mil habitantes (231 unidades), solo superado por Argentina (315) y México (278)” (Programa Estado de la Nación, 2018, p. 227), lo que es una clara evidencia de un incremento acelerado de la congestión vehicular a en el país, una inversión pública enfocada en el carrocentrismo, un inadecuado planeamiento urbano, y problemas de diseño en la infraestructura.

La congestión vehicular y el aumento descontrolado de vehículos de uso de combustible fósil provocan el incremento de la contaminación de aire que impacta directamente la salud de las personas. “La materia particulada, especialmente la $PM_{2,5}$, es capaz de penetrar profundamente en los pulmones y entrar en el torrente sanguíneo, lo que afecta a los sistemas cardiovascular, cerebrovascular (accidentes cerebrovasculares) y respiratorio” (OMS, 2022). En Costa Rica, según el Programa Estado de la Nación (2018), el aire en de la GAM posee niveles de contaminación mayores a los límites establecidos por Organización Mundial de la Salud, lo mismo que la contaminación sónica, debido a que en zonas industriales es tal el ruido que afecta la comunicación oral humana.

Afecciones asociadas con el sedentarismo se han visto acrecentadas en los últimos años, según un estudio realizado por la Escuela de Medicina de la (UCR) existe “una prevalencia de exceso de peso (sobrepeso y obesidad) del 68,5% en la población urbana costarricense, mayor en las mujeres que en los hombres (73,8%), y en las personas mayores de 35 años (82,2%)” (Gómez, Quesada y Monge, 2020), por lo que se evidencia la necesidad del fomento de actividad física en la población, y la movilidad no motorizada es la clave, a pesar de que “es poco lo que la infraestructura actual contribuye al uso de la bicicleta o los traslados a pie. Incentivar estas modalidades tendría impactos positivos, no solo económicos y ambientales, sino también en la salud y la calidad de vida de las personas” (Programa Estado de la Nación, 2018, p. 229).

El tema de contaminación del aire ha sido de discusión a nivel mundial; según la OMS (2018) nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado y se estima que cerca de siete millones de personas mueren cada año por la exposición a las partículas finas presentes en el aire contaminado, además, menciona que se ha comprobado que dependiendo de los niveles de contaminación y la exposición que las personas tengan este, la esperanza de vida puede verse reducida de 2 hasta 24 meses. La OMS (2022) vuelve a afirmar que “existe una relación directa entre los altos niveles de contaminación y las enfermedades respiratorias”. A nivel nacional, García (2018) expone que según lo mencionado en la III Conferencia: Hacia

una agenda de servicios de salud verdes y saludables en Costa Rica “gran parte del problema comienza desde las calles congestionadas, que arrojan alrededor del 75 % de emisiones de dióxido de carbono” (CO_2).

Por otra parte, según el Seminario Universidad, las mediciones realizadas por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional (UNA) para analizar la presencia de dióxido de nitrógeno (NO_2), en el ambiente al igual que las partículas que se encuentran en suspensión en el aire, se logró realizar una comparación de las variaciones de ambas variables entre el 2019-2020, las cuales dejaron ver reducciones 28 % y un 52 % de NO_2 en las zonas analizadas en relación con las partículas en el aire; así, en puntos de estudio como el edificio de la Rectoría de la UNA, en Heredia, los datos indicaron disminuciones de hasta un 44,2 %, mientras que en la Catedral Metropolitana de San José, las disminuciones fueron de 20,2 % (Ugarte, 2020). Esto como resultado de las regulaciones implementadas durante la pandemia, las cuales ocasionaron una reducción significativa en relación con la cantidad de vehículos en tránsito, lo que deja en claro que se pueden lograr cambios positivos si se logran implementar medios de transporte amigables con el ambiente.

Integración social y equidad

La cultura carrocentrista ocasiona que surjan desigualdades sociales, disminuye la integración y distribución equitativa de los espacios públicos, los cuales claramente son limitados debido a que, bajo el paradigma del desarrollo económico, se diseñan zonas urbanas que restan espacios a las personas. “De esta forma, el derecho a acceder equitativamente a las oportunidades ofrecidas en una ciudad favorece desproporcionadamente a una fracción de la población que cuenta con la posibilidad de comprar y mantener un auto” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011a, p. 20), es decir, las ciudades que distribuyen sus espacios públicos dándole prioridad a los automotores, son ciudades que excluyen y dejan sin el derecho de contar con facilidades de movilidad a sectores de la sociedad con menos oportunidades.

La creación de espacios para el uso de la bicicleta, por su parte, aumenta la posibilidad de integración de distintos sectores de la sociedad, ya que es un medio de transporte más económico y accesible, asimismo, reduce gastos relacionados con el mantenimiento, combustible e impuestos. Además, como se puede observar en la siguiente imagen, el uso de la bicicleta, así como caminar, necesita únicamente $3 m^2$ y $0.8 m^2$ del espacio vial, respectivamente, mientras que un automóvil necesita hasta $60 m^2$, siendo de los medios de transporte que más espacio por persona necesita para transitar.

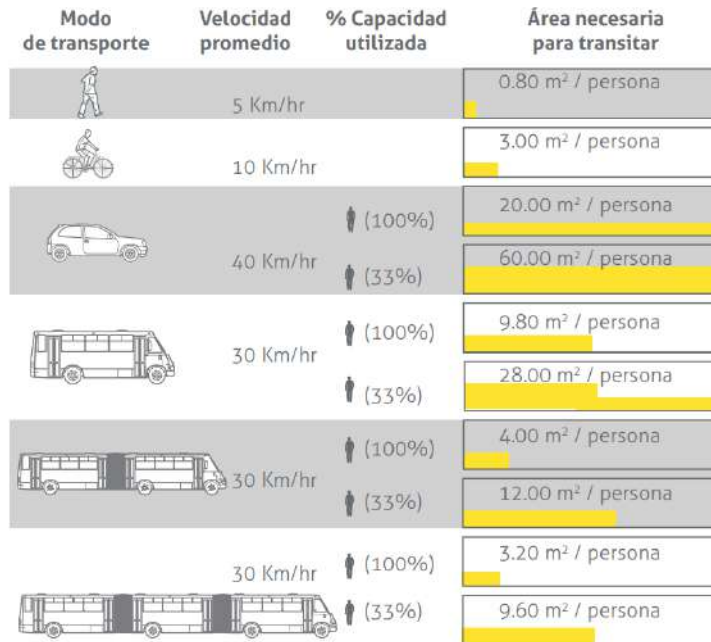


Figura 1. Espacio vial requerido para transitar según el modo el transporte
Fuente: Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011a.

El Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011a) hace referencia al hecho de que a nivel mundial las ciudades en donde la presencia de ciclistas es mayor, aumenta la percepción de seguridad. Por otro lado, la creación de espacios de destino público “crea un sistema cívico de seguridad informal que transforma la vía pública en un espacio más incluyente y con un tejido social más robusto” (p. 49); al mismo tiempo, permite que sin importar la clase social se integren todos como iguales, aumentando la democratización y la equidad entre los ciudadanos.

Enfoque de sistema seguro

La implementación de medios de transporte no motorizados debe estar vinculado a un enfoque seguro para usuarios; se deben crear espacios enfocados en las necesidades de los ciudadanos, analizando acciones rutinarias de la población, realizando diseños que generen ambientes seguros y de confort, pensando en los distintos sectores de la ciudadanía, desde niños y niñas, personas adultas mayores y personas con discapacidad.

Como se ha venido mencionado “los desplazamientos en bicicleta y a pie permiten conectar a las personas, los empleos y las instalaciones con un coste reducido tanto para las arcas municipales como para los usuarios, al tiempo que aporta notables beneficios para la salud” (OCDE, 2021, p.15). Sin embargo, para poder hacer uso de estos medios de transporte no motorizados, es indispensable que la creación de una infraestructura adecuada que genere espacios seguros, los cuales garanticen la seguridad de la ciudadanía, pues, según Hernández y Jiménez (2018), aproximadamente un 30 % de los fallecidos en sitio en Costa Rica corresponden a ciclistas y peatones (p. 8), información recalada por Programa Estado de la Nación (2018) en donde se

hace referencia a que urge resolver los problemas de seguridad a nivel país, dado que “casi una de cada tres personas muertas en sitio en accidentes de tránsito son peatones o ciclistas” (p. 229).

Un instrumento diseñado para incentivar la movilidad sustentable, en donde se prioriza al peatón, así como el uso de medios de transporte no motorizados como más deseables, es la “Pirámide de la movilidad”, la cual se observa en la siguiente figura. En esta se sigue un orden descendente en relación con la contaminación que generan cada medio de transporte, destacando que las personas que transitan a pie y a los ciclistas constituyen los medios más deseables, por consiguiente, los que se deberían incentivar con mayor atención.

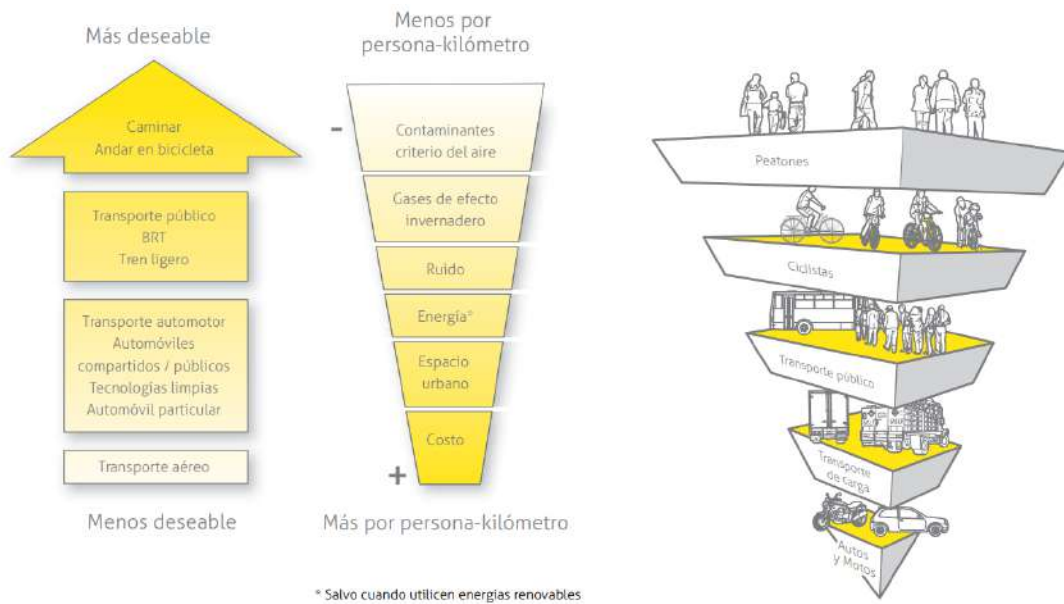


Figura 2. Pirámide de jerarquía de movilidad urbana.
Fuente: Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011a.

Priorizar al transeúnte y al ciclista, según Gamboa y Soto (2014), permite darle independencia a sectores de la población que se han visto invisibilizados o que, debido a una cultura carrocentrista, dependen de otros para trasladarse, población que “incluye a los niños, ancianos y personas con algún tipo de discapacidad física y es una obligación de la ciudad el adecuarse a estas personas y sus necesidades para poder devolverles su autonomía” (p. 19). Es claro que esta cultura entorno al uso de vehículos motorizados ocasiona una exclusión social en ciertos sectores y reduce en consecuencia su oportunidad de transitar de manera segura e independiente, así como la posibilidad de hacer uso de su derecho de disfrute y uso de las calles.

Hay que mencionar también la importancia de implementar medidas en cuanto a la velocidad permitida para los vehículos automotores; haciendo referencia a las ideas de Pucher y Dijkstra (2003) en donde se menciona que, de los factores más importantes para la seguridad, la pacificación del tránsito resulta de vital importancia, debido a que busca la reducción de la velocidad de los vehículos mediante el ordenamiento de la circulación vehicular, desviado el flujo del tráfico hacia vías principales, para, poco a poco, restar protagonismo a los vehículos

motorizados y crear espacios más seguros para los peatones y ciclistas, con el fin de evitar atropellos y accidentes fatales, en donde es el sector más vulnerable el que se ve mayormente afectado en la mayoría de los casos.

Red de movilidad en bicicleta

Lograr que la incorporación de la bicicleta como medio de transporte sea una realidad implica el trabajo en conjunto de distintas instituciones, esto sin perder de vista en ningún momento el marco de la planeación y adecuada gestión, para generar planes urbanos coherentes y con una visión clara de lo que se requiere y las estrategias a seguir para conseguirlo. Como lo menciona el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011b) el desarrollo de infraestructura ciclista no consiste en simplemente copiar el modelo que funcionó en otras ciudades e iniciar con el desarrollo de la idea de manera precipitada, sino que cada proyecto debe adaptarse a las necesidades del sitio, a los usos de suelo, a la manera de concentración de las áreas de desarrollo, el clima, aspectos hidrológicos; cada uno de estos aspectos dan dirección a la creación de los Planes de Movilidad.

Por otra parte, es incorrecto pensar que la creación de infraestructura ciclista o peatonal por sí sola es la solución a este tipo de conflictos, ya que, si no se conoce el contexto social de la zona, no se podrá lograr que la población cambie sus hábitos de movilidad y en consecuencia el éxito de la implementación de estos programas se verá afectado. Por lo cual, se deben diseñar estrategias integrales que “incluya tanto el aspecto de diseño vial, equipamiento y mobiliario ciclista, como el de educación, promoción y cultura” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011b, p. 10), de la misma manera, que se integren programas con acciones claras a seguir, tomando en cuenta los distintos recursos que se puedan ver involucrados, así como la posibilidad de adecuación de marcos normativos que no fomentan ni apoyan el desarrollo de proyectos de esta índole.

Planeación ciclo-incluyente

Cuando se diseña infraestructura vial, se debe tener la visión de integrar tanto sectores como medios de transporte, con la finalidad de conseguir una red vial eficiente; para esto, se deben considerar aspectos como la función de la vía, su forma o tipo, y el uso que se le da. En cuanto a la función, se hace referencia a si son vías flujo de vehicular continuo o si por el contrario son vías con una función de hábitat, las cuales normalmente permiten interacción entre transeúntes, la posibilidad de pasear y la de que los niños jueguen. En cuanto a su forma o tipo; es el diseño geométrico de la vía, se toman en cuenta factores como: ancho de la vía, distribución de la vía, ancho y número de carriles, tipo de pavimento y dispositivos en la calzada. Finalmente, el uso de la vía se relaciona con el volumen de tránsito, tipo de vehículos, características de los transeúntes y objetivo de los viajes (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c). En relación con lo mencionado anteriormente, es de suma importancia que exista concordia entre la función, la forma y el uso de la vía; como se muestra en la siguiente figura, la función y forma de la vía deben permanecer en sincronía, para lograr que los usuarios de manera sencilla comprendan su uso, por ejemplo, “en Holanda la vialidad tiene el mismo asfalto rojo de las ciclovías, pero el ancho de la vía y la falta de marcas indican que es una calle bici” (Instituto

para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, pág. 28); en este caso aunque se permite el acceso a los vehículos, estos deben apropiarse su velocidad a la de los ciclistas.

Adicional a lo anterior, en la figura se observa la relación del uso con la función, la cual debe ser evaluada para saber si su función se adapta al uso que se le está dando; el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) menciona como ejemplo,

si en una avenida primaria hay un alto flujo vehicular, pero también hay un uso de estacionamiento en ambos lados de la vía, así como un alto volumen peatonal cruzando, la función no está en sintonía con el uso; en este caso una solución podría ser desviar el tránsito hacia vías que eviten esta zona, reducir velocidades y hacer más angosta la vía, ampliando el espacio de banqueta. (p. 28)

Finalmente, como se muestra en la imagen, la forma provoca el uso de esta, o lo que es lo mismo, el uso se adapta a las condiciones existentes. Si hay más carriles, será más transitada; si se encuentran dispositivos de reducción de velocidad, en consecuencia, esta se verá disminuida. Dada esta realidad, queda claro que si se desean implementar medios de transporte no motorizados es indispensable crear espacios que sean accesibles para su uso.

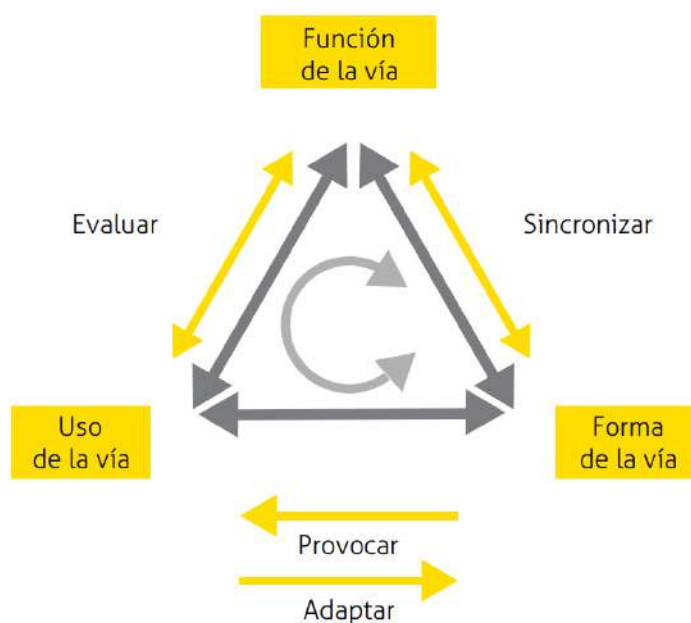


Figura 3. Balance entre función, forma y uso
Fuente: Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c.

Estrategias para un diseño vial ciclo-incluyente

Como parte de las distintas iniciativas en torno a la movilidad sostenible, se especifican metas que impulsan el uso de la bicicleta como medio de transporte, en la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030, se menciona como parte de sus metas “aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para una planificación y gestión participativas, integradas

y sostenibles de los asentamientos humanos” (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2018, p. 66).

El Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) precisa “que todas las vías de una ciudad deben contemplar la circulación en bicicleta, se cuente o no con una red ciclista” por lo que detalla que debe existir una tipología a nivel de infraestructura vial que considere la presencia de los ciclistas; asimismo, señala puntos claves, con los cuales se busca homologar las obras diseñadas, para que estén basadas en los mismos conceptos, para brindarle al usuario un mayor entendimiento de las vías, para construir de manera paulatina una nueva cultura vial. (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 38). En seguida se enlistan dichos factores:

- Volúmenes y trayectorias de los viajes existentes en bicicleta.
- Inversión en obra y mantenimiento.
- Calidad del espacio peatonal.
- Velocidades y flujo del tránsito motorizado.
- Cantidad y forma de las intersecciones.
- Función vial de la calle y composición del tránsito.

A la vez, para lograr suscitar de manera lógica las intervenciones que se deben realizar, el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) enumera las siguientes acciones como las fundamentales, las cuales van desde la más beneficiosas hasta las que representan beneficios un poco más limitados:

- Reducción de volúmenes automotores: se debe buscar la manera de desincentivar los viajes de corta distancia, en donde algunas veces solo se transporta a una sola persona y que resultan menos prioritarios; crear centros urbanos en donde los vehículos no puedan transitar, puede resultar una solución; que al mismo tiempo puede significar la creación de nuevas zonas comerciales con mayor flujo peatonal y ciclista de manera segura y accesible para todos. (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 37)
- Reducción de velocidades de los vehículos automotores: “La velocidad máxima ideal para vías secundarias es de 40 Km/h, mientras que para centros de barrio y zonas habitacionales es de 30 Km/hr”. (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 38). No obstante, la infraestructura debe adecuarse para orientar a los usuarios a estas velocidades; implementar reductores de velocidad, reducir ancho de carriles o brindar facilidades peatonales son opciones por considerar.
- Intervención de intersecciones peligrosas: considerados puntos con mayor incidencia de accidentes; proponer rutas ciclistas que eviten estos sectores, ya que, son puntos difíciles para transitar (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 38).

- Redistribución del espacio vial: el ancho de del carril debe ser considerado como parte de redistribución del espacio vial, principalmente cuando se implementan carriles compartidos; “carriles de 3.90 a 4.30 m son adecuados, ya que el vehículo automotor puede rebasar a un ciclista en el mismo carril dejando 1.0 m de separación” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 38).
- Construcción de infraestructura ciclista exclusiva: según el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) aunque esta es una de las opciones más consideradas en relación con la opinión pública, debe ser implementada solo en los casos en que no pueda desarrollarse ninguno de los puntos anteriores.

Por último, el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) hace referencia a la infraestructura invisible, la cual consiste en la idea de que la implementación de ciclovías segregadas no es la única opción, ni la más ideal y que el éxito de una red ciclista no se mide por medio de la longitud que esta alcanza, sino, que el objetivo es lograr redes ciclistas funcionales que acrecienten el uso de las bicicletas. De igual importancia, se debe tener en cuenta el tema presupuestario, en razón de que, al tratarse de recursos públicos, estos son limitados y deben ser administrados de la manera más óptima. “Acciones como la restricción del paso de vehículos motorizados a los centros históricos, impuestos a la congestión y la gestión de la velocidad, son soluciones de infraestructura invisible que promueven el mayor uso de la bicicleta” (p. 39).

Principios de una red de movilidad en bicicleta

Conforme el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c) se debe implantar la idea de que la red vial es de todos, y en consecuencia los ciclistas poseen el mismo derecho que un vehículo automotor, pues, al final de cuentas, estas facilidades son de la ciudadanía, ya sea para uso deportivo o recreacional, terminará beneficiando a todos. Ahora bien, no se debe caer en la idea errónea de considerar solamente el tipo de infraestructura segregada para la implementar una red ciclista “construir una red de este tipo es caro y lleva mucho tiempo, para lo cual el apoyo político y financiero resulta difícil de conseguir. Bajo este esquema pueden pasar años sin que se construya nada o bien pueden construirse tramos dispersos e inconexos” (p. 40).

En lo sucesivo, la red de movilidad en bicicleta, de acuerdo con el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011c), debe cumplir con los siguientes principios, esto para lograr la intervención objetiva del espacio vial:

- Considerar a la bicicleta como un vehículo, con sus mismos derechos y protección legal.
- Respetar a los peatones, “no es posible construir infraestructura para los ciclistas donde no existan condiciones adecuadas para caminar” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 42).
- No pensar en una red de ciclovías, sino, en una red de movilidad en bicicleta, en otras palabras, considerar su uso y no solo su desarrollo.

- Integrar modos de transporte con variaciones de bajo costo y con un gran efecto para la movilidad ciclista.
- Establecer el nivel de segregación esto de acuerdo con “las características de la vía, el volumen y la velocidad vehicular” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011c, p. 43).
- Establecer vías ciclistas de manera radial, identificando rutas de deseo y estudiando cada caso.
- Considerar los obstáculos, para asegurar su accesibilidad prestando atención a los detalles de la infraestructura.
- Adecuar la accesibilidad, brindando espacios de estacionamiento estratégicos; prediciendo posibles conexiones intermodales con el transporte público.

Infraestructura ciclista

Principios de diseño de la infraestructura ciclista

En la Guía técnica de diseño para la infraestructura ciclista, según el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (2015) (como se cita en Murillo, 2019) los principio básicos que toda ciclo vía debe implementar son los siguientes:

- **Coherente:** el diseño geométrico debe ser uniforme, manteniendo una relación lógica y continua de las rutas, sin cambios abruptos y tomando en consideración las líneas de deseo marcadas por los usuarios. Buscando satisfacer la mayoría de los orígenes-destino posibles.
- **Conectiva:** debe generar una red que permita la movilidad entre distintos sectores; redes aisladas o sin salida no serán utilizadas.
- **Segura:** es indispensable tomar en cuenta los peligros de cada zona, como accidentalidad, inseguridad criminal, altas velocidades y la percepción de los usuarios acerca de la seguridad de los distintos sitios.
- **Directa:** las rutas deben ser los más directas y con menos longitud posible de un origen a su destino, por lo que se debe tomar en cuenta factores como intersecciones u obstáculos que puedan ocasionar lentitud en las rutas.
- **Cómoda:** se espera que los viajes logren ser disfrutados por los usuarios, para acrecentar su uso; el pavimento, el tipo de geometría, los obstáculos, sombra durante el día e iluminación en la noche, son factores que impactan en la sensación de confort de los usuarios.
- **Atractiva:** las rutas deben ser llamativas para incentivar su uso; considera aspectos como la seguridad, la estética arquitectónica, el entorno y contaminación sónica.

Tipos de infraestructura ciclista

1. Compartida: También conocido como carril compartido. Consiste en carriles compartidos entre ciclistas y vehículos. Se debe proponer en vías con poca pendiente debido a la dificultad de ascenso que implica para una persona ciclista en sectores con mucha pendiente.



Figura 4. Compartida o carril compartido

Fuente: Murillo, 2019

2. Demarcada: Se demarca un carril exclusivo para bicicletas con la debida señalización.



Figura 5. Demarcada

Fuente: Murillo, 2019

3. Segregada tipo 1: Consiste en un carril demarcado con separación física. Este es reco-

mendable en vías entre 40 km/h a 60 km/h. La separación pueden ser bordillos, estacionamientos o desnivel.



Figura 6. Segregada tipo 1 con bordillo
Fuente: Murillo, 2019



Figura 7. Segregada tipo 1 con estacionamiento
Fuente: Murillo, 2019

4. Segregada tipo 2: Consiste en un carril demarcado con separación física. Este es recomendable en vías mayores a 60 km/h. Debe ser construida respetando el ancho de zona libre necesaria para que, si en caso de que un conductor salga de la vía, pueda reconducir o detenerse de manera segura. En los casos que no haya este espacio disponible se coloca un sistema de contención vehicular.



Figura 8. Segregada tipo 2 con zona libre necesaria
Fuente: Murillo, 2019

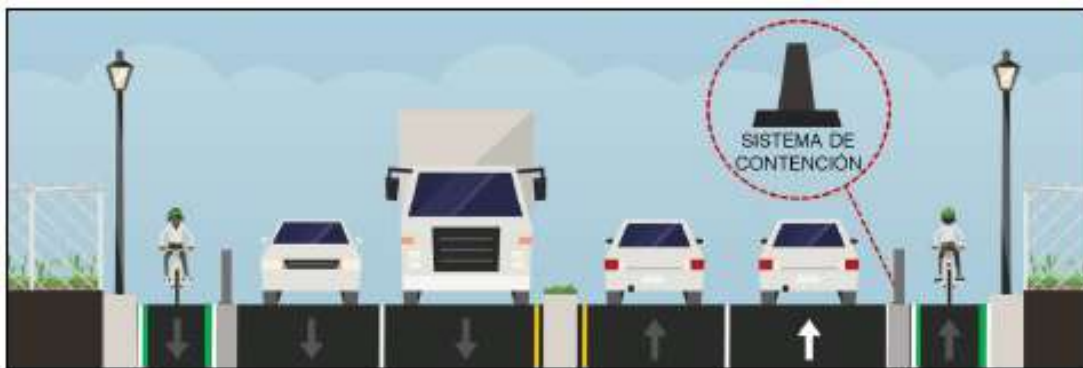


Figura 9. Segregada tipo 2 con sistema de contención
Fuente: Murillo, 2019

Conociendo los distintos tipos de infraestructura, cabe recalcar el papel importante que cumple la velocidad y el volumen vehicular de las vías para la elección e implementación de un tipo de infraestructura. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de estos valores.

Cuadro 1. Tipo de infraestructura según velocidad y volumen

Velocidad Vehicular (km/h)	Máxima	Volumen Vehicular (Máximo Diario)	Motorizado	Tipo de Infraestructura Ciclista
30		4.000		Carril compartido
≤ 40		4.000		Demarcada
> 40 ≤ 60		No aplica		Segregada Tipo 1
> 60		No aplica		Segregada Tipo 2
No aplica		No aplica		Trazo Independiente

Fuente: Murillo, 2019

Parte de esta estructura ciclística, se debe contar con algunos elementos complementarios

entre los cuales Acuña Leiva et al. (2015) menciona los semáforos, barras de confinamiento, señalización, demarcación, estacionamiento de bicicletas, entre otros. Estos se implementan con el fin de promover seguridad y comodidad a los usuarios. En cuanto a la intermodalidad Murillo, 2019 también menciona la importancia de promoverla debido a que es un complemento a la infraestructura ciclista que se propone con conexiones a las estaciones y paradas proporcionando estacionamientos seguros para los cambios modales y sistemas que permitan el traslado de bicicletas en los distintos servicios de transporte públicos.

Criterios geométricos

El ancho mínimo que debe poseer un carril ciclista es de 1,40 m, pero es recomendable que sea de 1,60 m para permitir mayor libertad en maniobras como adelantamientos o rebases, asimismo, si se trata de un carril bidireccional, este debe ser mínimo de 2,20 m a 2,60 m.

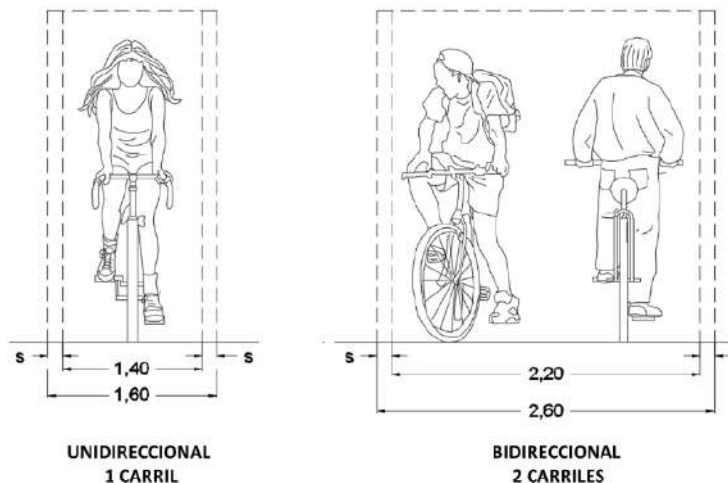


Figura 10. Anchos mínimos en metros de carril ciclista
Fuente: Murillo (2019)

Para el caso de la velocidad y las pendientes, la Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista establece que en el caso de encontrarse ante condiciones normales, es decir, un clima adecuado para el tránsito, un terreno plano y pavimentado, la “velocidad de diseño posee un valor típico de 30 km/h para entornos urbanos y 40 km/h para entornos interurbanos; y en ningún caso debe ser menor a 12 km/h. Lo anterior para garantizar la estabilidad de la persona ciclista” (Murillo, 2019, p. 21).

En cuanto al peralte, este busca reducir el radio de curvatura al generar una pequeña inclinación en el exterior de esta, para lo cual se recomienda un valor entre el 2 % y 5 % para un buen drenaje, con un valor máximo de 12 % para evitar posibles incomodidades a los ciclistas (Murillo, 2019, p. 23).

Otro factor necesario a considerar es la remoción de obstáculos que interfieran a lo largo de la

ciclovía, para así garantizar la continuidad de la ruta y la libre circulación de los ciclistas. En seguida se muestra un ejemplo de posibles obstáculos.

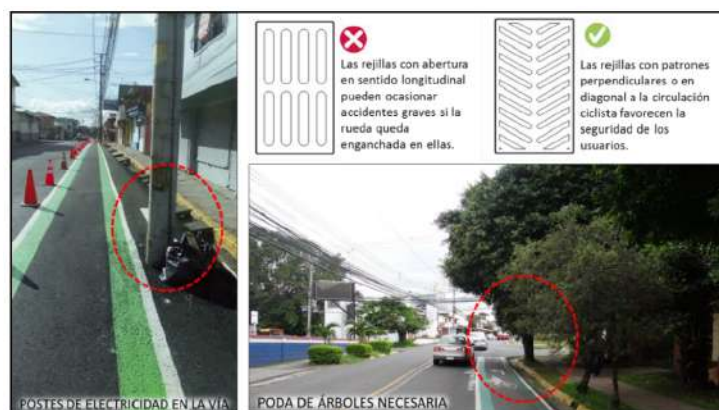


Figura 11. Obstáculos en la ruta

Fuente: Murillo (2019)

Se debe de considerar la implementación de dispositivos de iluminación a lo largo de los recorridos que presentan riesgos sociales, en donde se expone a la persona usuaria a situaciones no deseadas; a continuación se muestran las zonas en las cuales se recomienda se instale iluminación para brindar mayor atractivo al uso de de los medios no motorizados por medio de brindar mayor sensación de seguridad para los usuarios.

En relación con las intersecciones, estas deben iluminarse al menos 50 m antes de su llegada, así según lo indica Murillo (2019), es necesario tener en consideración los siguiente:

- Los puntos de luz deben situarse a una altura entre 4 y 5 metros, y la separación entre luminarias será entre 20 y 40 metros. (p. 31)
- La fuente de iluminación debe proporcionar luz blanca con buena definición de otros colores, por ejemplo, lámparas de halógeno o lámparas compactas fluorescentes. (p. 31)

En cuanto a las intersecciones, estas deben garantizar la continuidad en el trazo de la cicloruta; por su parte, Murillo (2019) hace referencia a beneficios como reducir conflicto entre peatones y / o motociclistas, presentes en la intersección, ayudar a dirigir a la persona ciclista a través de la vía ciclista y alertar a los automotores de la presencia de personas en bicicletas (p.62).



Figura 12. Continuidad de ciclovía
Fuente: Murillo (2019), San José

Ajustes sobre el radio de giro son importantes en las intersecciones debido a que ayudan a que el radio original de giro se desplace, con la finalidad de brindarle mayor seguridad y mayor espacio a los transeúntes; es importante que quede bien señalizado el límite de radio de giro para evitar que los vehículos invadan el espacio destinado para ciclistas y peatones. En seguida se puede observar un ejemplo de su aplicación.

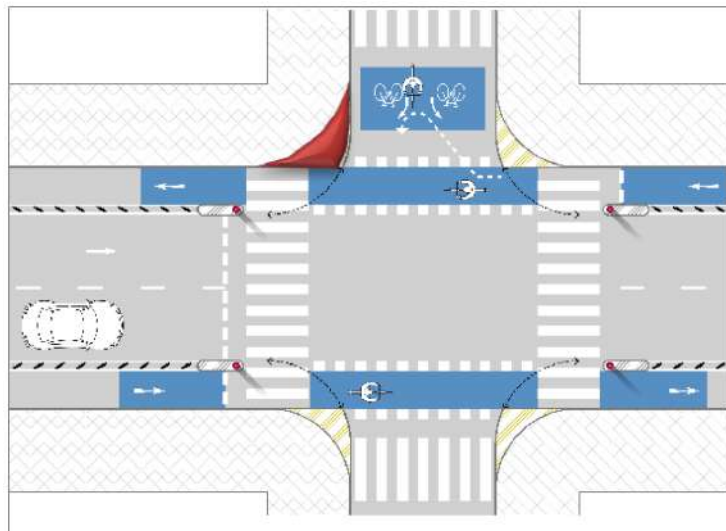


Figura 13. Radio de giro
Fuente: MINVU Chile, 2015, citado por Murillo (2019)

Otro elemento importante en las intersecciones son las áreas de espera para bicicletas (bicicajas), las cuales son áreas destinadas para que las personas ciclistas puedan esperar de forma segura en intersecciones, especialmente para estas que se encuentran en rutas con mucho flujo vehicular.

El emplazamiento de las bicijajas se lleva a cabo retirando la línea de paro de vehículos motorizados al menos tres (3) metros hacia atrás y posicionando una nueva línea de paro para ciclistas y motociclistas en el lugar original, respetando la senda peatonal y abarcando todos los carriles en un mismo sentido. Esto le asegura a la persona ciclista prioridad de salida y opciones seguras de giro en el momento en que el semáforo otorga luz verde. (Murillo (2019))

Según Murillo (2019), en la página 45, se encuentran las especificaciones de estas bicijajas, donde dichas cajas “deberán tener una dimensión mínima de 3 metros de longitud, y máximo 5 m. Podrá cubrir un único carril o la totalidad de la vía, según el diseño dispuesto. En caso de modalidad segregada o demarcada, el emplazamiento una bicijaja en carril único será sobre el más cercano a la ciclovía, mientras que, en modalidad compartida, será el carril dispuesto para la circulación simultánea de los usuarios”. Si la bicijaja abarca dos carriles se debe incluir un pictograma de motocicleta dentro de la caja. En la siguiente figura se muestra una imagen ejemplo de estos elementos que son colocados sobre la calzada.



Figura 14. Bicijajas para dos carriles.
Fuente: Murillo (2019)

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo tipo de una bicicaja implementada en la provincia de San José.



Figura 15. Bicicaja colocada en San José.
Fuente:Murillo (2019)

Señalización horizontal

En relación con la señalización horizontal, según lo especifica Murillo (2019) en la “Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista”, la demarcación debe utilizar microesferas que den reflectividad a la pintura; la señalización posee secciones típicas como las siguientes, mismas a implementar en el presente proyecto:

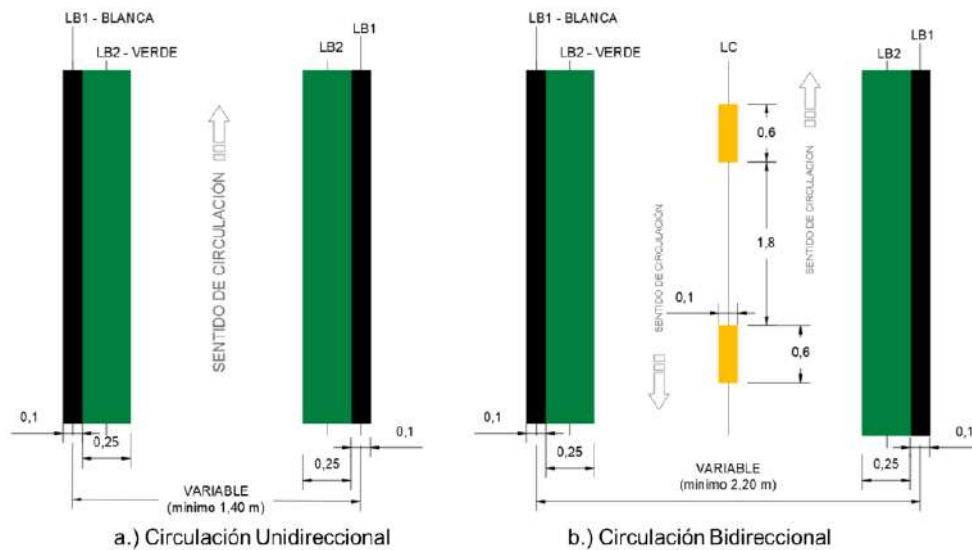
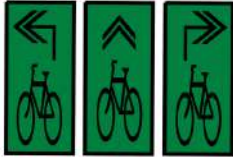



Figura 16. Secciones típicas según sentido de circulación.
Fuente:Murillo (2019)

- Líneas longitudinales: canalizan el tráfico separando los diferentes carriles.



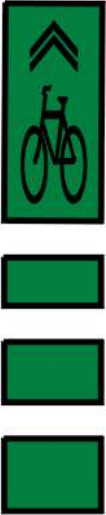


- Línea de borde (LB1): Delimita la vía ciclista de la calzada destinada para vehículos. Se ubica en los bordes de la ciclo vía, posee 10 cm de ancho, longitud variable según corresponda. Color blanco.
 - Línea para diferenciación de espacios (LB2): Señala el espacio destinado a la circulación ciclista. Se ubica de manera paralela a las líneas de borde (LB1), uno a cada lado. Su ancho debe ser de 25 cm. Color verde.
 - Línea centro (Lc): Separa los sentidos en vías ciclistas de doble circulación y se ubica en el centro de la ciclo vía, medido a partir de línea borde. Sus dimensiones corresponden a marcas discontinuas de 60 cm de longitud y 10 cm de ancho, distanciadas a 1,80 m. En curvas sin visibilidad, se deberá demarcar la línea de forma continua. Color amarillo
- Flechas direccionales: complementan la señalización, y orientan a los usuarios respecto a las posibilidades de maniobra.
 - Se ubican en intersecciones donde la ciclo ruta se desvía o ramifica. Color blanco.
 - Símbolos: Señalización para la regulación del tráfico mediante marcas y símbolos viales que complementan la señalización vertical. A continuación, se muestran los símbolos, así como su función.

Cuadro 2. Símbolos para demarcación horizontal ciclo-inclusiva.

Elemento	Símbolo	Utilidad
Sharrow		Empleado en vías de modalidad compartida, pintado sobre el asfalto, la dirección de la flecha corresponde a la dirección del carril, debe ser colocada en la posición lateral. En cuadrantes deberá ubicarse al inicio, mitad y final de la vía. Fuera de ellos, serán espaciados cada 200 m. Acompañamiento vertical: señal vertical R-7-25.
Ceda a peatones		Será empleado en vías de modalidad segregada, donde el peatón deba atravesar la ciclo vía. La orientación del dibujo de la "persona" será siempre de derecha a izquierda.

Continúa en la siguiente página

Continuación de la tabla

Elemento	Símbolo	Utilidad
Bicicleta		<p>Se implementa en las vías de modalidad segregada o delimitada. Su uso en cuadrantes urbanos deberá ser de al menos 3 veces, es decir, principio, medio, y fin de los 100 m establecidos. Fuera de cuadrantes, deberá colocarse en intervalos de 75 m. La orientación de la bicicleta será siempre de derecha a izquierda. Acompañamiento: flecha direccional en usos de inicio y fin del cuadrante.</p>
Motocicleta		<p>Implementar en la demarcación de bicijajas. La orientación de la motocicleta será siempre de derecha a izquierda.</p>
Transición de ciclovía segregada a carril compartido		<p>Utilizar para transicionar entre las modalidades de ciclovía segregada o demarcada y carril compartido.</p>
Alto		<p>Regular la prioridad de paso sobre la ciclovía. Esta figura estará acompañada por su respectiva línea de paro. Acompañamiento vertical: señal vertical R-1-9.</p>
Ceda a ciclistas		<p>Indicar al chofer del vehículo automotor debe ceder a las personas ciclistas, debe ser colocada en el centro del carril al aproximarse a una intersección. Acompañamiento vertical: R-1-10.</p>

Fuente: Murillo (2019)

Señalización vertical




A continuación, se muestra los distintos tipos de señalización vertical que se implementa en la infraestructura ciclista.

Cuadro 3. señalización vertical ciclo-inclusiva.

Señal	Serie	Código	Utilidad
	Reglamentaria [R-3] Restricción de Giros y Maniobras	P-3-20	Excepción de restricciones para ciclistas. Permite a ciclistas realizar maniobras que están restringidas para choferes de vehículos automotores.
	Reglamentaria [R-7] Exclusión de flujos	R-7-25	Reglamenta que el carril debe ser compartido entre ciclistas y choferes de vehículos automotores. Acompañamiento horizontal: sharrow.
	Reglamentaria [R-7] Exclusión de flujos	R-7-26	Reglamenta que la zona disponible debe ser compartida entre peatones y ciclistas, siempre manteniendo la prioridad peatonal.
	Reglamentaria [R-11] Cruces peatonales	R-11-19	Reglamenta la circulación a pie sobre un cruce peatonal.
	Reglamentaria [R-1] Derechos y prioridad de paso	R-1-9	Regula la prioridad de paso sobre la ciclo vía. Acompañamiento horizontal: Figura de Alto.
	Reglamentaria [R-1] Derechos y prioridad de paso	R-1-10	Regula la prioridad de paso que debe dar el chofer de un vehículo automotor a la persona ciclista al realizar un giro, ya sea derecho o izquierdo, según la configuración establecida. Acompañamiento horizontal: Símbolo de ceda a ciclistas.

Continúa en la siguiente página

Continuación de la tabla

Señal	Serie	Código	Utilidad
	Reglamentaria [R-3] Restricción de giros y maniobras	R-3-20	Restringe la maniobra que debe realizar la persona ciclista para alcanzar el cruce seguro de una intersección regulada con semáforo.
	Ruta de Bicicletas [B-2] Estacionamiento de Bicicletas	B-2-2	Identifica un lugar de estacionamiento para bicicletas.
	Preventiva [P-11] Variaciones y Limitaciones en la Vía	P-11-12	Previene acerca de la proximidad de un carril compartido adelante.

Fuente: Murillo (2019)

Separadores físicos

Según las especificaciones técnicas mencionadas por Murillo (2019) en la “Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista” (p. 51) en relación con los separadores físicos, para el caso de ciclovías segregadas, se propone lo siguiente:

- Los separadores físicos deben ser colocados en la orilla externa de la línea borde en ausencia de zona de amortiguamiento.
- El espaciamiento entre cada separador será de dos (2) metros de distancia, medida de extremo a extremo.
- Los separadores deberán ser de uso exclusivo para ciclovías. El material será resistente y duradero, que no astille ni agriete, con mínimo 3 puntos de anclaje a la superficie de ruedo, y elementos retroreflectivos en ambas caras.
 - Los elementos retroreflectivos en cada separador deberán ser color blanco o amarillo, según corresponda. Amarillos cuando la ciclovía se ubiquen del lado izquierdo de la circulación vehicular, y blanco cuando sea al lado derecho.
- Los elementos deberán ser libres de protuberancias que presenten un riesgo para la persona ciclista, en caso de pérdida de control de la bicicleta. Tampoco deberá haber protuberancias en los separadores, producto de los elementos de anclaje, como tornillos o tuercas.

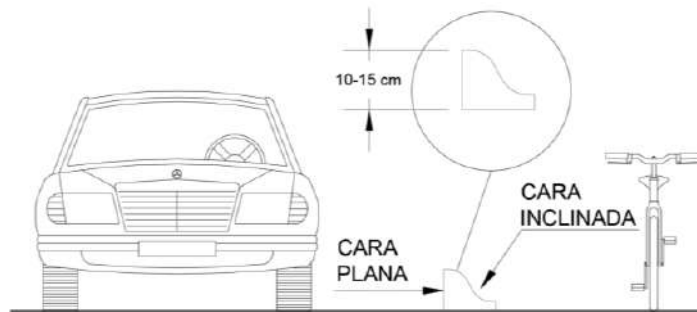


Figura 17. Separador físico tipo bordillo.

Fuente: Murillo (2019)

- La superficie de rueda en donde se colocarán dichos elementos debe estar libre de piedras sueltas, grasa, grama, pintura o recubrimiento antiguo en mal estado u otros contaminantes que no permitan una buena colocación.

A continuación, se muestran las dimensiones así como el tipo de separador aceptable en las ciclovías segregadas Tipo 1.

Superficie de rueda

En relación con la superficie de rueda, en la “Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista”, según Murillo (2019) (p. 52), los separadores deben cumplir con lo siguiente:

- La superficie de rodadura debe ser uniforme, impermeable, antideslizante y de aspecto agradable. Esta debe ser objeto de mantenimiento periódico, a fin de evitar accidentes producto de arenas y materiales desprendidos en la ciclovía.
- Toda vía que presente irregularidades en la superficie de rueda debe ser intervenida previo a la ejecución de demarcación, ya sea por medio de bacheo, o recarpeteo de la sección, según los requerimientos del paquete estructural del pavimento.
- No es recomendable la utilización de adoquines, pues estos producen vibraciones importantes durante el desplazamiento de la bicicleta, salvo que se requiera disminuir la velocidad de aproximación de la persona ciclista.
- La codificación de color verde utilizado para las secciones de ciclovía, así como de símbolos será RAL 6018.
- La pintura utilizada deberá contar con aditivos que generen una superficie antiderrapante ante el contacto de la llanta con la superficie de rueda, especialmente ante la presencia de agua.
- Se debe analizar la transición entre distintos tipos de pavimento, también cuando hay un sistema de drenajes de canaletas o un separador de pavimento. La unión entre dos tipos de pavimento debe ser imperceptible ($\leq 5mm$).

Red de movilidad peatonal

“El sistema de transporte tiene el objetivo de mover la mayor cantidad de personas al menor costo y tiempo posible de manera segura y confortable” (Hernández y Fernández, 2010, p. 267). Partiendo de esta cita, resulta evidente que los sistemas de transporte actuales no garantizan este objetivo, ya que, el costo de la adquisición de un vehículo automotor y su mantenimiento, no se encuentra disponible al acceso de toda la población, asimismo, el uso de medios no motorizados, actualmente no se presenta como el medio más seguro, ni el más eficiente en cuanto al tiempo de viaje. Por estos motivos, se deben realizar esfuerzos que impulsen la promoción de infraestructura peatonal que cumpla con principios como la coherencia, conveniencia, accesibilidad, comodidad y, al mismo tiempo, sea llamativa; principios que serán abarcados más adelante.

En cuanto a los aspectos relacionados con la equidad, según Gamboa y Soto (2014), “la peatonalización contiene o está incluida en 3 definiciones, pues a la par de ser el modo en el que menos energía se consume, reduce emisiones y permite el acceso equitativo de todas las clases sociales a la movilidad” (p.25), de manera que la infraestructura peatonal es indispensable para integrar todos los sectores de una ciudadanía y a la vez reducir el impacto ambiental ocasionado por los traslados de un punto a otro.

La planificación de redes peatonales que comunique de manera estratégica centros comerciales, zonas residenciales o sitios de interés público, debe tener como objetivo la mejora de la calidad de vida de las personas; se tiene que fomentar el transporte no motorizado tanto para actividades recreativas, como para modo de transporte. Los diseños deben ser incluyentes y orientar la distribución del espacio de manera que en un área reducida se encuentren la mayor cantidad de puntos de importancia, para que las personas por medio de caminatas puedan suplir la mayor parte de pendientes, sin necesidad de utilizar un medio motorizado; alcanzando con esto la dependencia con respecto a los medios motorizados y al uso de energías no renovables, al mismo tiempo que se distribuye el espacio público de una manera mucho más objetiva y equitativa (Hernández y Fernández, 2010, p. 268).

Condiciones ergonómicas de la ciudad para el peatón

“Andar, es una condición que permite asegurar no solamente las funciones estrictamente de paso (movilidad), sino también la de disfrute y contemplación de la ciudad” (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2021, p.92). Por esto, la ergonomía presente en el espacio público debe ser tomada en cuenta, para poder establecer qué tan accesible, segura y confortable resulta la movilidad de un peatón por cierta ruta.

La movilidad peatonal depende de la calidad del espacio público destinado a esta, del tipo de pavimento utilizado, de la distribución espacial, el ancho de las aceras y la accesibilidad que estas posean, las limitaciones al tránsito automotor, horarios de restricciones, elementos facilitadores para personas con capacidades diversas y sistemas de seguridad peatonal, para que la población se desplace peatonalmente es necesario “generar una red peatonal continua, sin barreras, segura frente al tráfico automóvil, amplia y bien pavimentada, de pendientes moderadas, con áreas de estancia y mobiliario de apoyo” (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2021, p.

94).

Un concepto importante a considerar en cuanto a la movilidad peatonal son las "supermanzanas", las cuales, según menciona el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (2021), resultan clave para crear propuestas de rediseño del espacio público, pues en su interior los peatones recuperan su prioridad de paso y les brinda confort en su estadía en centros urbanos, dando oportunidad a la creación de espacios verdes dando descansos visuales a la ciudadanía, permitiendo de este modo que el viandante se desplace de una manera sencilla y rodeado de una infraestructura de calidad que hace de su estancia un momento agradable.

Como se menciona en el "Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público" del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (2021), la forma geométrica de las vías y su funcionalidad, establece el grado de convivencia de los ciudadanos, así como la calidad urbana que estas ofrecen. La gran cantidad de vehículos en el espacio público impide el disfrute de las personas que se trasladan caminando; por lo cual, "crear recorridos peatonales amplios, seguros y sin fricciones con el tráfico de vehículos motorizados y, al mismo tiempo, favorecer un espacio público de calidad que pueda acoger múltiples usos para la convivencia y para la interacción entre las personas" (p. 98), son puntos claves para lograr la implementación de redes de movilidad peatonal exitosas que logren satisfacer las necesidades de los usuarios.

Red de sendas urbanas

Son redes que permiten comunicar áreas verdes presentes en las ciudades, como plazas y parques, equipadas con aceras espaciosas y distintos mecanismos como orejas de protección, reductores de velocidad y señalización que permiten que la movilidad a pie sea accesible, segura y equitativa a lo largo de longitud. Sin embargo, la creación de estas sendas siempre debe ser planificada para ubicarlas en sectores que potencien la movilidad peatonal en actividades cotidianas, buscando de cierta manera la obligación del uso de estos espacios para generar culturas arraigadas a la movilidad no motorizada. Asimismo, es indispensable identificar rutas de movilidad obligada que respondan a las zonas que se utilizan con normalidad, en actividades diarias, como ir a escuelas, trabajo o centros comerciales. De igual manera, reconocer las rutas de deseo generadas por medio de la movilidad no obligada que consiste en aquellas actividades dirigidas al ocio, como dar un paseo, actividades que, por lo general, no poseen un destino definido o simplemente surgen del deseo del peatón. (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2021, p. 103).

Infraestructura peatonal

Principios de diseño de la infraestructura peatonal

En seguida, se enlistan los principios mencionados en la "Guía práctica de diseño de aceras" (2021) que establecen las pautas que debe considerar cualquier diseño de infraestructura peatonal, con el fin de ofrecer soluciones eficaces a los transeúntes; siendo este el sector más vulnerable en las vías (Kruse, 2021):

- **Coherente:** debe ser consistente, mantener continuidad a lo largo de vía y su diseño ser el apropiado.
- **Conveniente:** debe vincularse con las rutas del sistema vial y unificar orígenes-destino de una manera directa y efectiva.
- **Segura:** en todo momento tiene que asegurar la integridad de los viandantes, por medio de su diseño e implementando normas que lo protejan.
- **Accesible:** las condiciones de la ruta deben de contar con todas los requisitos de diseño que garanticen su uso para cualquier persona, sin importar ninguna característica que este posea.
- **Cómoda:** los peatones deben sentir una sensación de seguridad y de confort, minimizando molestias, ya sean ocasionadas por el clima o por temas de iluminación.
- **Atractiva:** debe ofrecer a usuario una percepción de bienestar, que haga que más usuarios quieran hacer uso de la infraestructura, por lo que se tiene que tomar en cuenta aspectos de estética, distribución del espacio público, espacios son sombra e iluminación.

Las aceras deben contar con una serie de elementos para cumplir con los principios básicos, siendo un espacio adecuado y accesible para todas las personas; en la siguiente figura se muestra los principales elementos que deben contener las aceras.

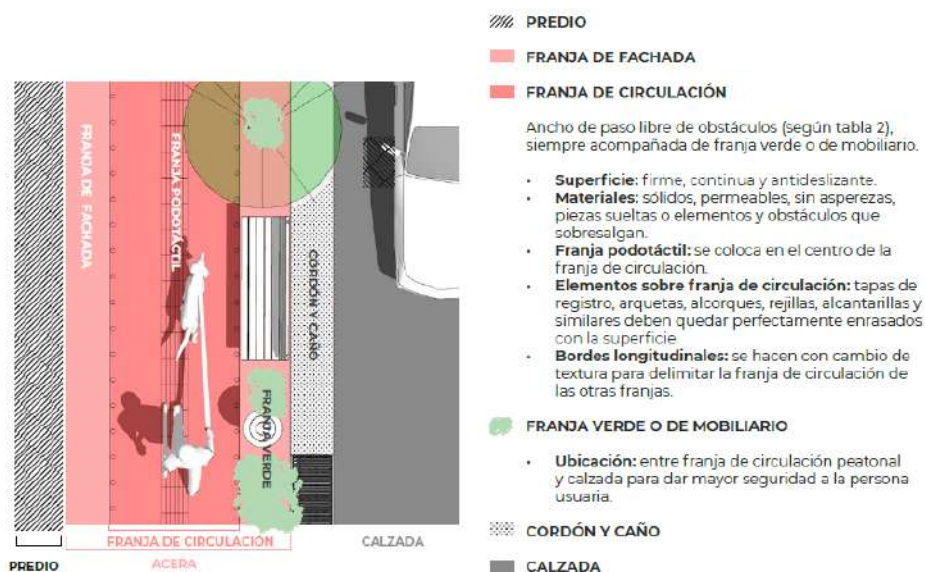


Figura 18. Acera modelo.

Fuente: Hernández y Fernández (2010)

Para el diseño, evaluación y construcción de las aceras, (Hernández y Vega, 2017) especifica los principales documentos que contienen los parámetros de diseño e información relevante de las aceras en Costa Rica:

- Código Municipal (Ley No. 7794, 1998): incluye las labores, derechos y deberes de las municipalidades, además, establece las obligaciones y responsabilidades de los propietarios de los bienes inmuebles en la construcción y mantenimiento de las aceras.
- Guía para el Diseño y Construcción de Aceras en Costa Rica (2009): tiene como objetivo contribuir al desarrollo del país en materia del espacio público, por medio de este recurso técnico con los lineamientos generales para el diseño y construcción de las aceras.
- Ley Especial para la Transferencia de Competencias: Atención Plena y Exclusiva de la Red Vial Cantonal (Ley No. 9329, 2015): transfiere la atención plena y exclusiva de la red vial cantonal a los gobiernos locales, incluidas las aceras.
- Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO): provee de lineamientos para el diseño y construcción de espacios públicos accesibles.
- Reglamento de Construcciones (INVU, 1983): ordena a los propietarios a construir y reconstruir las aceras frente a sus bienes inmuebles. Asimismo, estos deben cumplir con la construcción de aceras de acuerdo con las especificaciones mínimas que contenga el reglamento.
- Reglamento de la Ley No. 7600; Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad (Decreto Ejecutivo No. 26837-MP, 1998): detalla las características mínimas de las aceras para que la infraestructura sea accesible para todos los habitantes del país.

El Plan Regulador de la Municipalidad de El Guarco especifica que el diseño de las Aceras correspondiente al sector delimitado por la Municipalidad, podrá exigir el diseño que más se ajuste a las condiciones de la zona y, además, este se debe realizar utilizando como referencia las recomendaciones dispuestas en el “Manual del Espacio Urbano del Instituto Costarricense del Concreto y Cemento y Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos” (Municipalidad de El Guarco, 2014, p.102).

Según el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2009), las aceras se construyen en función de la clasificación de mayor a menor categoría de vía, de esta manera para cada caso. En esta clasificación se definen seis (6) tipos de vías. A continuación, se especifican cada uno de los tipos de vía, así como las dimensiones mínimas que se deben respetar según corresponda en el “CAPÍTULO III URBANIZACIONES” del Reglamento 3391 para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones (2009) (Así reformado por acuerdo de Junta Directiva, en su sesión N° 3773 de 17 de noviembre de 1986):

III.2.5 Vías reglamentadas por el Ministerio de Obras Públicas y transportes (M.O.P.T.). El derecho de vía de las carreteras y de los caminos públicos será el que indique el MOPT.

III.2.6 Calles locales; Reglamentadas por la Municipalidad: cuando exista el respectivo reglamento aprobado; de lo contrario se registrarán por lo dispuesto en este Reglamento, de acuerdo con la ley N5990 de 19 de abril de 1976.

III.2.6.2 Primarias: Aquellas que constituyen una red vial continua, sirven para canalizar las vías locales hacia sectores de la ciudad y núcleos poblados. Requieren de las siguientes dimensiones: de catorce metros (14 m) de derecho de vía, nueve metros (9 m) de calzada, un metro con cincuenta centímetros (1,50 m) de acera y un metro (1 m) de franjas verdes.

III.2.6.3 Secundarias: Aquellas vías colectoras de las vías internas de la urbanización, tendrán un derecho de vía de 10 m, la calzada será de 7 m y el resto se repartirá entre aceras y zonas verdes.

III. 2.6.7 Peatonales:

III.2.6.7.1 Alamedas o senderos peatonales: Tendrán un derecho de vía mínimo de 6 m con acera de 2 m al centro y el resto para zonas verdes. Cuando tengan salida a dos calles vehiculares su longitud podrá ser de 200 m; si no, la longitud máxima será de 135 m.

III.2.6.7.2 Cuando la distancia entre dos vías vehiculares sea mayor de doscientos cuarenta (240) metros, deberá subdividirse el bloque mediante un espacio abierto para producir un paso peatonal intermedio no menor de 6,00 m de ancho.

Para las nuevas aceras existe una variedad de materiales, entre los más comunes son las de concreto colado en sitio o convencional con juntas de expansión. Las aceras deben contar con un espesor mínimo requerido de 7 cm. Sin embargo, cuando hay acceso a garajes debe ser al menos de 10 cm y puede construirse sobre una subbase granular de al menos 15 cm, esto según Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) (s.f.). Para las aceras existentes, se deben mejorar las de estado regular, si son de otros materiales se le pueden realizar las mejoras necesarias mientras cumplan con los requerimientos mínimo. Mientras las que se encuentran en mal estado se deben construir en su totalidad con concreto colado en sitio o convencional, con el fin de brindarle a las personas un espacio más seguro de tránsito. Asimismo, en relación específica con las aceras, el “Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones” (Así reformado por acuerdo de Junta Directiva, en su sesión N° 3773 de 17 de noviembre de 1986) en su “CAPÍTULO III URBANIZACIONES” especifica lo siguiente:

III.2.8.1 El acabado de las aceras será antideslizante.

III. 2.8.2 No se permitirán gradas en las aceras, salvo en las vías peatonales.

III.2.8.3 La pendiente en el sentido transversal tendrá como máximo el 3% y como mínimo el 2%.

III.2.8.4 En el caso de acceso vehicular a los predios, el desnivel debe salvarse con rampas construidas en la franja verde. Cuando esta no exista, la rampa se deberá resolver en una longitud máxima de cincuenta centímetros (50 cm.). Los desniveles que se generan en los costados también deberán resolverse con rampas de pendiente no mayor en un 30% de la que tiene la acera.

En cuanto a la implementación de franjas verdes, el “Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones” (Así reformado por acuerdo de Junta Directiva, en su sesión N° 3773 de 17 de noviembre de 1986) hace mención a las siguientes pautas:

III.2.9.2 Cuando las franjas verdes no sean iguales en ambos lados de la calzada, la franja más angosta deberá colocarse en el lado en donde se ubiquen las líneas eléctricas.

III.2.9.2.1 Cuando las franjas verdes no sean iguales en ambos lados de la calzada, la franja más angosta deberá colocarse en el lado en donde se ubiquen las líneas eléctricas.

El uso de rampas es otro factor de gran importancia, ya que son mecanismos que colaboran con que cualquier persona pueda transitar de una manera segura y que si además, posee alguna discapacidad pueda hacerlo con la mayor independencia posible; en este caso, al igual que en en los puntos anteriores, el Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamientos y Urbanizaciones, señala en capítulo III.2.11 Rampa en esquinas:

En todas las esquinas se construirán rampas de longitud igual al ancho del área verde para salvar el desnivel existente entre la calle y la acera. Estas rampas deberán tener un ancho mínimo de 1,20 m. ser de material antideslizante, tener una estría de 1 cm. de profundidad mínima cada 10 cm. y estar ubicadas fuera de la sección curva de la intersección.

Según el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) (s.f.) en su “Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público en Costa Rica”, las aceras están compuestas básicamente por cuatro franja principales, las cuales son indispensables para garantizar espacios seguros y adecuados para la población:

- Franja de circulación: espacio destinado al tránsito peatonal y de personas con discapacidad.
- Franja táctil: espacio disponible para la instalación de elementos táctiles como guía y prevención para personas con discapacidad. Dependiendo de la localización de las aceras y los estudios de circulación de personas con discapacidad se determina la necesidad o no de la instalación de dicha franja la cual queda a criterio del diseñador. (p.70)

- Franja de mobiliario: área entre el espacio de circulación y la calzada, se usa en la vegetación y el mobiliario urbano.
- Franja para ciclovía: espacio destinado a la circulación de bicicletas. Esta franja se localiza entre el área de circulación y el de mobiliario, o adosada a la acera por fuera del mobiliario; entre este y la calzada o. en algunos casos en las islas divisorias. (p. 71)

Con respecto a las baldosas táctiles, según la norma INTE W17 2022, se deben colocar en las aceras, tanto existentes como nuevas, las baldosas táctiles que funcionan como guía para las personas con distintas discapacidades, permitiendo así la inclusividad de todas las personas. La señalización sobre superficies horizontales, según el patrón en relieve para guía, debe estar constituida por elementos de referencia tipo barras o franjas se deben colocar los altorrelieves orientados siempre indicando la dirección longitudinal de la marcha en un recorrido, nunca en sentido opuesto ni transversal.

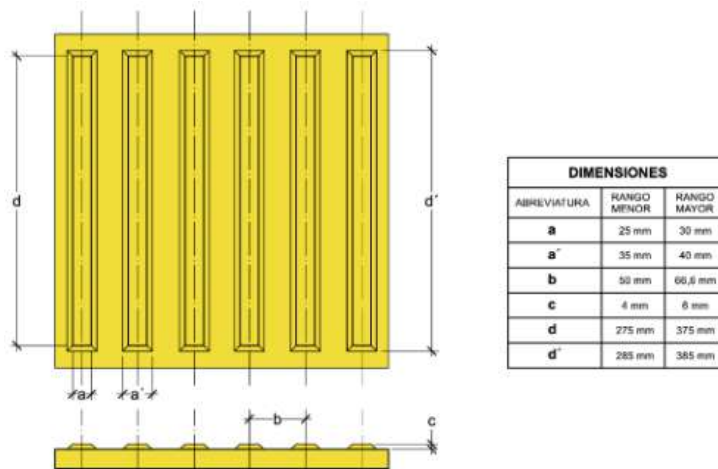


Figura 19. Patrón en relieve para guía (medidas en milímetros).
Fuente: INTE W17 2022

Otra de los elementos importantes son las losetas táctiles para prevención; estas deben estar constituidas por elementos de referencia tipo puntos o unidades circulares que presenten un sobre relieve de conos truncados sin aristas vivas, bajo un ordenamiento ortogonal o en cuadrícula.

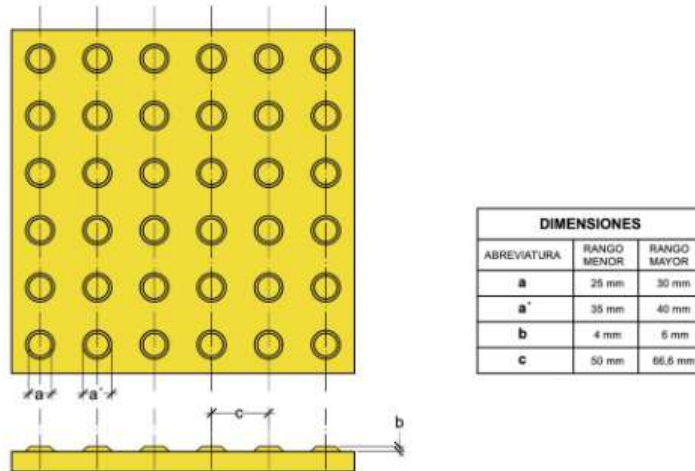


Figura 20. Patrón táctil para prevención y advertencia de peligro (medidas en milímetros).
Fuente: INTE W17 2022

Para las esquinas, lugares peligrosos como por ejemplo gradas, elevaciones, pasos peatonales, entre otros puntos similares, se deben indicar mediante varias losetas de prevención. Dependiendo de lo que se desee, se indica así su uso. Se adjunta una imagen de la bifurcación en una dirección.

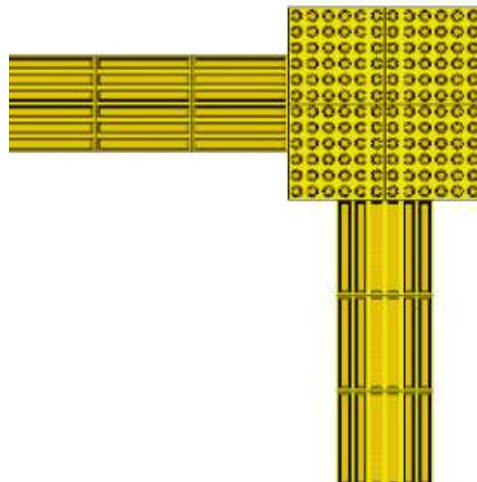


Figura 21. Bifurcación en una dirección.
Fuente: INTE W17 2022

Es importante que en la entrada/ salida de vehículos se diseñen estas, tal como se muestran en la siguiente imagen, permitiendo brindar información al usuario sobre la existencia de peligro.

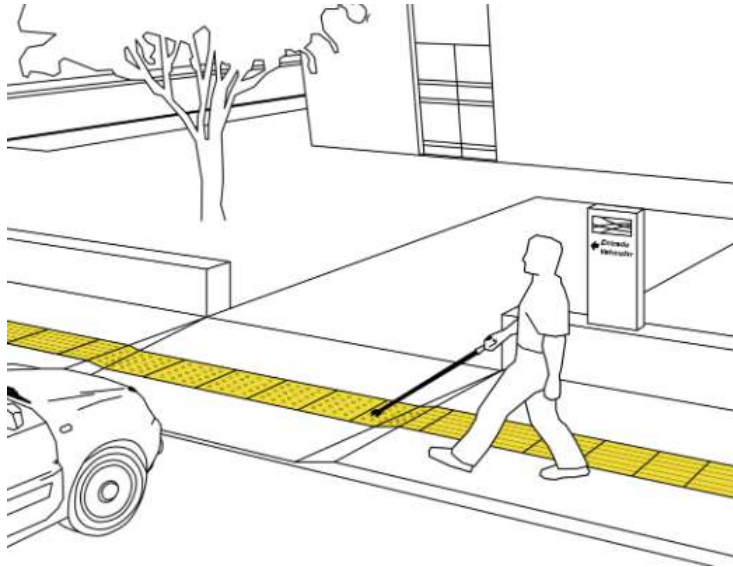


Figura 22. Uso de la señalización en relieve sobre salidas y entradas vehiculares.

Fuente: INTE W17 2022

Intermodalidad

La intermodalidad busca integrar el uso del transporte público con la movilidad en bicicleta y peatonal, logrando la optimización de los viajes, reduciendo la congestión vial y el uso de vehículos automotores, ayudando, además, al medio ambiente. La integración de estos distintos medios de transporte de una manera adecuada, es decir, planificando y gestionando cada intervención a realizar, posee una serie de fortalezas citadas por el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011e) entre las cuales sobresalen las siguientes:

- Reducción del tiempo de viaje de puerta a puerta, logrando que la incorporación de la bicicleta y el transporte público sea más eficiente que el uso de vehículos.
- Mejor acceso al transporte público para los usuarios.
- Garantizar aumento de capacidad de los medios de transporte público, ya que, la implementación de programas efectivos incrementaría los usuarios de estos.
- Se reduce la necesidad de autobuses de pequeña capacidad, debido a que se busca incrementar el transporte masivo, para transportar volúmenes más grandes de usuarios.

Es recomendable el uso de la bicicleta en trayectos menores a 10 km, debido a que se logran viajes eficientes y en poco tiempo; en distancias superiores, se adecua más el transporte público.

Accesibilidad al transporte público

Lograr una incorporación adecuada de los viajes en bicicleta y el transporte público, requiere entender el desplazamiento que seguiría un usuario al momento de salir de un punto de origen

hasta llegar a su destino, y viceversa, mediante el uso de la bicicleta y el transporte público. El Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011e, p. 20) se refiere a la cadena de desplazamiento de la siguiente manera:

- Acceso: desplazamiento libre y sin obstáculos en bicicleta desde el origen hasta el estacionamiento de bicicletas, el cual debe estar ubicado en la estación del transporte público, para facilitar el cambio de medio de transporte.
- Estacionamiento: espacio que permite dejar la bicicleta en un lugar seguro, para luego utilizarla al regresar de su viaje.
- Caminata y espera: tiempo destinado a caminar a la plataforma del transporte público, comprar boleto (en caso de ser necesario) y esperar el tren o autobús.
- Transporte público: desplazamiento por medio de vehículos destinados a uso público.
- Caminata: transcurso necesario para bajar del transporte público y caminar al estacionamiento de bicicleta.
- Egreso: desplazamiento por medio de la bicicleta desde el estacionamiento hasta el destino final.

Como se puede observar a lo largo del recorrido de una persona desde su origen hasta su destino, utiliza de manera integral la infraestructura vial, inicialmente en su viaje en bicicleta, necesita contar con áreas destinadas a su uso, para que su viaje sea cómodo y seguro, asimismo, el transporte público también debe brindarle confort, así como ser eficiente con los tiempos y servicios brindados. El transporte público debe contar con elementos físicos que apoyen la accesibilidad a los ciclistas, para facilitar el transporte de las bicicletas en caso de ser necesario y movilización; por ejemplo, el uso de rampas para bicicletas en escaleras.

Estacionamiento para bicicletas

La implementación de biciparquesos a lo largo de las rutas ciclistas representa un papel fundamental en el impulso del uso de este medio no motorizado, con la finalidad de aumentar la seguridad de las bicicletas, evitando robos o daño hacia estas, desencadenando conflictos y generando sensaciones de intranquilidad hacia el uso de la bicicleta.

En relación con los tipos de biciparquesos que se pueden implementar, el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011e) cita los que se muestran en seguida:

- Con o sin vigilancia: se debe considerar lejanía de los sitios de interés, reportes de robos o inseguridad del sitio, así como ausencia de las personas a dejar su bicicleta en lugares sin vigilancia, porque si no genera seguridad a la población no serán utilizados, por lo que se tendrían que implementar parqueos bajo vigilancia; “se pueden colocar armarios para bicicletas, los cuales son muebles protegidos que sirven para guardar sólo una bicicleta y no requieren de asistencia humana, ya que es a través del pago de una renta de acceso exclusivo para cada ciclista” (Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011e, p. 38)

- De paga o libre de costo: al inicio de la implementación de planes de movilidad ciclista, parte de sus incentivos es el uso de parqueos gratis que lograrán ser llamativos para la ciudadanía.
- Cubierto o al aire libre: lo ideal es que se encuentren protegidos de las afectaciones ambientales, como la lluvia o el sol, factores que pueden ocasionar el deterioro de las bicicletas.

A continuación, se muestran una serie de opciones para implementar en áreas de estacionamiento para bicicletas.



Figura 23. Estacionamiento tipo U invertida para bicicletas
Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/228135537362195050/>



Figura 24. Estacionamiento vertical para bicicletas
Fuente: <https://es.garageage.com/blogs/garage-storage/options-for-bike-storage>



Figura 25. Estacionamiento multinivel para bicicletas
Fuente: <https://www.bikesafe.es/product/61>



Figura 26. Estacionamiento tipo casillero para bicicletas
Fuente: <https://pin.it/305jlx>

Sistemas de bicicletas públicas

Un sistema de bicicletas públicas es una manera de incentivar el uso de estas como medios de transporte en centros urbanos. En la mayoría de casos son los gobiernos locales los encargados de asumir esta responsabilidad, así mismo no se puede dejar de lado que la implementación de este tipo de sistemas debe ir de la mano con la planeación y correcta gestión; lo ideal es que un sistema de estos se integre a los otros medios de transporte público: “una adecuada integración de los servicios de transporte modalidad autobús, ferrocarril y medios no motorizados, debe permitir una reducción de los tiempos de viaje, brindando una infraestructura adecuada, segura e inclusiva” (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2018, p. 88), bajo esa premisa es claro que se deben coordinar distintas instituciones y entes públicos para poder lograr redes integrales y eficientes.

A pesar de las grandes ventajas que puede significar la implementación de este tipo de proyectos, en Costa Rica se han realizado esfuerzos para poner en práctica sistemas de bicicletas públicas, pero debido a la falta de cultura entorno al cuidado y uso responsable de estas, no han resultado ser proyectos exitosos. Según lo esclarece Chacón (2022), al menos un 80 % de las bicicletas que fueron parte del proyecto implementado por Omni y la Municipalidad de San José, fueron vandalizadas de alguna manera entre finales del 2020 e inicios del 2021, dejando más que claro que no basta con simplemente crear la infraestructura e implementar proyectos que han resultado exitosos en otras ciudades, sino que debe darse un proceso de educación y promoción para que la ciudadanía forme parte del proceso, y con esto se logre interés y respeto por su uso.

Educación y promoción

El éxito de la realización proyectos como el presente, implica una planificación exhaustiva que tome en cuenta a la población civil que se verá involucrada, impulsando campañas educativas que busquen un cambio cultural en cuanto al uso de medios de transporte no motorizados; es clave iniciar desde los más pequeños, con el apoyo de las escuelas, el Ministerio de Educación de la Ciudad de Buenos Aires (2014), Argentina, hace mención a la importancia de aclarar el rol que tienen las escuelas acerca la educación enfocada en la movilidad sostenible, sin embargo, la responsabilidad también recae en los medios de comunicación y la publicidad, ya que, desde los niños hasta los adultos día a día son impactados con gran cantidad de información que lamentablemente no se enfoca en conscientizar y fomentar un pensamiento mucho más crítico que permitan a la población reflexionar acerca de la importancia de crear hábitos que incentiven el uso de espacios de movilidad sostenible.

El Ministerio de Educación de la Ciudad de Buenos Aires (2014), Argentina reconocen como principal objetivo de la educación para la movilidad sustentable la posibilidad de crear:

- ciudadanos responsables, autónomos y respetuosos de las normas y los derechos de las demás personas;
- personas reflexivas, respetuosas del medio ambiente y comprometidas con la construcción de una ciudad más justa;
- sujetos capaces de reconocer los problemas esenciales de la movilidad;
- transeúntes conscientes de las responsabilidades individuales, sociales y políticas en la movilidad;
- ciudadanos capaces de ejercer una ciudadanía política, mediante la participación y el entendimiento del rol del Estado como garante de los derechos de las personas.

Un claro ejemplo de esto es el sistema educativo de en Alemania, en donde, según lo menciona Pucher y Dijkstra (2003) a la edad de 10 años, todos los escolares han recibido una amplia instrucción sobre prácticas seguras para caminar y andar en bicicleta. Se les enseña no solo las normas de tránsito, sino también cómo caminar y andar en bicicleta a la defensiva, anticiparse a situaciones peligrosas y reaccionar adecuadamente.

En el “Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta 3.0” se afirma que el motivar el uso de la bicicleta en niños, niñas y jóvenes es un mecanismo en donde “se sientan las bases para una movilidad sostenible en la edad adulta, y la bicicleta se convierte en algo cotidiano en todas las fases de su vida” (Ministerio Federal de Asuntos Digitales y Transporte, 2022, p.19). Por otro lado, se menciona la importancia de crear campañas que se adecuen a las personas a quienes se quiere impactar, es decir, tanto a los usuarios de este tipo de medios de transporte como a futuros potenciales que aun no se decantan por el uso de la bicicleta.

Finalmente, el Ministerio Federal de Asuntos Digitales y Transporte (2022) hace mención a la importancia de pensar a futuro, y de cómo se deben crear estrategias que aseguren el uso de estos medios de transporte a largo plazo; en el “Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta” especifican que:

Una formación integral en materia de movilidad incluyendo informaciones sobre la utilidad para la salud del uso de la bicicleta así como unas vías aptas para la bicicleta y seguras de camino a la escuela y a las zonas de recreo hacen que los jóvenes se acostumbren a ir en bicicleta de manera regular y responsable. Esa es la base necesaria para que también más adelante en sus vidas la bicicleta continúe siendo parte de su día a día (p.45)

A continuación, se puede observar una afirmación en cuanto a la importancia de implementar programas educativos, pues, como se puede observar en la siguiente figura, según el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011b) al menos un 25 % de los gastos orientados a la creación de programas de movilidad no motorizada, deberían estar enfocados a la educación y la adecuada promoción de uso de estos medios de transporte.

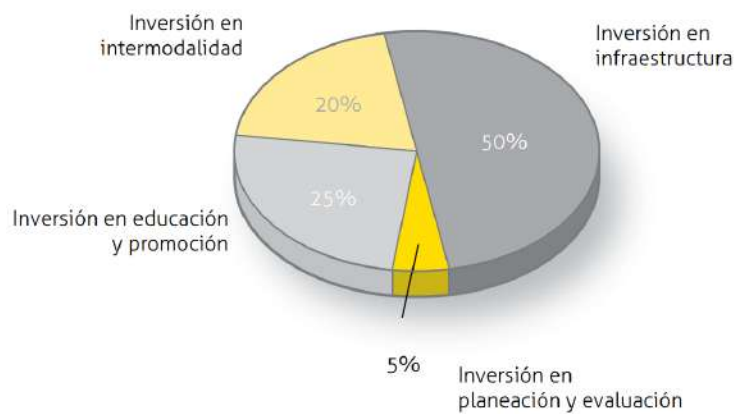


Figura 27. Distribución de gasto

Fuente: Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011b)

Alcances y limitaciones

Alcances

El alcance de estudio del presente proyecto se centra en el cantón de El Guarco, específicamente en los distritos de El Tejar, Tobosi y San Isidro, sectores en los que se realizaron los distintos estudios para conocer y caracterizar el flujo ciclista y peatonal. No obstante, hubo interés en algunas zonas aledañas al cantón, el caso de Guadalupe, Quebradilla y el sector sur de Occidental. Estos se consideran puntos de interés debido a que poseen lugares a los que viajan residentes de El Guarco y, por ende, resulta conveniente considerar la creación de acuerdos que posibiliten brindar una red vial completa y segura para que las personas puedan realizar los respectivos viajes.

Los datos del presente proyecto fueron recopilados entre finales del 2021 e inicios del 2022. Estos resultaron conforman un espectro diverso de información debido a que su obtención se obtuvo mediante distintos grupos de taller de diseño. Con respecto a los conteos manuales y automáticos, estos fueron realizados en puntos estratégicos, en 6 distintas partes, y cada grupo del curso procuró realizar varios puntos para obtener mayor cantidad de datos e información.

Los tramos propuestos en este plan de infraestructura ciclista y peatonal fueron planteados tomando en cuenta puntos de interés, como por ejemplo colegios, escuelas, ebais, zonas de trabajo, entre otros, para así aumentar la cantidad de beneficiados con esta infraestructura y propiciar que su uso sea el esperado. El alcance de la priorización de los tramos se basó en 4 factores: seguridad vial/ciudadana, conectividad entre sectores, cantidad de usuarios actuales y el uso de zonas residenciales; por supuesto, cabe resaltar que influyeron otra serie de factores, sin embargo, en este proyecto los mencionados fueron los considerados de mayor importancia. Se trabaja de este modo un plan maestro de movilidad con el que se busca plantear las bases para un plan de movilidad en el cantón; en este no se incorporan temas legales ni de diseño de infraestructura detallado debido a que el plan propuesto se encuentra basado en observaciones y resultados, mostrando aspectos técnicos a nivel de anteproyecto.

Resulta importante mencionar que el diseño de la infraestructura con detalle constructivo, los detalles de ampliación de puentes, soluciones de alcantarillados, y demás intervenciones con detalles específicos, no forman parte del alcance de este proyecto. Es necesario contar con información detallada de levantamiento topográfico, vías, alcantarillas existentes, entre otros para lograr diseño a nivel de proyecto. Las intersecciones y propuestas transversales se formulan con el fin de ejemplificar la forma en la que podría ser posible su realización cumpliendo mínimos y normativa, mas no se pretende trabajar diseños constructivos.

El presupuesto propuesto es global con una aproximación por precios unitarios para poder plantear los tramos y priorización. El alcance de este punto es lograr establecer un costo por kilómetro lineal aproximado por tipo de infraestructura. Se asignaron porcentajes en otros costos para asemejar el presupuesto a la realidad, con imprevistos, mano de obra, maquinarias, y demás elementos.

Limitaciones

El proyecto estuvo basado en un elevado porcentaje de la información existente de los talleres de diseño realizados durante el II semestre del 2021 y el I semestre del 2022 por los estudiantes de dicho curso. Por lo tanto, los datos de los sectores no fueron tomados de una misma época al existir factores climáticos que varían y que provocan que los datos no se puedan comparar en su totalidad entre ellos, pues los comportamientos varían según las épocas en las que se tomaron. Además, ninguno de los sectores fue estudiado por un periodo total de un año para poder conocer el comportamiento real de las vías en largos periodos.

Además, esta información de los talleres resultó ser una limitante debido a que los datos existentes, recopilados y propuestos por estos estudiantes eran muy diversos y no poseían un mismo formato, es decir, algunos proyectos contaban con cierta información y otros con otra disímil, por lo cual los vacíos de información fueron considerables. Al contar con la información de esta manera, lograr unificarla no tuvo el éxito esperado. Hubo datos que se tuvieron que consultar con el técnico del CIVCO y otros no se obtuvieron.

Los conteos recolectados manualmente por los estudiantes de seis grupos distintos del curso de taller de diseño, en estos algunos detallaban más datos que otros; por ejemplo, la ruta hacia donde se dirigían las personas, sus propósitos, entre otros datos, con lo cual algunos grupos de trabajo hicieron más puntos y encuestaban a más personas que el resto. En estas encuestas y conteos manuales la dificultad fue mayor debido a la imposibilidad de encuestar a todas las personas o lograr la contabilidad de todas las horas del día por 7 días, por ejemplo. Es decir, la información obtenida resultó de un nivel de confiabilidad menor al esperado debido a las situaciones ya mencionadas, en su mayoría serían difíciles de solucionar.

Referente a la información existente, de igual manera, la municipalidad contaba con información de interés pero no en su totalidad; dada esta realidad, hubo mediciones que se realizaron de forma manual para obtener una aproximación, por lo cual, existen márgenes de error en las mismas.

Con respecto al equipo implementado para los conteos automáticos, existen fuentes de error propias del equipo que fueron observados en los datos obtenidos. Con respecto al caso de las clases 14 y 15, las motocicletas y bicicletas, el dispositivo en ocasiones no distinguía entre estos vehículos, de modo tal que si se trataba de una motocicleta transitando en la vía podría ser considerada a nivel de registro como una bicicleta, o viceversa; asimismo, al pasar más de un ciclista, estos pudieron ser reconocidos como un único usuario, aunque en realidad el número de sujetos fuera mayor al registrado. Aunado a esto, el equipo posee dos mangueras que registran el paso de los motorizados y no motorizados dependiendo de su colocación, de la forma de pasar de los vehículos y de las condiciones en general, puede que se muevan perdiendo su colocación idónea y provocar que los datos no se registren o existan fallos en los mismos. Para esta ocasión muchos datos fueron descartados debido a este posible fallo mencionado anteriormente. Aunado a esto, cabe mencionar que para el caso de la Ruta Nacional 2, al tratarse de una ruta nacional con gran cantidad de tráfico vehicular, no fue posible colocar contadores automáticos debido a que se necesitaba un mayor protocolo, equipo y cuidados respectivos.

Otra limitante en el desarrollo del proyecto fue la falta de información de las carreteras actuales para poder conocer, en el caso de las ciclovías segregadas, cuánto terreno debía ser extraído

para la construcción de la infraestructura, es decir, poder conocer con exactitud estos valores, sustanciales a la hora de realizar el presupuesto para ejecutar una aproximación lo más real posible, al costo del proyecto. En este caso, el presupuesto se desarrolló de manera global, pues era imposible poder construirlo de manera detallada debido a la falta de información detallada del área de estudio.

Metodología

A continuación, se presentan los métodos que se plantearon a seguir para lograr cumplir con el objetivo planteado en este proyecto, el cual consistió en el desarrollo de una propuesta plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en los sectores del Distrito de El Tejar y conexión a los cascos urbanos de los distritos de Tobosi y San Isidro del cantón El Guarco, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033.

En la siguiente figura se muestra de manera gráfica la secuencia de actividades realizadas en el desarrollo del proyecto.

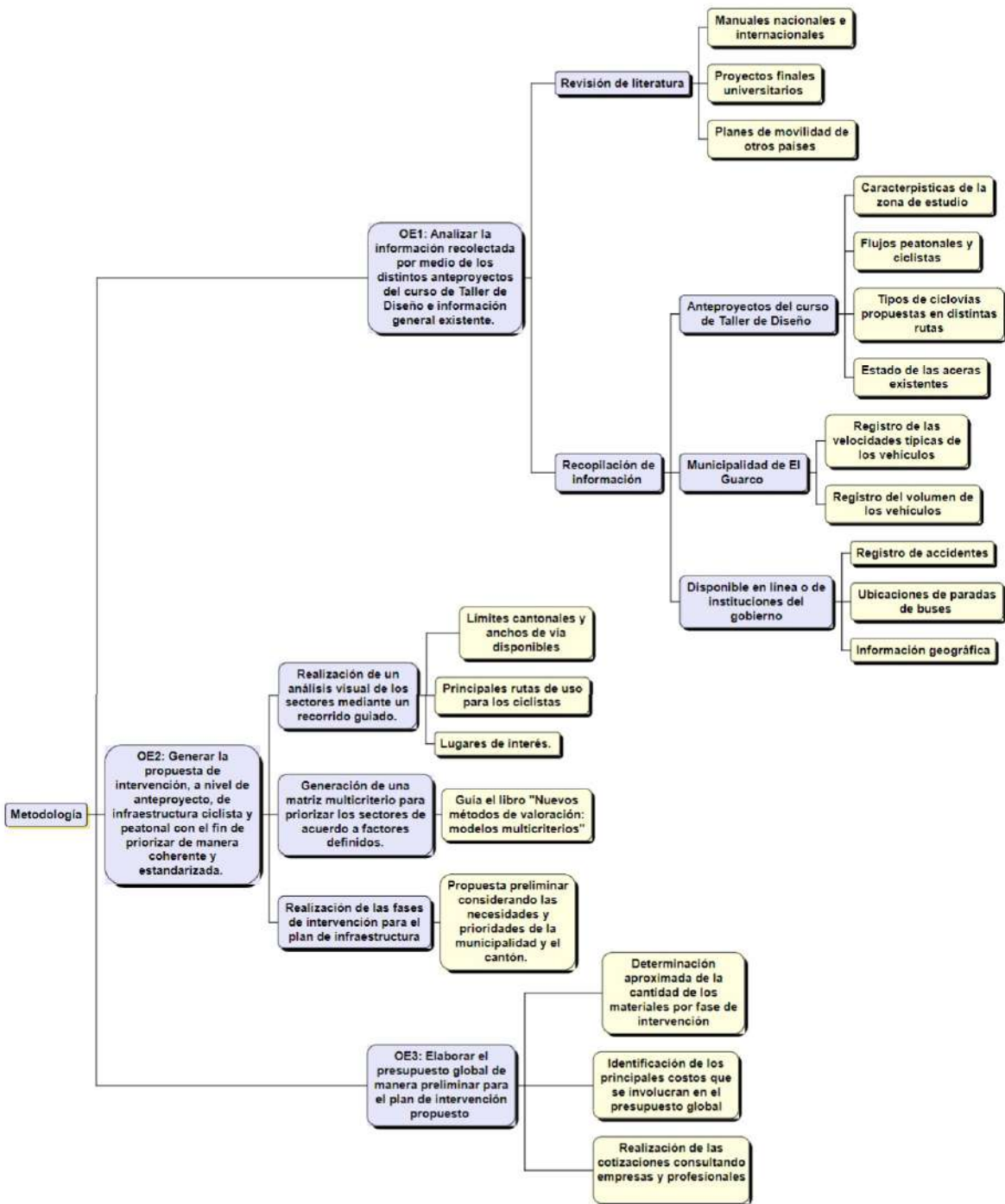


Figura 28. Secuencia de actividades realizadas en el presente proyecto
 Fuente: Elaboración propia, WBS Schedule Pro

De acuerdo con los objetivos planteados, se desarrolló el plan metodológico, el cual consiste en:

OE1: Analizar la información recolectada por medio de los distintos anteproyectos del curso de Taller de Diseño e información general existente.

- **Revisión de literatura:** Se realizó una investigación teórica en la cual inicialmente se recopiló información de fuentes confiables con literatura técnica y científica de distintos manuales e informes nacionales e internacionales, por ejemplo la Guía Técnica de Diseño para infraestructura ciclista del MOPT-03-05-01-0917-2019, donde se abarcan temas de estudios preliminares, metodologías de diseño, criterios geométricos, intersecciones, señalización, entre otros puntos de interés. También el “Informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible 2018, Movilidad Peatonal y en Bicicleta en Costa Rica” donde se enfoca en la situación actual y dejar en evidencia que se debe realizar y de ahí partir para crear un ambiente compartido entre la movilidad motorizada con la no motorizada. También se incluye el “Manual Integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Mexicanas del Instituto de políticas de Transporte y Desarrollo” (ITDP). Además, se encuentra la “Guía de Inventario y Evaluación de aceras de PITRA”, como se indicó, el objetivo incluye la parte peatonal que con materiales como este se logran conocer los principales puntos de interés para evaluar y diseñar las aceras necesarias. Estos son algunos de los documentos indagados, pero, en general, se hizo uso de muchos más. Cabe mencionar que se revisaron planes de movilidad propuestos por otros países donde se han implementado distintas estrategias para lograr que la inclusión de movilidad no motorizada sea exitosa, por ejemplo, de Chile, México, Holanda y España.
- **Recopilación de información:** Esta actividad se realizó mediante tres formas: la primera fue una recopilación de información de los anteproyectos del curso de Taller de Diseño, los cuales consistieron en 6 proyectos cada uno con un sector diferente del cantón de El Guarco. En este curso, cada grupo realizó una caracterización de la zona de estudio, datos de flujos peatonales y ciclistas, el estado de las aceras existentes y al final propusieron una serie de recomendaciones relacionadas con infraestructura peatonal y ciclista en distintas rutas. El objetivo en este punto fue unificar la información existente para generar en el programa de QGis una muestra general de información que para se lograra aprovechar para este proyecto. Parte de esta información fue realizada con equipo y guía del CIVCO, por lo tanto, se tuvo contacto directo con personal del lugar para poder obtener datos de los talleres que en los informes no se encontraban en su totalidad. También se contó con información a la municipalidad de El Guarco a los cuales se les solicitó un registro de las velocidades típicas de los vehículos y el volumen de los vehículos. Además, fue suministrado información de interés que la institución poseía. Por último, el uso de información disponible en línea o de instituciones del gobierno que, por supuesto, resultaron de mucha ayuda en el proceso, algunos fueron los registro de accidentes para conocer la inseguridad de tránsito en la zona, ubicaciones de paradas de buses e información geográfica necesaria.

OE2: Generar la propuesta de intervención, a nivel de anteproyecto, de infraestructura ciclista y peatonal con el fin de priorizar de manera coherente y estandarizada.

- Se realizó un recorrido guiado en compañía con la Arquitecta Ercilia Gómez Vega, donde se realizó un análisis visual de los principales sectores que ella como encargada del proyecto considera de interés. Entre estos sectores se mencionaron algunas escuelas, colegios, ebais, centros de cuidado de menores, el lugar del proyecto del mercado agropecuario, viveros y entrada al parque industrial, entre otros. En este recorrido se identificaron los límites cantonales y cómo estos deben unirse a ciclovías aledañas para que el proyecto sea más completo. Además, se fueron observando los derechos de vía disponibles en cada ruta para valorar el proponer tipos de ciclovías en esas rutas, considerando en sectores que solo se puede compartida, por ejemplo, por la falta de espacio y en otras hay más posibilidades. De esta manera, se logró definir de forma preliminar las principales rutas que los ciclistas podrían usar tomando en cuenta los datos obtenidos del objetivo uno. Para este proceso, se utilizó el programa de QGis donde se colocaron las principales rutas. En este punto se realizó el presupuesto global de la obra con el fin de poder trazar las rutas con relación al presupuesto que la municipalidad posee por año para esta obra y que la priorización se ajustara a este factor.
- Con las rutas preliminares, se procedió a realizar la priorización de las rutas mediante la generación de una matriz multicriterio de acuerdo con factores definidos. Para el desarrollo de esta matriz realizamos una reunión con el Ingeniero Álvaro Murillo Navarro, el cual actualmente está desarrollando su tesis de maestría donde utiliza una metodología similar a la propuesta para este proyecto. El ingeniero Álvaro Murillo nos brindó su ayuda y guía en este tema para definir los factores y hacer uso de la matriz elaborada por su persona. Haciendo uso del programa Microsoft Excel y el libro “Nuevos métodos de valoración: Modelos Multicriterios” de Aznar y Guijarro (2005). Los factores que se tomaron en cuenta para esta metodología fueron: la conectividad entre sectores, seguridad ciudadana y vial, cantidad de usuarios actuales y el uso de residenciales.
- Teniendo la priorización realizada se procedió a proponer las fases de intervención para el plan de infraestructura ciclista y peatonal definitiva. De igual manera, estas fases, al igual que la priorización fueron consultadas a la arquitecta de la municipalidad para conocer su opinión y si lo planteado es lo esperado para la institución y de interés del cantón.

OE3: Elaborar el presupuesto global de manera preliminar para el plan de intervención propuesto.

- Para este proyecto primeramente se determinó de manera general los materiales necesarios en la infraestructura ciclista propuesto. Se definieron los materiales necesarios por tipo de infraestructura para poder establecer un costo de kilómetro cuadrado por cada uno. Cabe mencionar que el presupuesto se realizó de forma aproximada, por ejemplo, las señales necesarias fueron contabilizadas de forma general, al igual los posibles pasos peatonales, cruces y demás, aunque se consideran que estos son variables ya en la obra. Con los materiales se procedió a realizar la investigación de los talleres y proyectos de graduación previos.

- Además de lo mencionado, se le asignaron porcentajes de valores indirectos, mano de obra, imprevistos, permisos, entre otros costos para poder considerar la mayor cantidad de elementos en el presupuesto. Cabe mencionar que en este caso no se consideraron por ejemplo los costos de excavación y relleno, arreglo de alcantarillas, entre otros, porque no se posee la información y no es tan detallado, o el caso de los elementos totales de intersecciones. Para la elaboración del presupuesto fue usado el programa de Microsoft Excel para generar una base de datos y que se pueda tener acceso de manera fácil.

Resultados

Caracterización de la zona

Aspectos generales

El sector de estudio en este proyecto se desarrolla en interés del cantón de El Guarco, siendo este ubicado en 09° 43'57" latitud norte y 83° 54'51" longitud oeste. Limita al Noroeste, Norte, Noreste, Este y Sureste con el cantón de Cartago, al sur y suroeste con el Cantón de Dota y al Oeste con el Cantón de Desamparados (Municipalidad de El Guarco, 2016). Este cantón, además, cuenta con una superficie total de 167,69 km², el cual se encuentra dividido en 4 distritos los cuales son: El Tejar, Tobosi, San Isidro y Patio de Agua. En la siguiente figura se muestra las distribuidos geográfica y la altitud máxima de cada distrito.

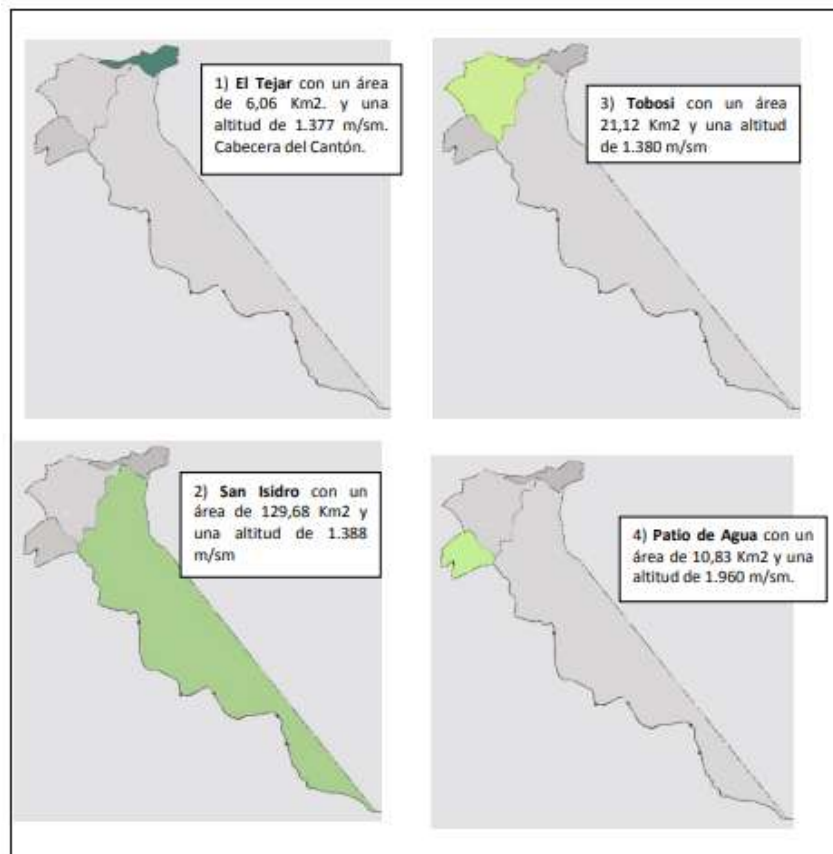


Figura 29. División territorial del cantón de El Guarco.
Fuente: Municipalidad de El Guarco (2016).

Asimismo, limita con los otros cantones y, por ende, algunos distritos de interés como lo son Quebradilla, Occidental, Agua Caliente y Guadalupe que en el sector de interés se ven involucrados en cierta proporción algunos de los mencionados. En la siguiente figura se muestra el área de estudio con un borde rojo difuminado (de esta forma se seguirá mostrando en los mapas) y los distritos mencionados.

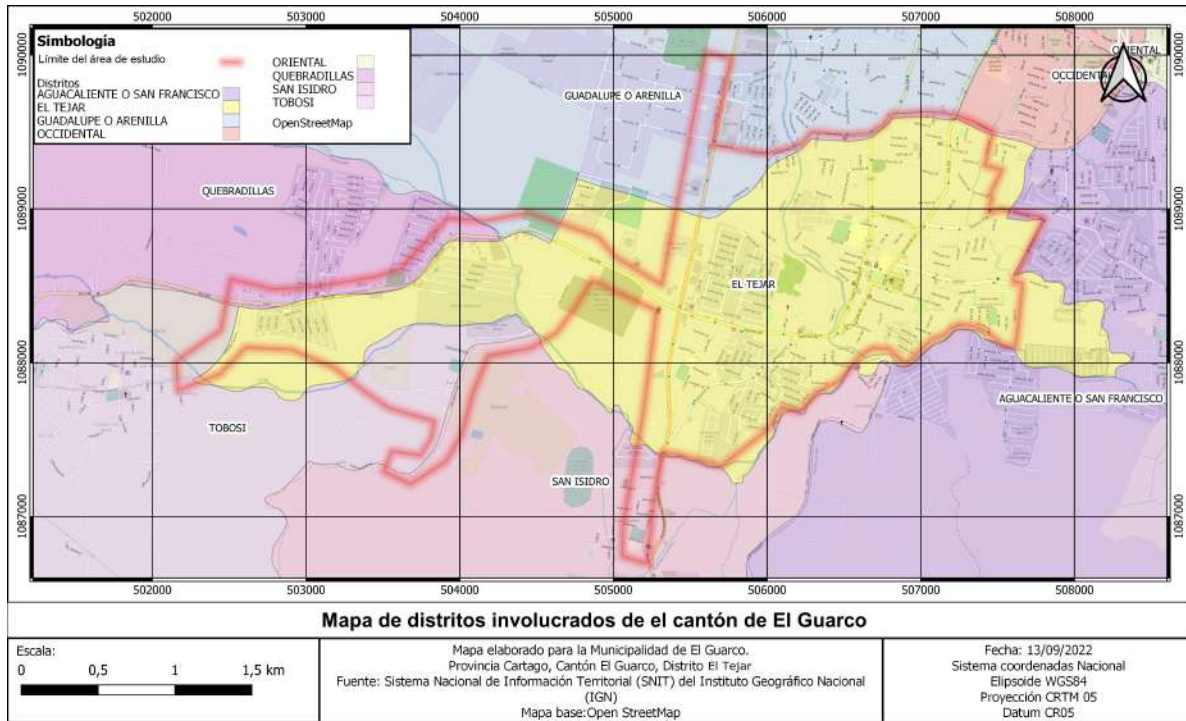


Figura 30. Mapa del sitio de estudio en la zona urbana de el cantón de El Guarco y alrededores Fuente: Municipalidad de El Guarco (2016).

En este sector se encuentran rutas primarias y secundarias de la red vial nacional, así como calles municipales que conforman la red vial del cantón. En este caso, la principal es la Ruta Nacional 2 y la secundaria es la Ruta Nacional 228, que conecta San Antonio de Corralillo con la ciudad de Cartago pasando por el centro de El Tejar.

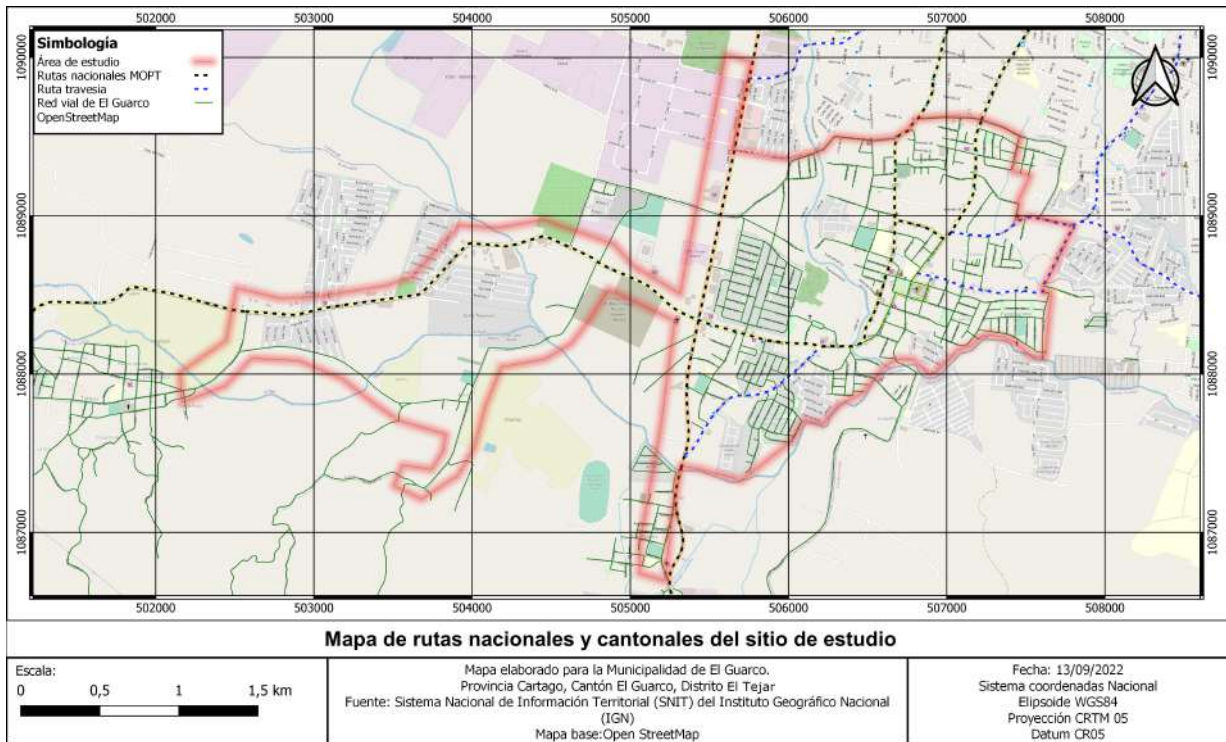


Figura 31. Mapa de rutas nacionales y travesías en el sitio de estudio.
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Topografía

La topografía en el país se puede generalizar como montañosa, aunque claro está que existen distintas formas de relieve como las llanuras, valles, planicies, volcanes y demás. Para conocer la forma de relieve del sector de estudio se analizaron las curvas de nivel identificando que son bastantes planos los distritos involucrados. En la figura colocada a continuación es posible identificar cómo los distritos no presentan mayores elevaciones.

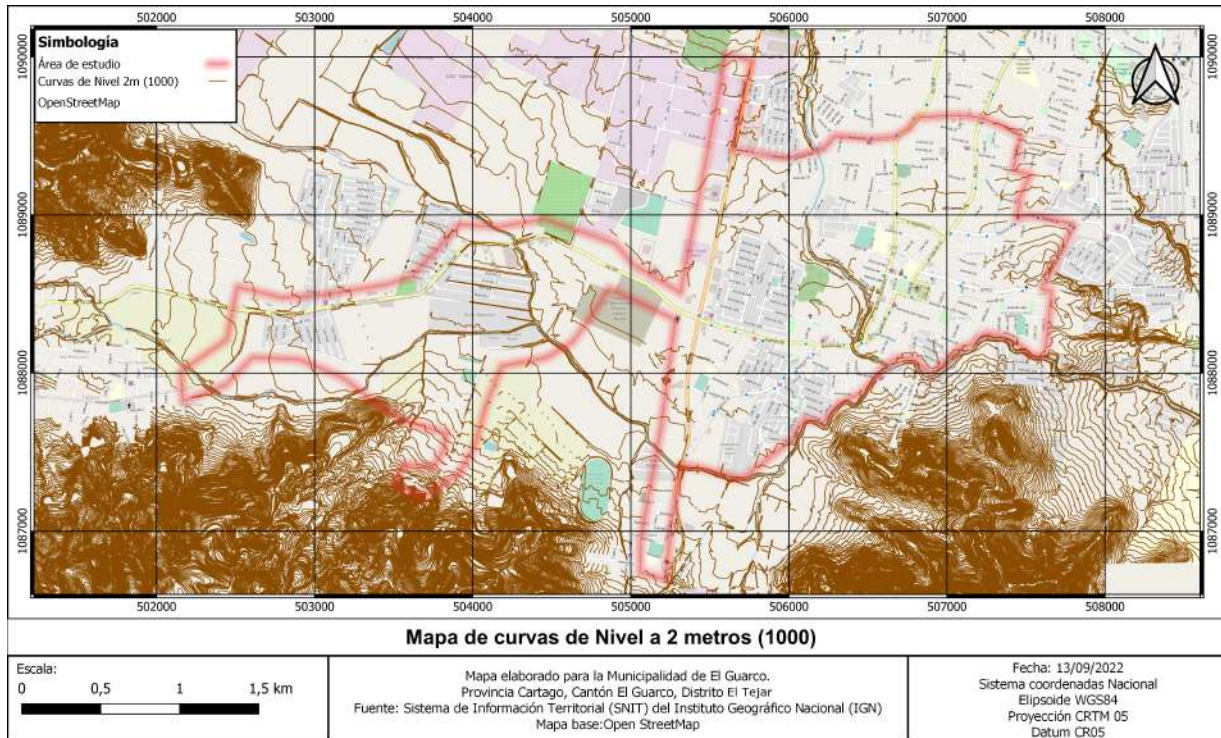


Figura 32. Mapa de curvas de nivel a 2 metros (1000).
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Riesgos naturales

Como parte de la investigación realizada en este sector, se consideró necesario conocer los principales riesgos naturales que se presentan para considerar la viabilidad de proponer una ruta para los ciclistas. En este sector se considera que uno de los posibles desastres que mayor impacto pueden tener son las inundaciones por la cantidad de ramales de ríos que atraviesan el cantón y por la frecuencia con la que actualmente llueve. También la presencia de fallas paleotectónicas y del cuaternario que afectan a la zona pero que no se registran mayor impacto debido a estas. En la siguiente figura se muestra de manera visual las principales zonas donde se pueden afectar por estos desastres y la ubicación de las fallas mencionadas.

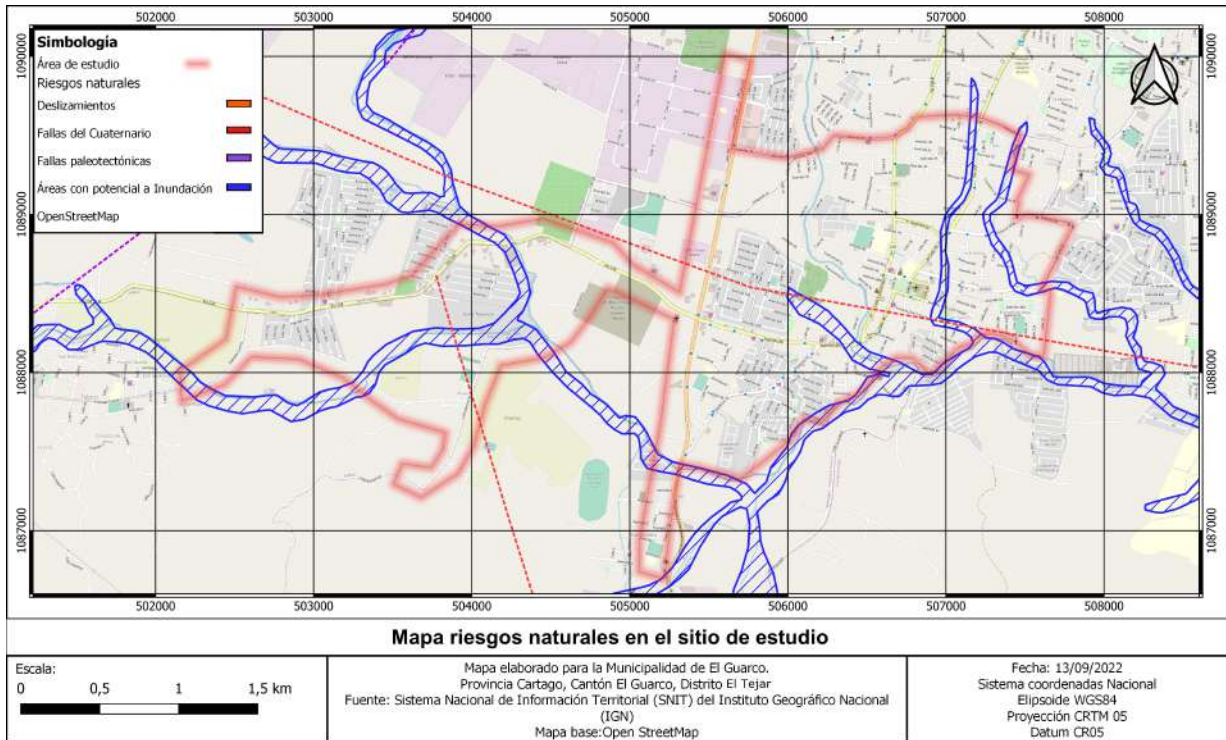


Figura 33. Mapa riesgos naturales en el sitio de estudio.
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Subdivisión de la zona

Para este proyecto se trabajó con una subdivisión definida de los distritos para un mayor manejo de los datos. Se definieron 6 sectores, los cuales fueron trabajados por cada grupo de Taller de Diseño y a partir de los datos obtenidos se inició a trabajar. Estos sectores se muestran en la siguiente figura.

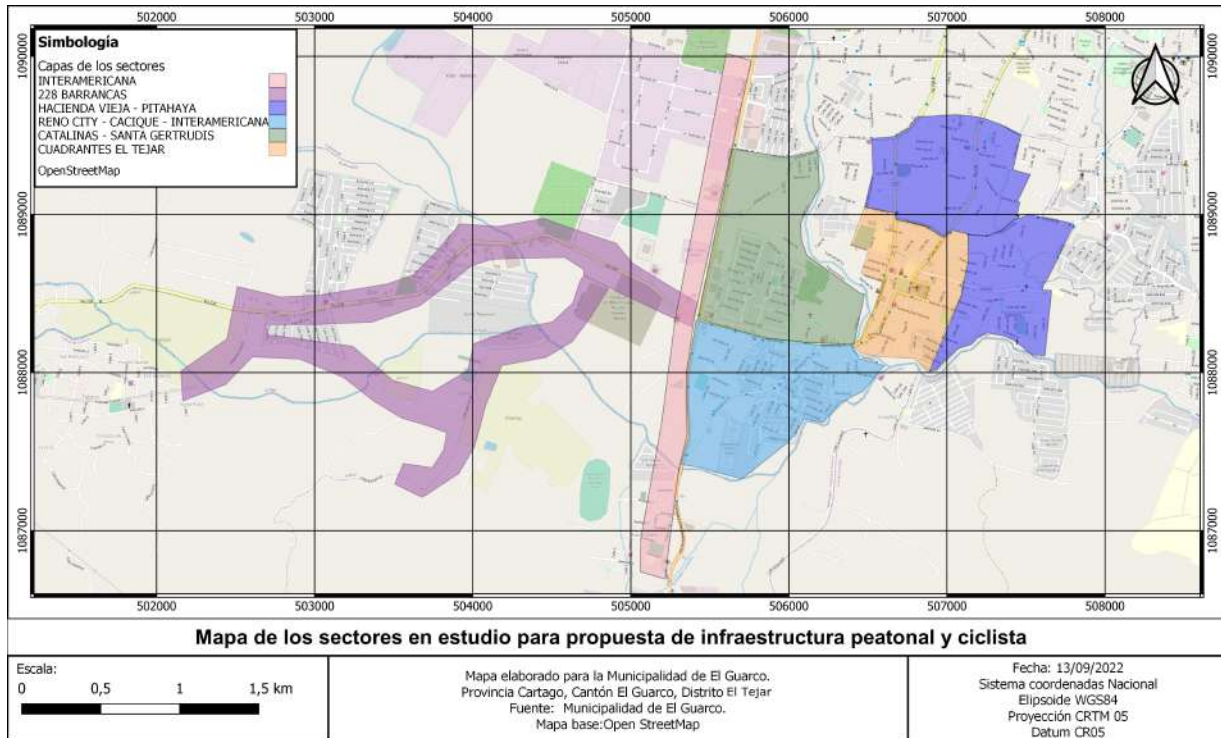


Figura 34. Mapa de los sectores definidos.
 Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Los sectores se clasifican de manera general como: la interamericana al ser ruta principal es muy transitada por vehículos y debido a que es contacto directo con el parque industrial las personas que usan la ruta aumenta. El sector de 228 de Barrancas es un sector más rural y con mayor predominancia de viveros y sectores agrícolas. Y, por último, el sector oeste en estudio son los más residenciales incluyendo Hacienda Vieja- Pitahaya, Reno City- Cacique, Las Catalinas- Santa Gertrudis y, por último, El Tejar que es la cabecera del cantón.

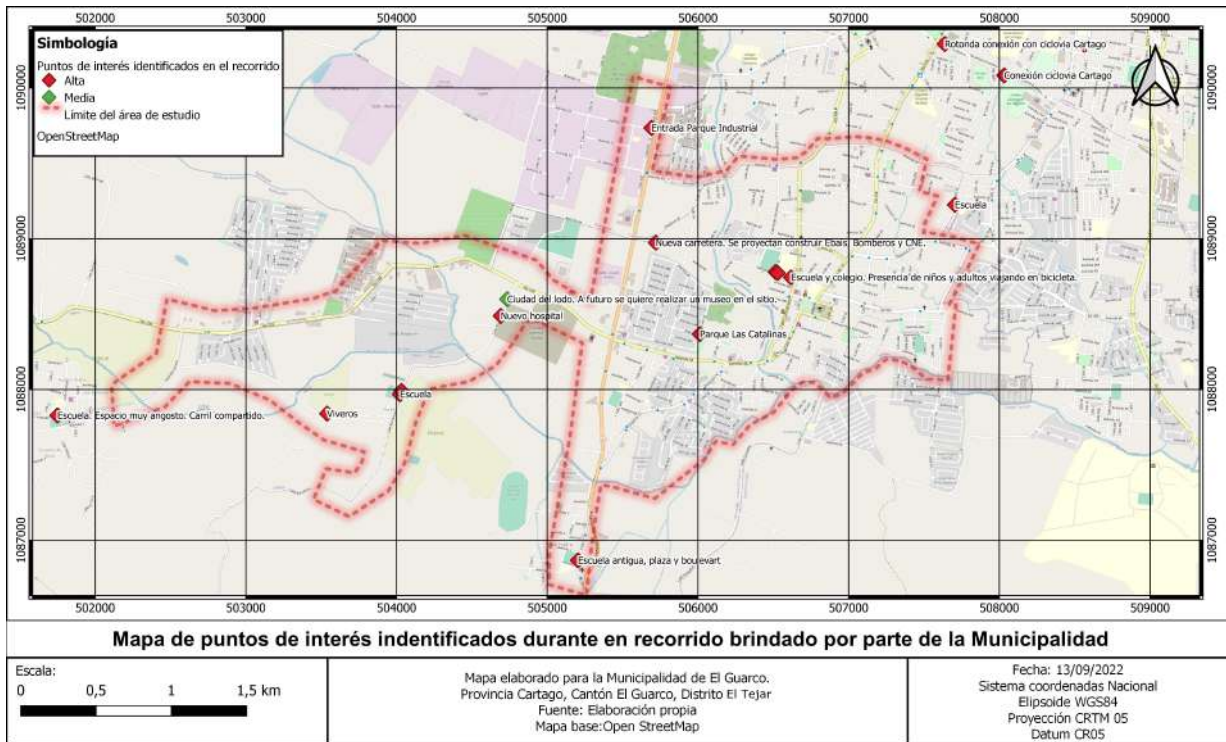


Figura 35. Mapa de puntos de interés identificados durante en recorrido brindado por parte de la Municipalidad de El Guarco.

Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Estos sectores resaltados en el mapa corresponden a lugares de interés para la municipalidad por donde consideran que la ciclovia debe construirse porque corresponden a escuelas, colegios, ebais, viveros, centro urbano, posible interconexión con la red ciclista de Cartago, parque industrial, nuevos hospital, entre otros.

Condiciones actuales del área de estudio

1. **Estado de las aceras:** Las aceras son el medio de traslado de muchos usuarios en este sector y el estado en el que se encuentren es de suma importancia. Para este proyecto, los grupos evaluaron e identificaron las principales aceras de la zona en su estado, evaluándolas mediante un Índice de condición de acera (ICA) especificado en la "Guía de Inventario y Evaluación de Aceras" del LANAMME, UCR. Para el uso de este índice se debe cumplir que la distancia de segmento sea entre 15m a 150 m, y además de que son necesarios los datos de desempeño funcional (DF), el factor de actividad (FA) y deterioro estructural (DE), estos se explican en la guía mencionada, y el índice se calcula con la siguiente forma:

$$ICA = 100 - FA * (DE + DF) \quad (1)$$

Con la información de los grupos se elaboró un mapa de estado de las aceras clasificándolas de acuerdo con este factor en buena, regular o inexistente. En la siguiente figura se muestra el resultado obtenido.

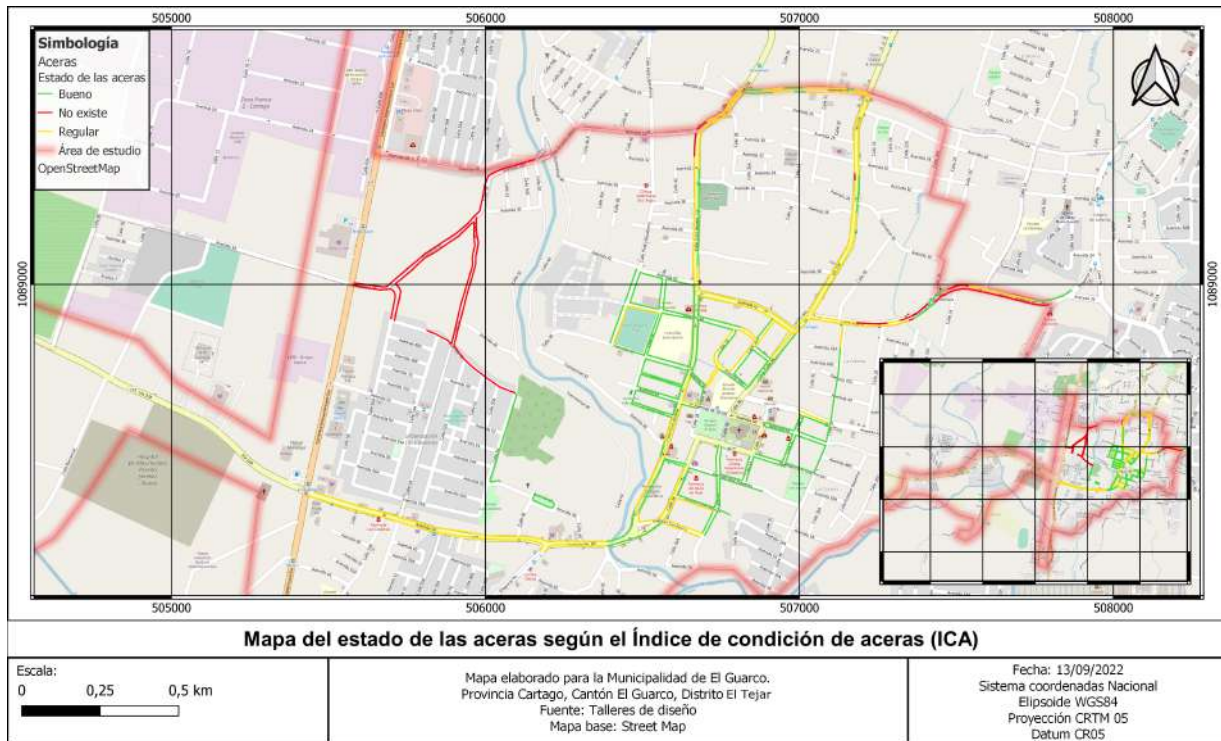


Figura 36. Mapa del estado de las aceras en la zona urbana de El Tejar según el Índice de condición de aceras (ICA) en la zona urbana de El Tejar.

Fuente: Elaboración propia, Qgis

2. **Derechos de vía y anchos de calzada:** Estos datos fueron obtenidos de distintas fuentes debido a que no se encuentra un documento específico con la información total, unos fueron brindados por la municipalidad y otros medidos en campo, por lo tanto, las medidas se pueden considerar aproximadas. Estos anchos de vía y calzada se muestran en las siguientes figuras.

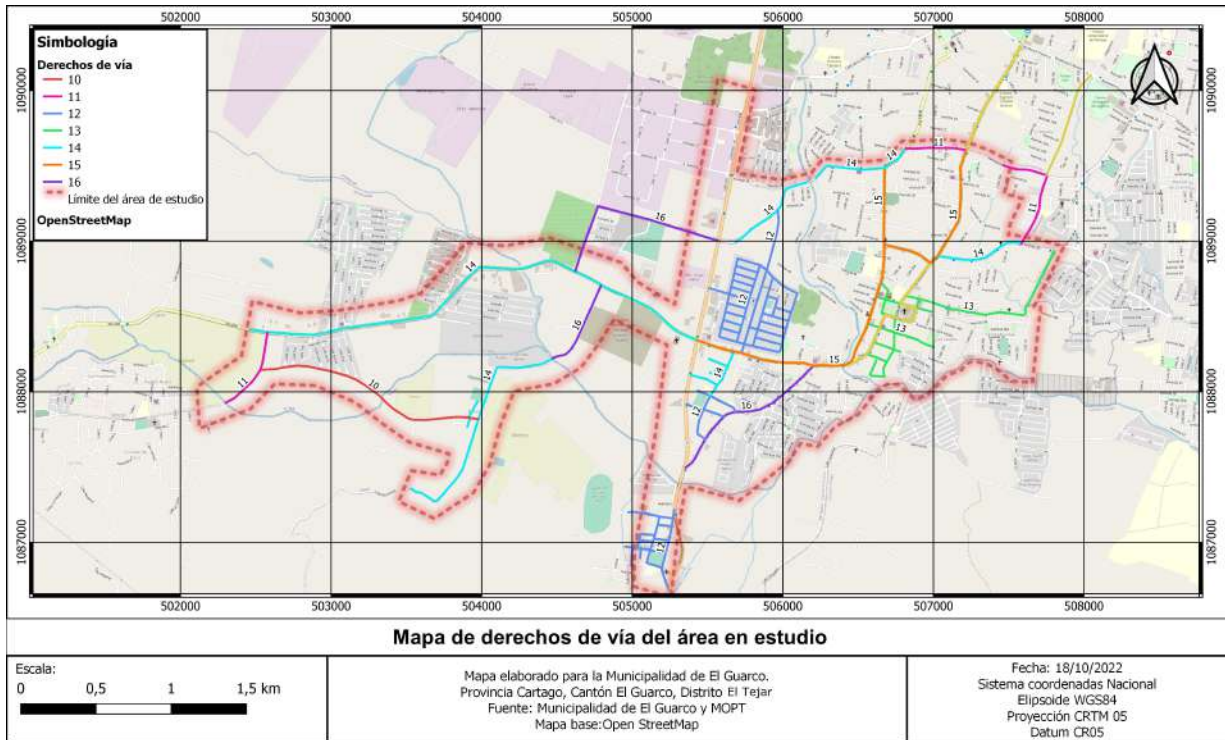


Figura 37. Mapa de anchos aproximados de derecho de vía en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia, Qgis

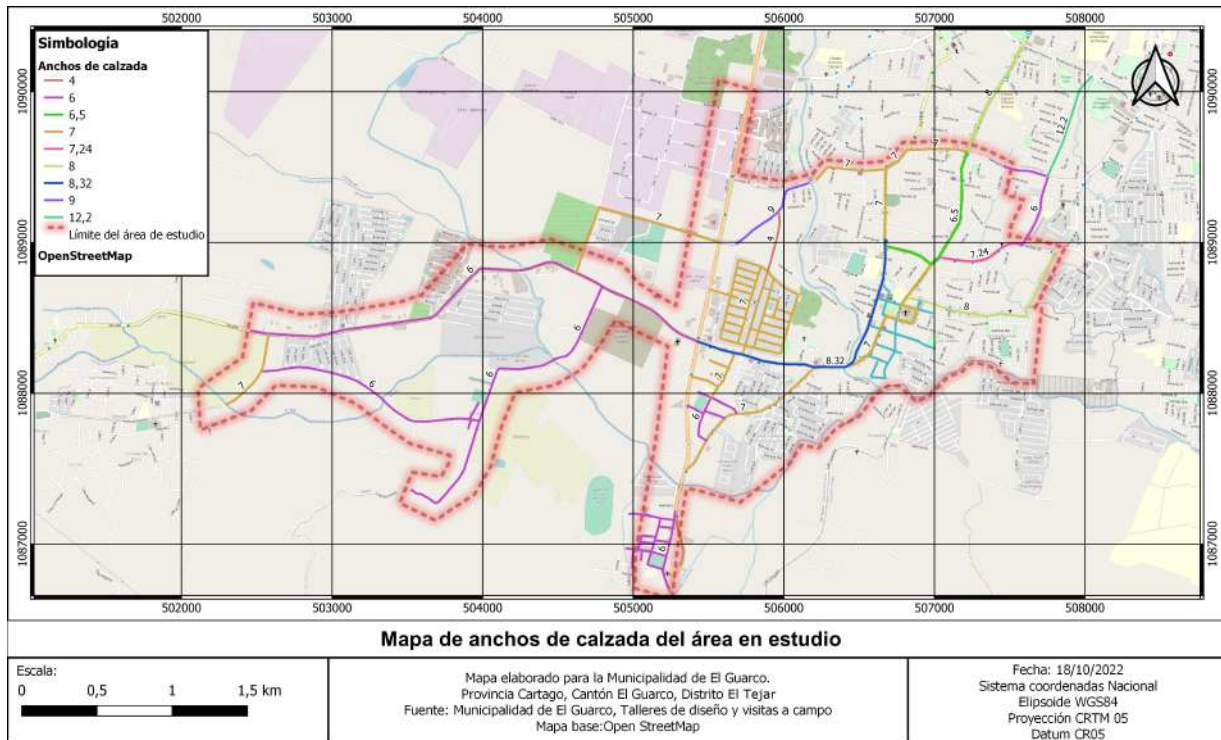


Figura 38. Mapa de anchos de calzada del área en estudio
Fuente: Elaboración propia, Qgis

- Accidentes en la zona:** Se obtuvo información de los principales accidentes ocurridos en la zona mediante los "Datos SIG Accidentes Tránsito CR" que se encuentra en la página oficial del Consejo de Seguridad Vial (COSEVI). En este caso, los datos tomados fueron con la última actualización de mayo del 2022 y con los cuales se organizaron en un mapa para evidenciar los puntos en donde los ciclistas y peatones poseen mayores riesgo de accidentes. Este mapa se muestra en la siguiente figura.

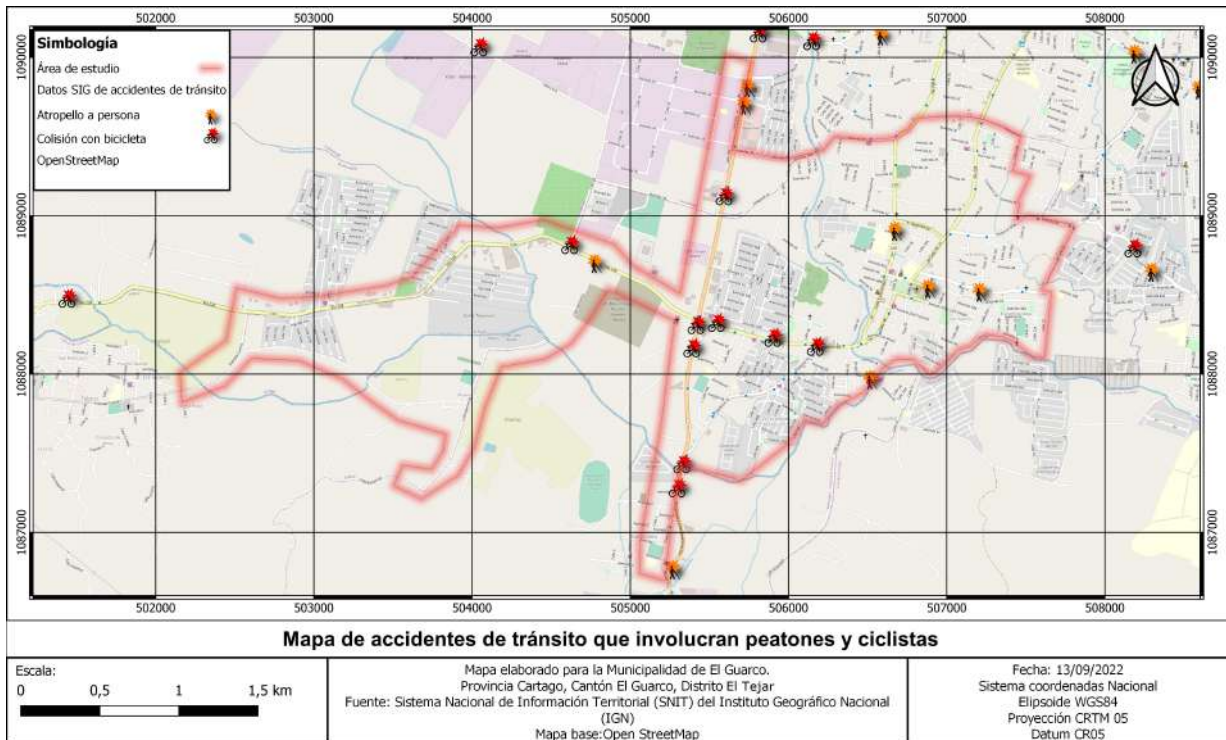


Figura 39. Mapa de accidentes de tránsito que involucran peatones y ciclistas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la plataforma del Consejo de Seguridad Vial, QGIS.

Caracterización de los flujos de ciclistas y peatones

De los proyectos realizados en el Taller de Diseño, se observó que cada grupo realizó una serie de conteos automáticos y manuales de acuerdo con lo que cada uno consideró apropiado, a continuación se explican detalladamente cada tipo de conteo y las proyecciones realizadas para conocer la cantidad de ciclistas y peatones que transitaran en el tiempo definido al 2033.

Conteos automáticos

En cuanto a estos conteos se realizaron lo tanto los puntos donde se realizaron, la cantidad y los tiempos fueron establecidos por los diferentes grupos que trabajaron en la caracterización de las diferentes zonas de estudio que comprenden el presente proyecto.

Estos datos de conteos fueron brindados por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Este centro realizó haciendo uso del equipo para la medición de los conteos en los distintos puntos. Este es un equipo utilizado y de los cuales se extrae información variada, por ejemplo fecha, hora exacta, tipo de vehículo, velocidad, entre otros.

Los detalles del equipo fueron brindados por el técnico del CIVCO el señor Luis Carlos Calvo Navarro, los cuales se detallan en el apartado de anexos.

A partir de estos puntos se realizó un manejo de los datos de conteos automáticos para la obtención de los respectivos TPDA de cada punto en total son 12 conteos que se muestran colocados en la siguiente figura.

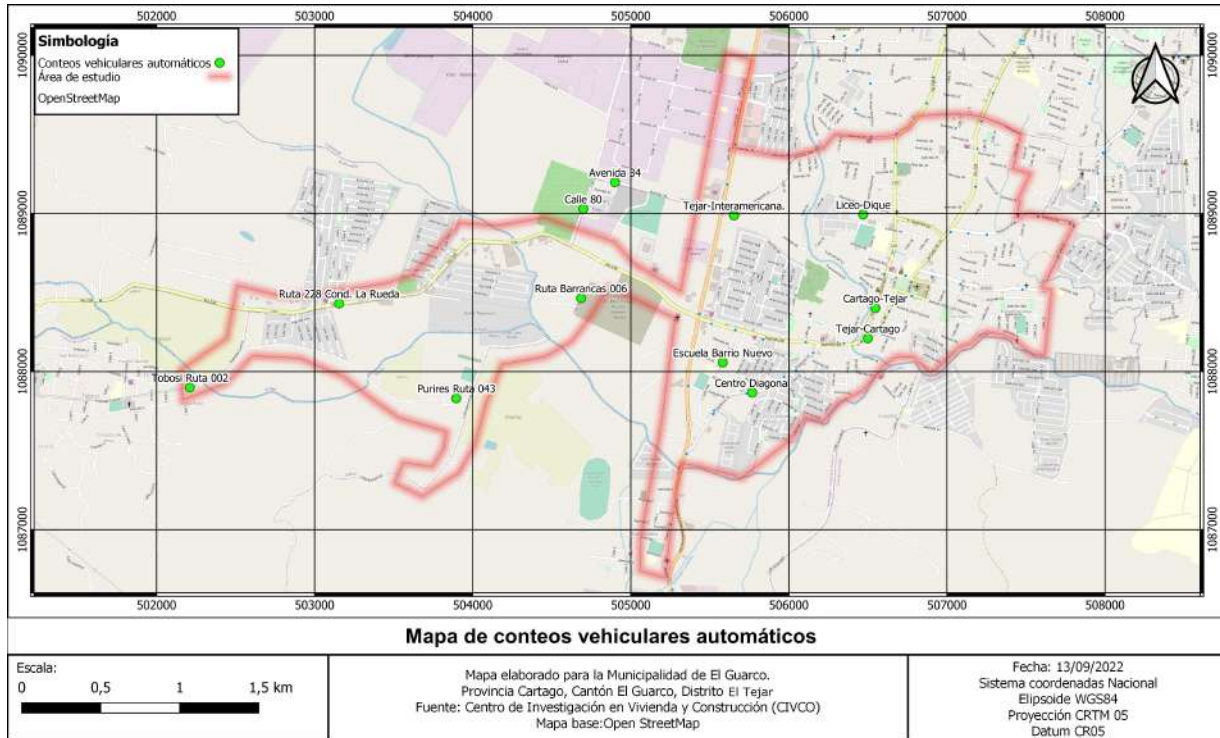


Figura 40. Mapa de conteos automáticos vehiculares obtenidos con el contador neumático
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Cada uno de los puntos mencionados se trabajaron de la misma manera por lo tanto se explicará a manera de ejemplo, el proceso del punto de la Ruta 228 - Condominio La Rueda y los datos usados para los demás puntos se mostrarán en el apartado de Apéndice 2. La elección de esta corresponde a que contiene los datos completos de todos los días de la semana por lo cual se consideró la semana modelo para este apartado.

De instrumento de medición de conteos automáticos usado, el CIVCO nos brindó el total de los datos siendo un total de 94818 vehículos aforados entre las 10:25 am del martes 21 de septiembre de 2021 al 10:23 am del martes el 28 de septiembre de 2021.

Los datos de interés que se tomaron del puntos fueron los mostrados en la siguiente tabla. Por supuesto, no se muestran la totalidad sino únicamente los primeros 5 debido a que es a modo de ejemplo y mostrar la totalidad son muchos.

Cuadro 4. Datos individuales de vehículos Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda

ID	Fecha	hh:mm:ss	Veloc. [km/h].	IntV	Int. Sin Veh.	CI	Clase	Veh.
1	9/21/2021	10:26:05	35.83	16.8	15.8	1	Autom.	SV
2	9/21/2021	10:26:06	38.11	1.6	1.3	1	Autom.	SV
3	9/21/2021	10:26:18	45.37	12.3	12	1	Autom.	SV
4	9/21/2021	10:26:25	45.5	30.5	30.4	1	Autom.	SV
5	9/21/2021	10:26:34	67.84	8.7	8.5	14	Veh. dos	M/C

Fuente: Elaboración propia, CIVCO.

Para el caso de este punto, los datos se registraron en el mes de setiembre del 2021. La velocidad y volumen se clasificaron en tres categorías, los automóviles, camiones y vehículos de 2 ruedas. Esto con el fin de tener el comportamiento de este punto en el rango de los 7 días de la semana, en este caso desde el martes 21 de setiembre al martes 28 de setiembre. La velocidad máxima registrada fue de 47.5 por los vehículos de dos ruedas el día martes 28 y el volumen mayor de tránsito fue de 12364 vehículos. Estos datos se muestran en los siguientes gráficos.

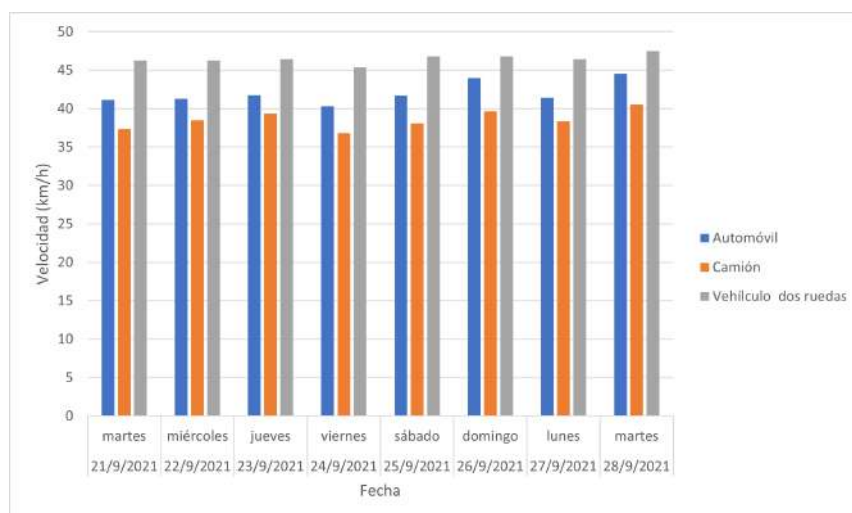


Figura 41. Velocidad promedio Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda.

Fuente: Elaboración propia, Excel.

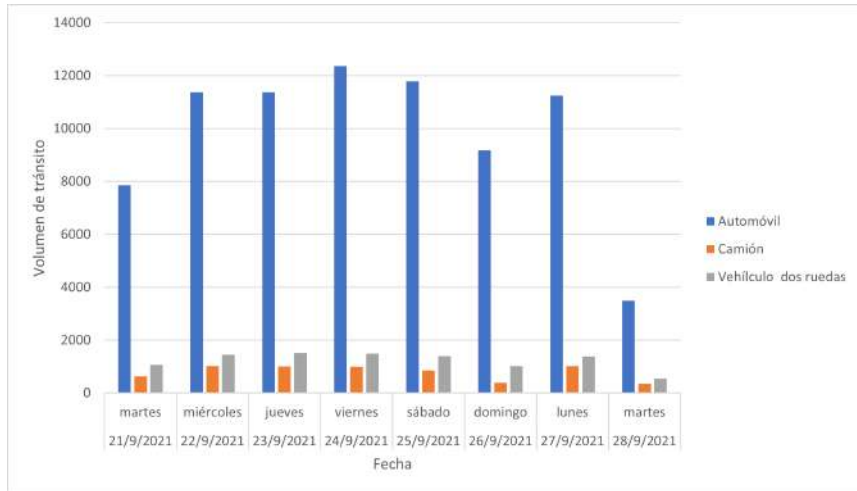


Figura 41. Tránsito promedio diario en la Ruta Nacional 228, en el sector de el Condominio La Rueda

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Una vez obtenidos los datos de volumen y de velocidad general en las tres categorías mencionadas, se procedió a realizar la clasificación únicamente de la cantidad de ciclistas en el punto. Adicionalmente, el técnico del CIVCO Luis Carlos Calvo Navarro nos indicó que los datos que da el instrumento de medición usado no cuentan con una precisión exacta en la clasificación de motocicletas y ciclistas; en lo que respecta a otras clases de medios de transporte, los datos sí son más exactos; estas clases se observan en el Anexo 1. Debido a esta falta de precisión, las cantidades de ciclistas se ven afectadas en el registro, por lo cual, la clase 14 correspondiente a motociclistas como en la categoría la 15, se filtró por medio de las velocidades, usando una velocidad menor de 20km/h, es decir, si en la categoría 14 se encontraba alguno con una velocidad menor a los 20km/h, este se colocaba en la suma de ciclistas.

La totalidad de datos obtenidos en este punto se muestran en el Apéndice 2. Para la clasificación de los ciclistas se realizaron dos gráficos, uno con los días de la semana de lunes a viernes, debido a que se considera que el comportamiento del tráfico varía los fines de semana. Por su parte, el otro gráfico con los días sábado y domingo, siendo estos los días de fin de semana. Ambos gráficos permiten observar el comportamiento típico en estos dos escenarios. Como se observa en el gráfico de días de la semana, el que mayor cantidad de ciclistas presenta es el día jueves con 47 ciclistas a las 5:00 am y, el fin de semana, fue el día sábado con 27 ciclistas a las 6:00 am.

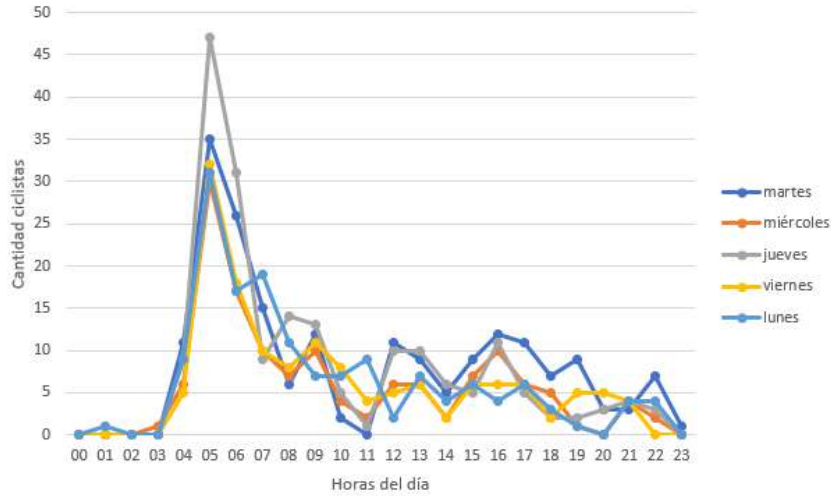


Figura 42. Gráfico Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda de lunes a viernes.
Fuente: Elaboración propia, Excel.

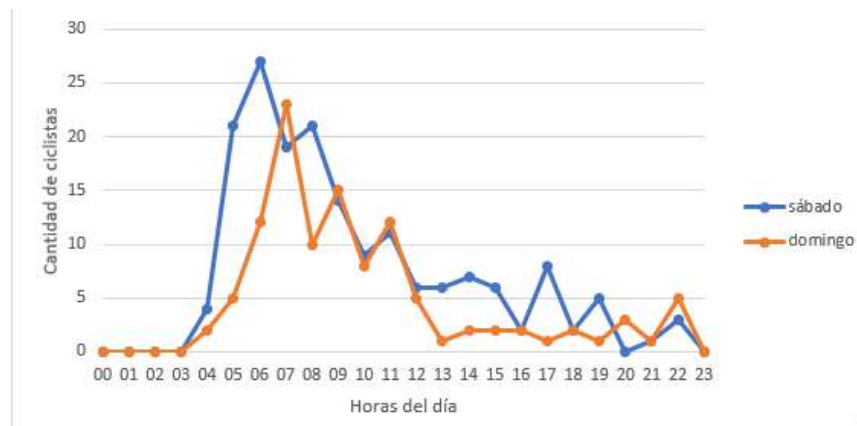


Figura 43. Gráfico Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda de sábado a domingo.
Fuente: Elaboración propia, Excel.

De manera detallada, se muestra en la siguiente tabla la totalidad de los datos debido a que son necesarios para explicar el procedimiento de obtención de TPDs del punto.

Cuadro 5. Datos de cantidad de ciclistas en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	0	0	0	0	0	0	0
1:00	1	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	1	0	0	0	0
4:00	9	11	6	9	5	4	2
5:00	31	35	30	47	32	21	5
6:00	17	26	17	31	18	27	12
7:00	19	15	10	9	10	19	23
8:00	11	6	7	14	8	21	10
9:00	7	12	10	13	11	14	15
10:00	7	2	4	5	8	9	8
11:00	9	0	2	1	4	11	12
12:00	2	11	6	10	5	6	5
13:00	7	9	6	10	6	6	1
14:00	4	5	2	6	2	7	2
15:00	6	9	7	5	6	6	2
16:00	4	12	10	11	6	2	2
17:00	6	11	6	5	6	8	1
18:00	3	7	5	2	2	2	2
19:00	1	9	1	2	5	5	1
20:00	0	3	0	3	5	0	3
21:00	4	3	4	4	4	1	1
22:00	4	7	2	3	0	3	5
23:00	0	1	0	0	0	0	0
Sub Total	152	194	136	190	143	172	112
Total semanal	1099						

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Con estos datos de la tabla anterior, teniendo la cantidad de ciclistas por días, los picos de horas donde hay mayor cantidad y logrando observar el comportamiento, se procedió a calcular el porcentaje del volumen diario de ciclistas que transita por hora en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda. Estos fueron calculados, como se menciona, para un sector en específico, sin embargo, se usaron para calcular los TPDS de los otros puntos que no poseen la semana completa de días. En el apartado de Apéndices se mostrará cómo se manejaron estos porcentajes en los otros puntos. Este porcentaje se obtuvo por medio de la ecuación:

$$\% \text{ de volumen por hora} = \frac{\text{Cant. ciclistas por hora}}{\text{Total de ciclistas en el día}} \quad (2)$$

Cuadro 6. Porcentaje del volumen diario de ciclistas que transita por hora en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
0:00	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
1:00	0.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
2:00	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
3:00	0.0 %	0.0 %	0.7 %	0.0 %	0.0 %
4:00	5.9 %	5.7 %	4.4 %	4.7 %	3.5 %
5:00	20.4 %	18.0 %	22.1 %	24.7 %	22.4 %
6:00	11.2 %	13.4 %	12.5 %	16.3 %	12.6 %
7:00	12.5 %	7.7 %	7.4 %	4.7 %	7.0 %
8:00	7.2 %	3.1 %	5.1 %	7.4 %	5.6 %
9:00	4.6 %	6.2 %	7.4 %	6.8 %	7.7 %
10:00	4.6 %	1.0 %	2.9 %	2.6 %	5.6 %
11:00	5.9 %	0.0 %	1.5 %	0.5 %	2.8 %
12:00	1.3 %	5.7 %	4.4 %	5.3 %	3.5 %
13:00	4.6 %	4.6 %	4.4 %	5.3 %	4.2 %
14:00	2.6 %	2.6 %	1.5 %	3.2 %	1.4 %
15:00	3.9 %	4.6 %	5.1 %	2.6 %	4.2 %
16:00	2.6 %	6.2 %	7.4 %	5.8 %	4.2 %
17:00	3.9 %	5.7 %	4.4 %	2.6 %	4.2 %
18:00	2.0 %	3.6 %	3.7 %	1.1 %	1.4 %
19:00	0.7 %	4.6 %	0.7 %	1.1 %	3.5 %
20:00	0.0 %	1.5 %	0.0 %	1.6 %	3.5 %
21:00	2.6 %	1.5 %	2.9 %	2.1 %	2.8 %
22:00	2.6 %	3.6 %	1.5 %	1.6 %	0.0 %
23:00	0.0 %	0.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Total	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Con un total obtenido de 1099 ciclistas, y los subtotales por días, se calculó el factor diario, y también el tránsito promedio diario semanal (TPDS); las siguientes ecuaciones muestran la forma en que se calcularon, asimismo, en la tabla se muestra el resumen de estos datos.

$$\text{Factor diario} = \frac{\text{Total semanal}}{\text{Subtotal de ciclistas por día}} \quad (3)$$

$$\text{TPDS} = \frac{\text{Total semanal}}{7} \quad (4)$$

Cuadro 7. Factor diario y TPDS de ciclistas en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Factor diario	7.2	5.7	8.1	5.8	7.7	6.4	9.8
TPDS	157						

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Con esto se obtuvo el TPDS de la semana con la cual se procedió a realizar el cálculo del Tránsito promedio diario anual (TPDA), mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Desviación estándar}(s) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}} \quad (5)$$

Donde:

TD_i : EL valor diario de ciclistas/vehículos por día.

$TPDS$: Es la suma de todas las TD_i calculadas.

n : es la cantidad de días de la semana usados en el cálculo.

$$\text{TPDA} = TPDS \cdot \pm z_c \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right] \quad (6)$$

Donde:

z_c : Es el porcentaje de confianza s : Desviación estándar calculada en el punto anterior.

N : es al cantidad de días del año usados en el cálculo.

Cuadro 8. TPDA de conteos de ciclistas

	Valor
Desviación estándar	29.92
90 % de confianza	1.640
TPDA	175

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Además de calcular el TPDA de ciclistas en el punto, también se calculó el TPDA del tránsito total en el punto, para el cual se realizó el mismo procedimiento con las ecuaciones descritas. Se muestran los datos usados para cada día y los resultados obtenidos.

Cuadro 9. Datos de cantidad de tránsito total en Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	11249	11356	11368	11369	12364	11795	9173
2	187	200	199	179	192	188	96
3	646	589	621	620	610	494	229
4	91	77	78	83	71	81	22
5	56	63	48	50	59	51	34
6	3	4	11	10	9	3	1
7	10	11	14	18	16	9	6
8	12	5	14	10	5	11	2
9	12	30	20	26	23	17	3
10	2	1	2	3	1	2	1
11	3	6	5	5	3	1	2
12			1	2	1	1	
14	1244	1424	1325	1337	1366	1227	913
15	143	181	125	184	128	167	109
Sub Total	13658	13947	13831	13896	14848	14047	10591
Total semanal	94818						
TPDS	13554						

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Cuadro 10. TPDA de conteos de tránsito total

	Valor
Desviación estándar	1357
90 % de confianza	1.640
TPDA	14380

Fuente: Elaboración propia, Excel.

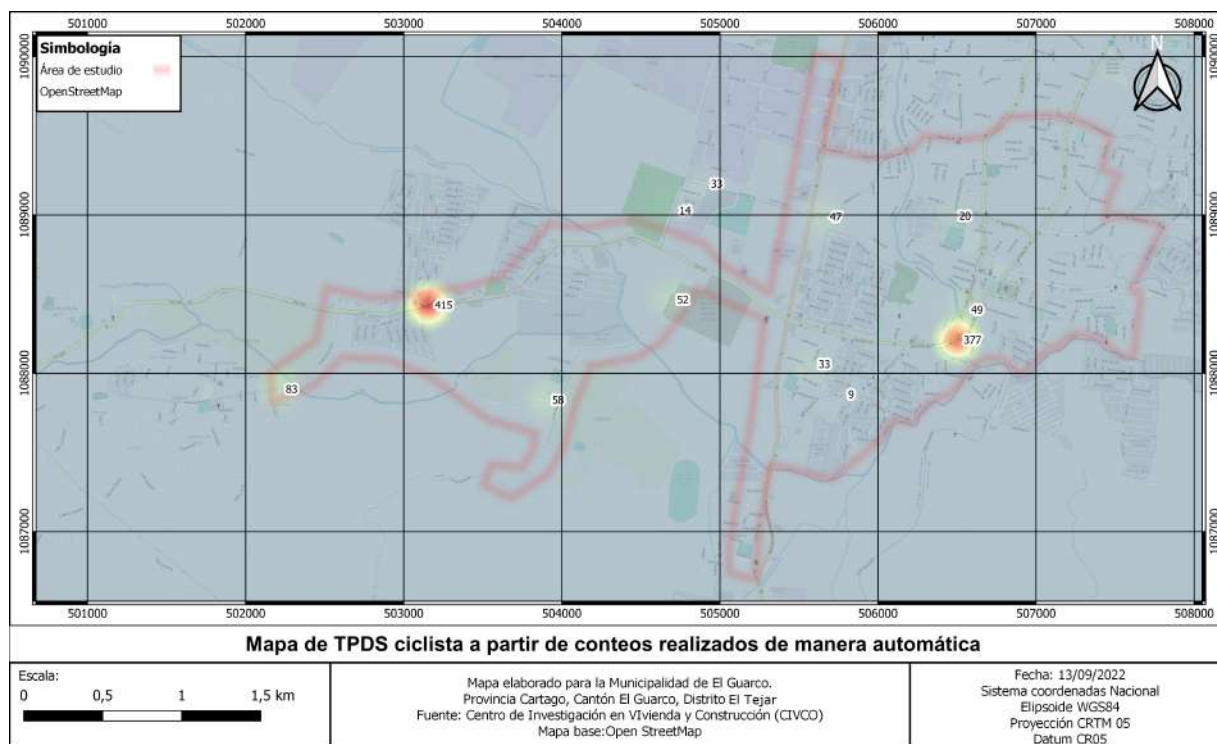
Al realizar todos los puntos, se obtuvo este cuadro resumen con la totalidad de los datos de TPDS ciclista y total que fueron necesarios para la obtención del TPDA.

Cuadro 11. Resumen de TPDS ciclista y total de todos los puntos

Sector	Punto	TPDS Ciclista	TPDS Total
Barrancas-Tobosi	Purires Ruta 043	58	1606
Barrancas-Tobosi	Ruta 228 Cond. La Rueda	415	14845
Barrancas-Tobosi	Ruta Barrancas 006	52	2366
Barrancas-Tobosi	Tobosi Ruta 002	83	4337
Dique	Liceo-Dique	20	773
Dique	Tejar-Interame.	47	3969
Tejar	Tejar-Cartago	377	13089
Tejar	Cartago-Tejar	49	9190
Zona Franca	Avenida 34	33	1826
Zona Franca	Calle 80	14	4103
Barrio nuevo	Escuela Barrio Nuevo	33	2347
Barrio nuevo	Centro Diagonal	9	4298

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Figura 44. Mapa de TPDS ciclista a partir de conteos realizados de manera automática.



Fuente: Elaboración propia, Excel con los datos del MOPT.

Con los datos se realizaron proyecciones a un plazo hasta el 2033 debido a que esto permite tener una visión más clara del comportamiento que se prevé a futuro. Para estas proyecciones fue necesario hacer uso de la “Información del Tránsito Promedio Diario Anual” encontrada

en la página esto para obtener la tasa de crecimiento anual. Los puntos de interés fueron los mostrados en la siguiente tabla.

Cuadro 12. Puntos de interés del MOPT con información de TPDA

Ruta	Sección	Ubicación de la Estación	Estación
228	30320	SABANA (0+100 M ANTES DEL ENTRONQUE CON LA R.2)	445
	30540	SABANA(0+100 M DESPUÉS DEL ENTRONQUE CON LA R.2)	236
2	30102	A 200 M DE LA ENTRADA A TEJAR (O DE LA R.228)	522
	30090	ENTRADA A SAN ISIDRO DE EL GUARCO, RÍO PURIRES	166
236	30180	CEMENTERIO DE TEJAR DE EL GUARCO	693

Fuente: Elaboración propia, Excel.

De cada punto se extrajeron los datos de TPDA que posee el MOPT en la página. Estos datos se graficaron y se obtuvo la ecuación de la recta de la cual se extrajo la tasa de crecimiento para cada punto, el gráfico se muestra en la siguiente figura. Todas las tasas de crecimiento se promediaron para obtener una sola tasa de crecimiento anual que se usó para proyectar los valores de TPDA ciclistas y totales de los datos de TPDS previamente obtenidos. Esta tasa de crecimiento fue de 1,064 %.

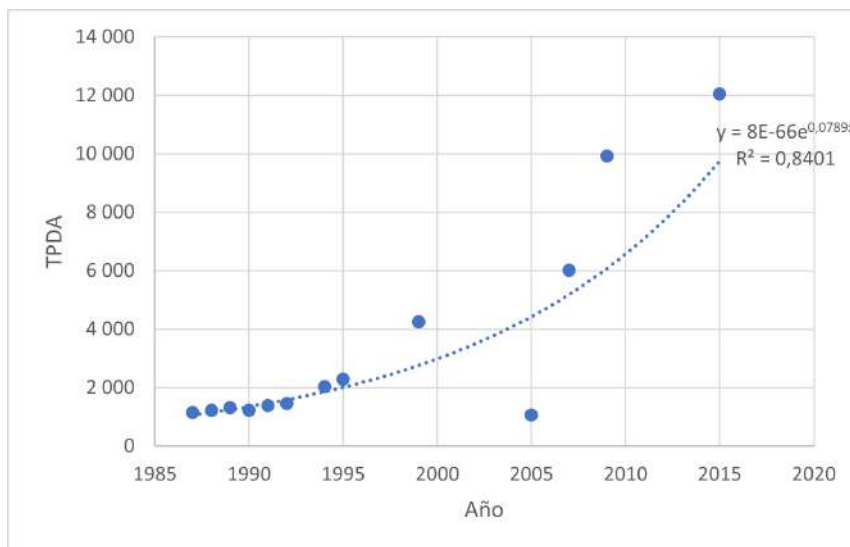


Figura 45. Datos de TPDA del punto condominio la Rueda ruta 228, sección:30540.
Fuente: Elaboración propia, Excel con los datos del MOPT.

Con la tasa de crecimiento establecido y los valores de TPDS se procedió con la proyección de estos valores, continuando con el manejo de datos de únicamente el punto de ruta 228, Condominio la Rueda y sabiendo que los otros puntos se realizaron de la misma manera se procede a mostrar la ecuación usada en la proyección y la tabla resumen de los datos proyectados en este punto.

$$TPDA_f = TPDA_o \cdot c^{(Año_f - Año_o)} \quad (7)$$

Donde:

$TPDA_f$: Tránsito promedio anual del año en el que se desea calcular la proyección.

$TPDA_o$: Tránsito promedio anual del año anterior en el que se desea calcular la proyección.

c : Tasa de crecimiento anual.

$Año_f$: Año en el que se desea calcular la proyección.

$Año_o$: Año anterior al que se desea calcular la proyección.

Cuadro 13. TPDA de ciclistas proyectados en el punto Ruta Nacional 228, Condominio La Rueda

Año	TPDA
2021	175
2022	186
2023	198
2024	211
2025	224
2026	239
2027	254
2028	270
2029	288
2030	306
2031	326
2032	346
2033	369

Fuente: Elaboración propia, Excel.

La tabla resumen de los demás puntos es la siguiente.

Cuadro 14. TPDA ciclista proyectados de todos los puntos.

Sector	Punto	TPDA	Año	TPDA [2033]
Barrancas-Tobosi	Purires Ruta 043	78	2021	164
Barrancas-Tobosi	Ruta 228 Cond. La Rueda	175	2021	369
Barrancas-Tobosi	Ruta Barrancas 006	72	2021	152
Barrancas-Tobosi	Tobosi Ruta 002	92	2021	194
Dique	Liceo-Dique	29	2018	74
Dique	Tejar-Interame.	64	2018	162
Tejar	Tejar-Cartago	401	2018	1017
Tejar	Cartago-Tejar	63	2018	160
Zona Franca	Avenida 34	25	2021	53
Zona Franca	Calle 80	104	2018	264
Barrio nuevo	Escuela Barrio Nuevo	38	2022	75
Barrio nuevo	Centro Diagonal	12	2022	24

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Nota: El TPDA proyectado es al 2033.

Para el caso del tránsito total se realizó de la misma manera. Se muestran las tablas resumen del punto proyectado y en la siguiente tabla de todos los puntos proyectados.

Cuadro 15. TPDA de tránsito total proyectados en el punto Ruta Nacional 228, Condominio La Rueda

Año	TPDA
2021	14380
2022	15301
2023	16281
2024	17323
2025	18432
2026	19613
2027	20868
2028	22205
2029	23627
2030	25139
2031	26749
2032	28462
2033	30285

Fuente: Elaboración propia, Excel.

La tabla resumen de los demás puntos es la siguiente y en la figura se muestran estos valores. Además de una imagen con la totalidad de la información de los puntos automáticos.

Cuadro 16. TPDA de tránsito total proyectados de todos los puntos.

Sector	Punto	TPDA Total	Año	TPDA [2033]
Barrancas-Tobosi	Purires Ruta 043	1884	2021	3968
Barrancas-Tobosi	Ruta 228 Cond. La Rueda	14380	2021	30285
Barrancas-Tobosi	Ruta Barrancas 006	2573	2021	5419
Barrancas-Tobosi	Tobosi Ruta 002	4628	2021	9747
Dique	Liceo-Dique	1086	2018	2755
Dique	Tejar-Interame.	5432	2018	13781
Tejar	Tejar-Cartago	13735	2018	34846
Tejar	Cartago-Tejar	9847	2018	24982
Zona Franca	Avenida 34	4319	2021	9096
Zona Franca	Calle 80	9715	2018	24647
Barrio nuevo	Escuela Barrio Nuevo	2527	2022	5002
Barrio nuevo	Centro Diagonal	4509	2022	8925

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Nota: El TPDA proyectado es al 2033.

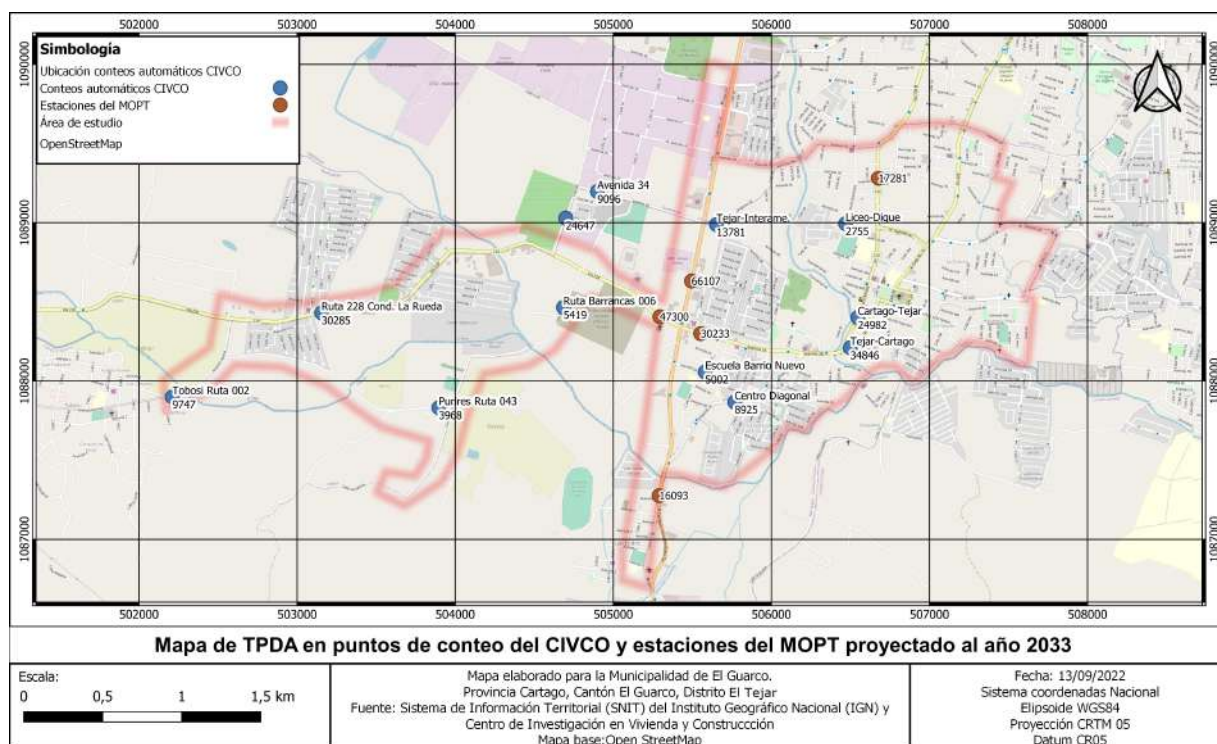


Figura 46. Mapa de TPDA en puntos de conteo del CIVCO y estaciones del MOPT proyectado al año 2033.

Fuente: Elaboración propia.

Conteos manuales

Estos datos de conteos fueron recolectados por los diferentes grupos de estudiantes en los talleres de diseño Arias et al. (2021), Muñoz, Agüero y Garro (2021), Alvarado et al. (2021), Orozco et al. (2022), Vargas et al. (2022) y Alvarado et al. (2022). A partir de estos puntos se realizó un manejo de los datos de conteos manuales para la obtención de los respectivos TPD de cada punto en total fueron 22 puntos de conteos que se muestran colocados en la siguiente figura.

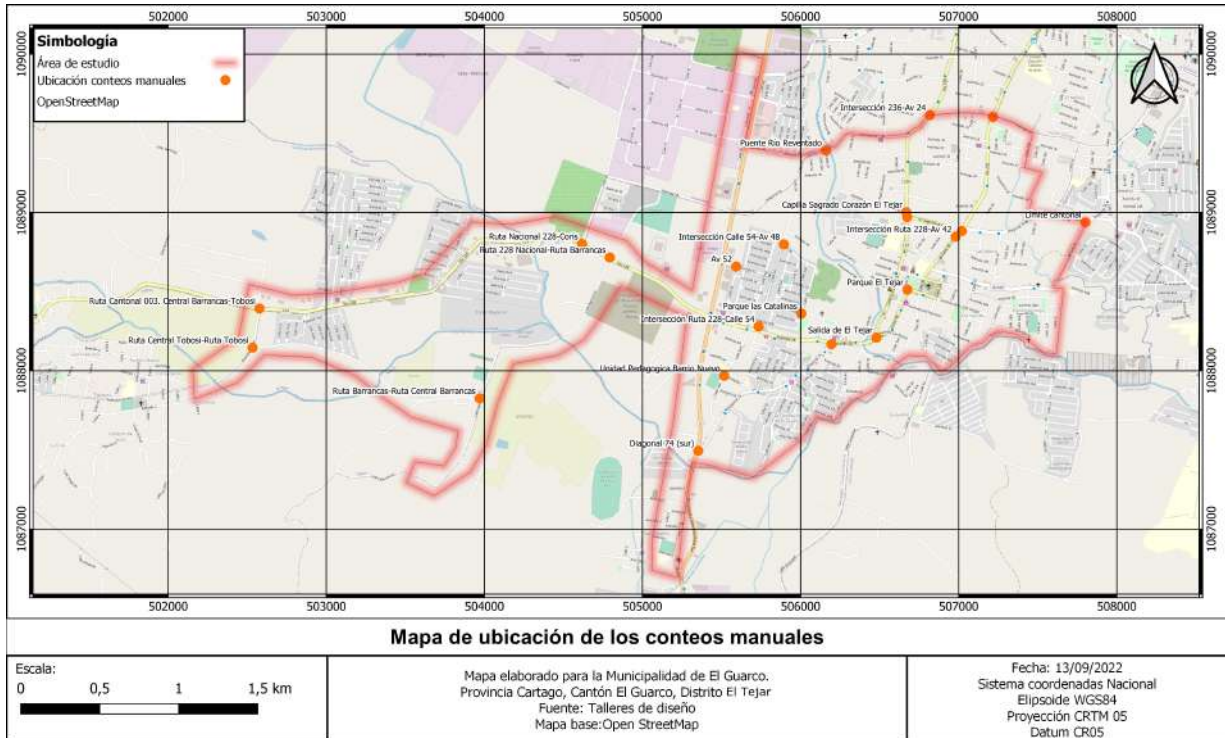


Figura 47. Mapa de ubicación de los conteos manuales.

Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Los conteos fueron realizados tanto en la tarde como en la mañana por lo tanto son dos escenarios de interés. En los siguientes mapas se observa la cantidad de los ciclistas en las mañana y en la tarde.

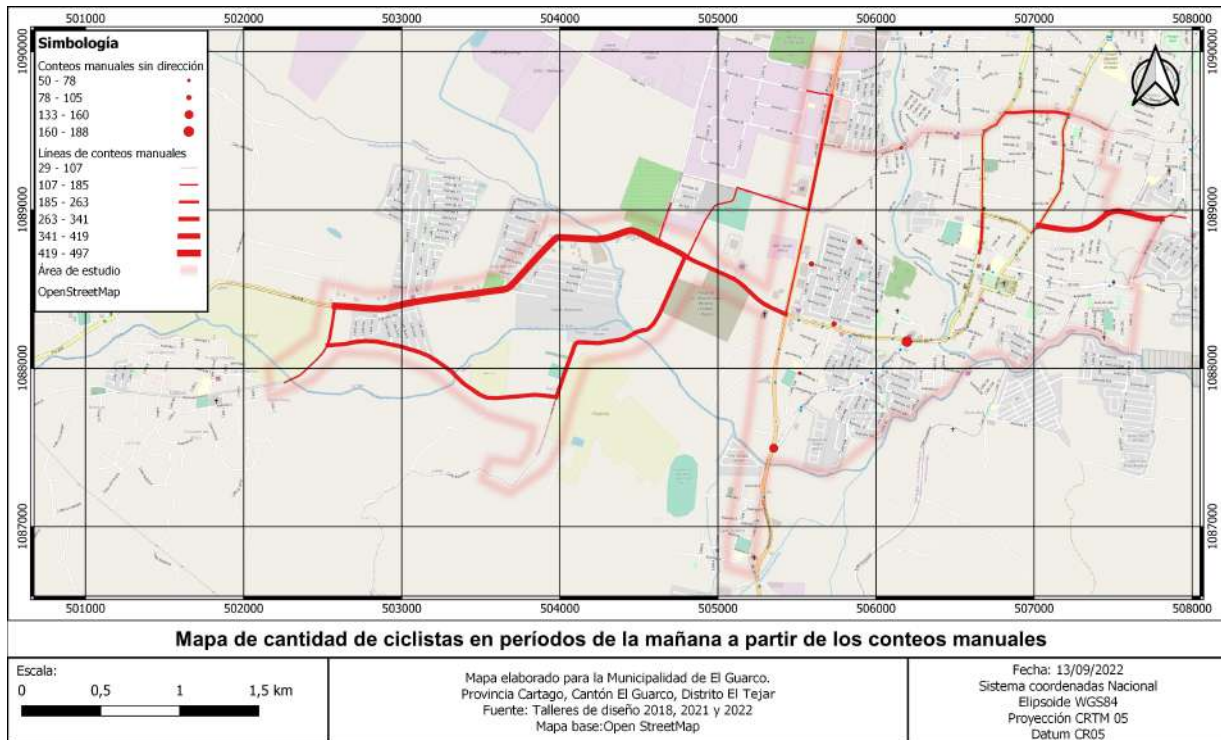


Figura 48. Mapa de cantidad de ciclistas en periodos de la mañana a partir de los conteos manuales.

Fuente: Elaboración propia, QGIS.

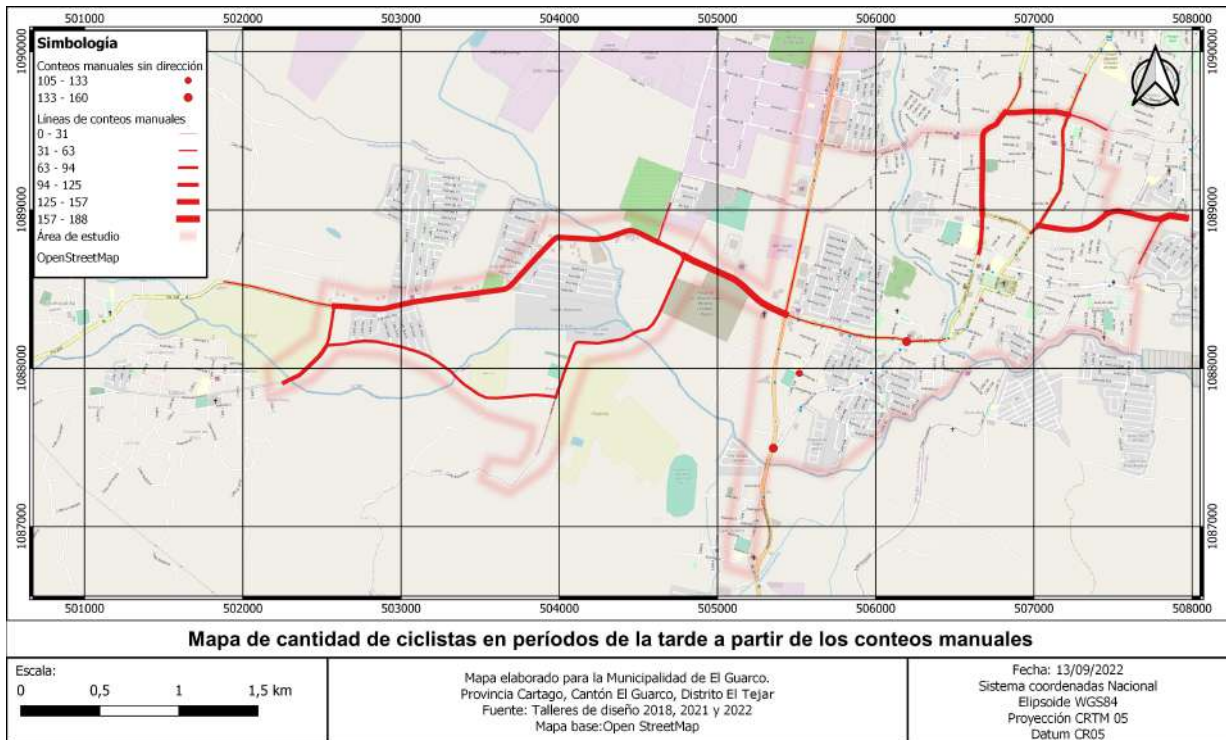


Figura 49. Mapa de cantidad de ciclistas en periodos de la tarde a partir de los conteos manuales.

Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Cada uno de los puntos mencionados se trabajaron de la misma manera por lo tanto se explicará el proceso del sector de cuadrantes de El Tejar y los datos usados para los demás puntos y resultados se mostrarán en el Apéndice 3. Cabe mencionar que del apartado de conteos automáticos se encuentran los datos de la semana modelo usada que para estos datos se usó la misma por lo tanto solo se van a usar los mismos de ese apartado.

Este sector posee 4 puntos de medición manual, todos el mismo día el viernes 21 de setiembre de 2021 pero cada uno a distintas horas. En el siguiente cuadro se muestran los datos iniciales tomados en campo por el grupo.

Cuadro 17. Datos de conteos manuales de cuadrantes del Tejar

Punto 1		
Hora	Del Sur al Norte hacia ruta 228	Del Este al Oeste hacia ruta 236
8:51-9:21am	16	25

Punto 2		
Hora	Del Norte al Sur hacia ruta 228	Del Este al Norte hacia ruta 236
9:28-9:58am	29	5

Punto 3		
Hora	Entrada del Tejar	Salida del Tejar
10:09-10:29am	29	5

Punto 4		
Hora	Del Norte al Sur hacia ruta 228	Del Este al Norte hacia ruta 236
10:35-10:55am	29	5

Fuente: Elaboración propia.

Como ya se tienen los porcentajes de volúmenes diarios que transitan por hora y la cantidad se calculan los TPD de la siguiente manera.

$$TPD = \frac{\text{Cant. ciclistas}}{\% \text{ Volumen diario}} \quad (8)$$

Donde:

TPDA: Tránsito promedio diario del punto en el que se desea calcular la proyección.

Cant.ciclistas: Cantidad de los ciclistas contabilizados en ese punto en esas horas.

%Volumen.diario: Porcentaje de volumen diario calculado para esas horas y en el punto.

El caso de los porcentajes de volumen, donde, por ejemplo, el caso del punto 1 que indica que los conteos fueron tomados entre 8:51-9:21 am, el viernes, entonces se dirige a la tabla de porcentajes y se busca la hora o las horas necesarias y se suman en el caso de ser necesario, de esa manera se obtiene el porcentaje. Para este ejemplo como las horas son cercanas a la 9:00 am entonces se usa un porcentaje de 7,7 %. Y así sucesivamente con el resto de puntos. Resumen de los porcentajes de volumen para cada punto se muestra a continuación.

Cuadro 18. Porcentajes de volumen diario de ciclistas en los 4 puntos.

Punto	Porcentaje (%)
1	7,7
2	7,7
3	5,6
4	8,4

Fuente: Elaboración propia.

Y posterior como ya se menciona con anterioridad, se calculó el TPD con la ecuación mostrada y los valores obtenidos resultan ser los mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 19. Valores de TPD de ciclistas en el sector Cuadrantes del Tejar.

Punto 1		
	Del Sur al Norte hacia ruta 228	Del Este al Oeste hacia ruta 236
TPD	208	325

Punto 2		
	Del Norte al Sur hacia ruta 228	Del Este al Norte hacia ruta 236
TPD	377	65

Punto 3		
	Entrada del Tejar	Salida del Tejar
TPD	519	90

Punto 4		
	Del Norte al Sur hacia ruta 228	Del Este al Norte hacia ruta 236
TPD	346	60

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes figuras son el resumen de los datos procesados y la visualización de los TPD obtenido para la totalidad de puntos manuales. Es importante considerar que, en mapa, se observa algunos puntos no contaban direcciones por lo tanto no se colocó como parte de los otros que si se unieron.

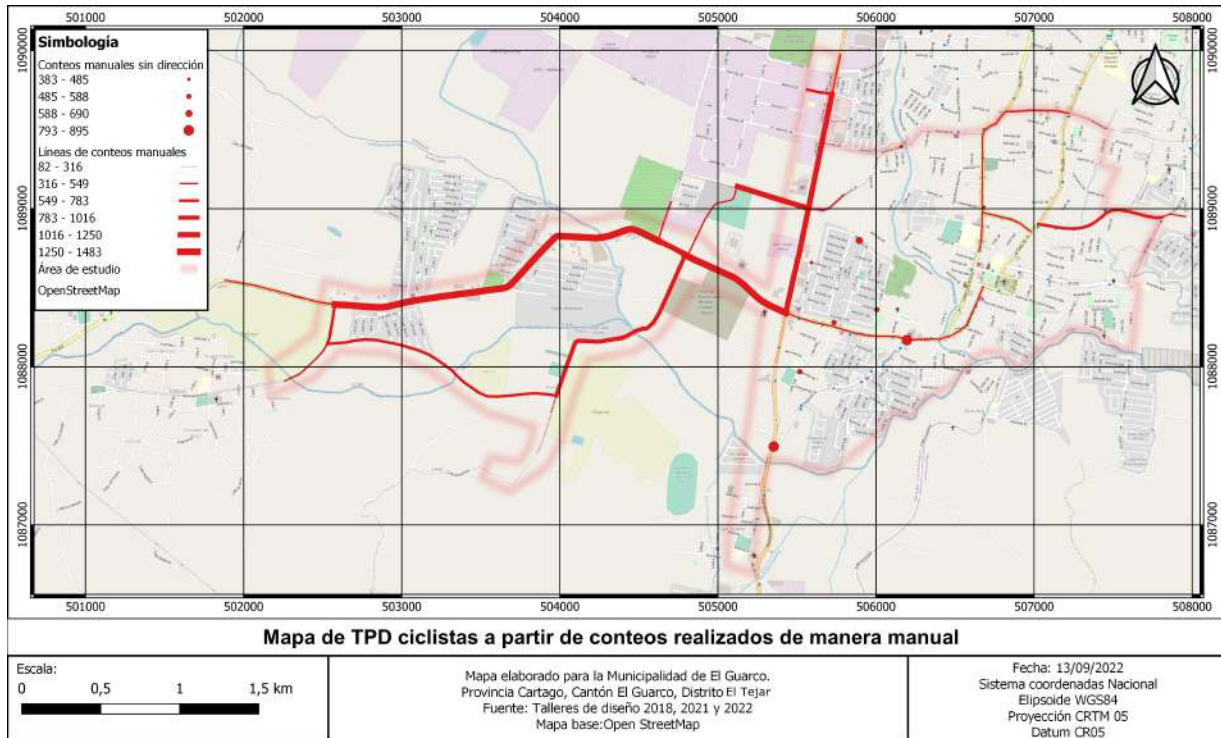


Figura 50. Mapa de TPD ciclistas a partir de conteos realizados de manera manual.
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Además, se identificaron lugares donde es recomendable hacer conteos periódicos esto para completar el mapa de flujos que se muestra en la siguiente figura.

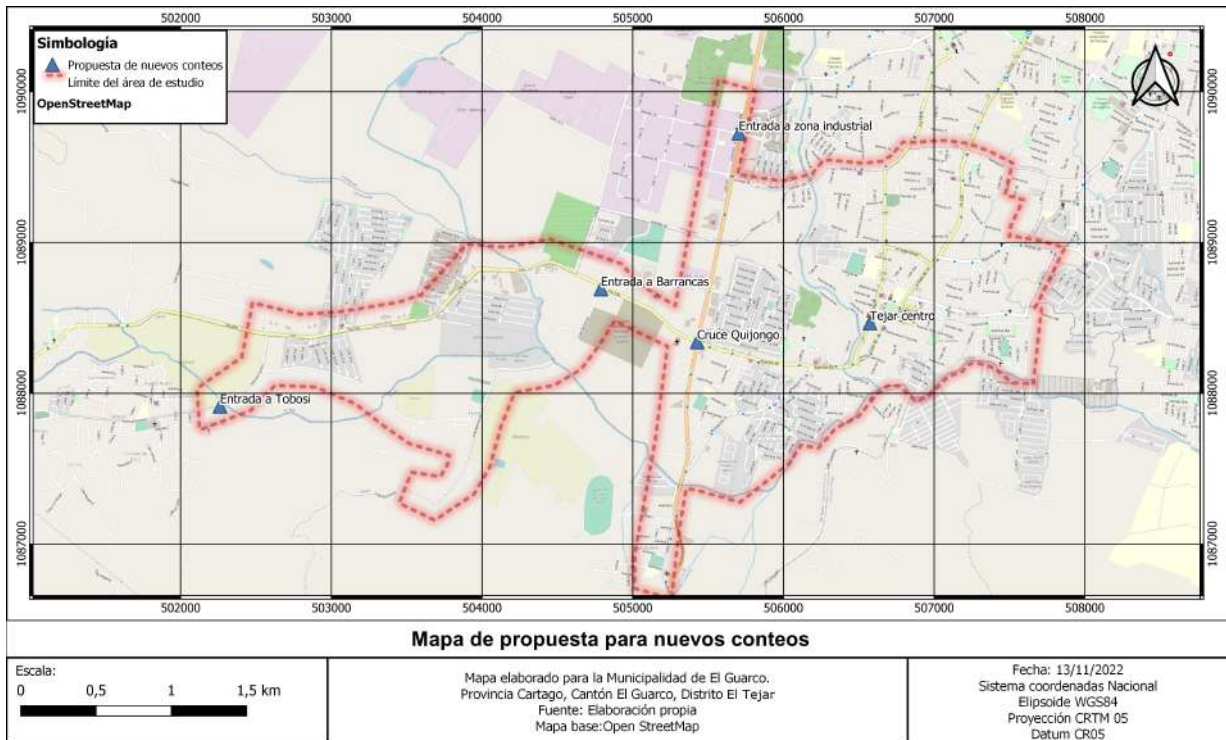


Figura 51. Mapa de propuesta para nuevos conteos
Fuente: Elaboración propia, QGIS.

Infraestructura ciclista propuestas en Taller de Diseño

Al considerar la totalidad de información que cada grupo obtuvo en su proyecto, y realizando una recopilación de la propuestas finales dadas en cada caso, se realizó un mapa con la información obtenida, con el fin de observar la variabilidad de dichas infraestructuras ciclistas y considerar, de acuerdo con nuestros análisis y demás información, cuáles de estas concuerdan y cuáles definitivamente no. En la siguiente figura se muestra esta información.

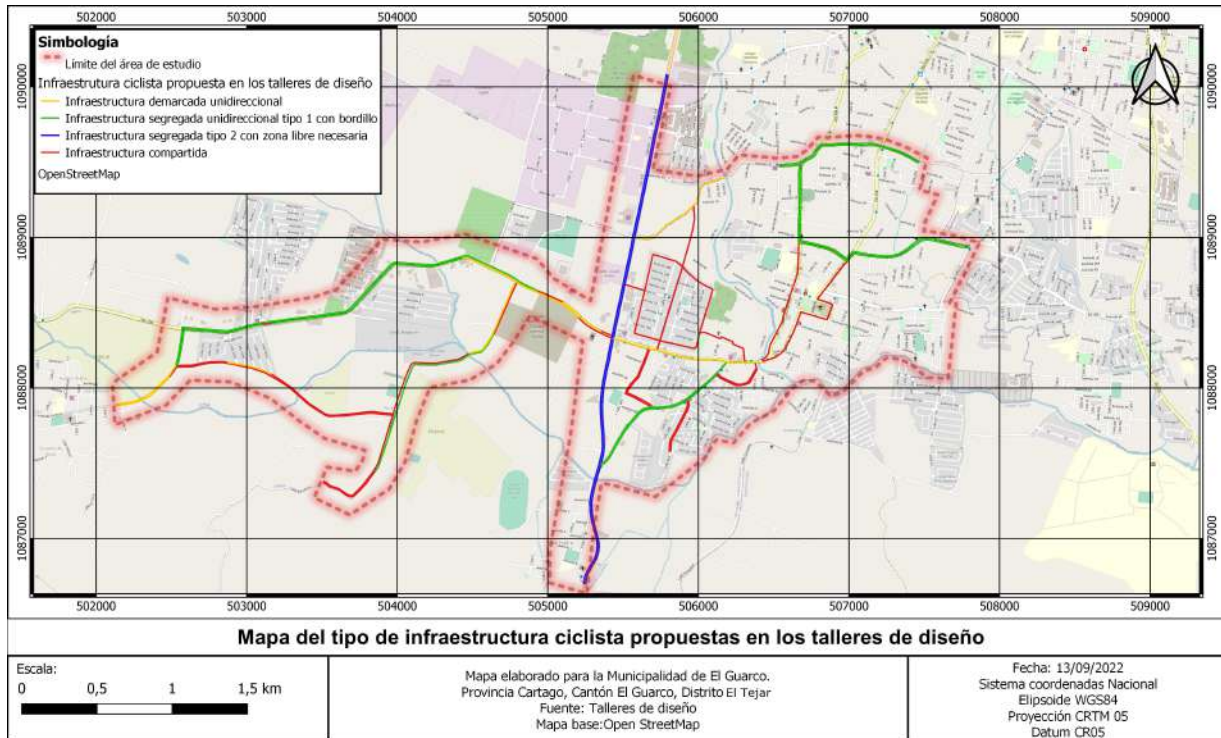


Figura 52. Mapa del tipo y ubicación de las infraestructuras ciclistas propuestas en los talleres de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las encuestas

Una fuente directa de obtener información de interés es mediante las personas de la zona. Por lo tanto, se decidió aplicar una encuesta en línea, la cual se realizó por medio de Google forms y se publicó en la página de Facebook de la Municipalidad de El Guarco. Se tomaron las respuestas desde el día en que se publicó el 16 de setiembre de 2022 hasta el 24 de setiembre de 2022. En este periodo se recolectaron las respuestas de 68 personas. Las preguntas de la encuesta fueron cerradas, enfocadas en los recorridos que realizan las personas, edades, género, razones por las que realiza los viajes, estado de las aceras, entre otros, en los siguientes puntos se mostrarán las respuestas.

- Caracterización general de los usuarios: Una de las preguntas de interés para esta caracterización fue si las personas encuestadas viven en el cantón de El Guarco, en este caso, la mayoría de las personas encuestadas son del sector, siendo un total de 66 personas y solo 2 personas no.

Otra de las preguntas fue la edad de los encuestados donde la mayoría de las personas es de 40-49 años de edad. Y los menores de 20 años y mayores de 60 años, únicamente 1 persona de cada rango. En el siguiente rango se observan los valores.

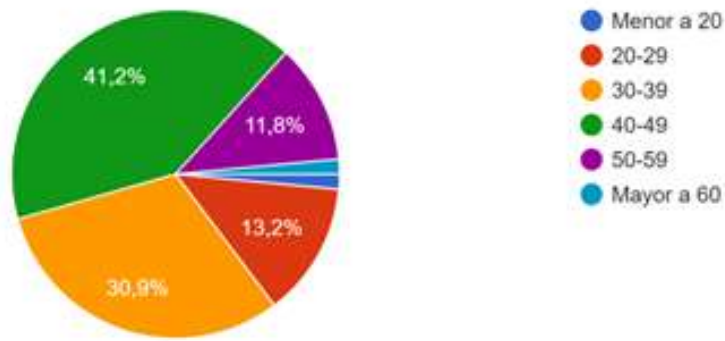


Figura 53. Gráfico de edad de personas encuestadas.
Fuente: Google Forms.

Con respecto al género los encuestados respondieron que 36 personas son mujeres, 31 que son hombres y 1 persona prefirió no decirlo.

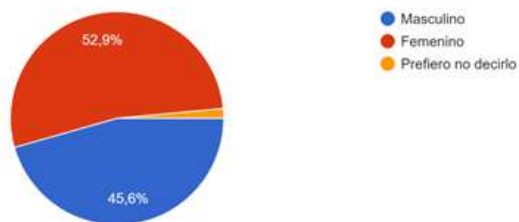


Figura 54. Gráfico de género de personas encuestadas.
Fuente: Google Forms.

- Clasificación de los factores: Para la parte de priorización de las rutas, se consideró definir factores para la aplicación del modelo multicriterio. Cada encuestado le asignó una puntuación de 1 de menor importancia a 5 de mayor importancia. El gráfico del resumen de los datos se muestra a continuación.

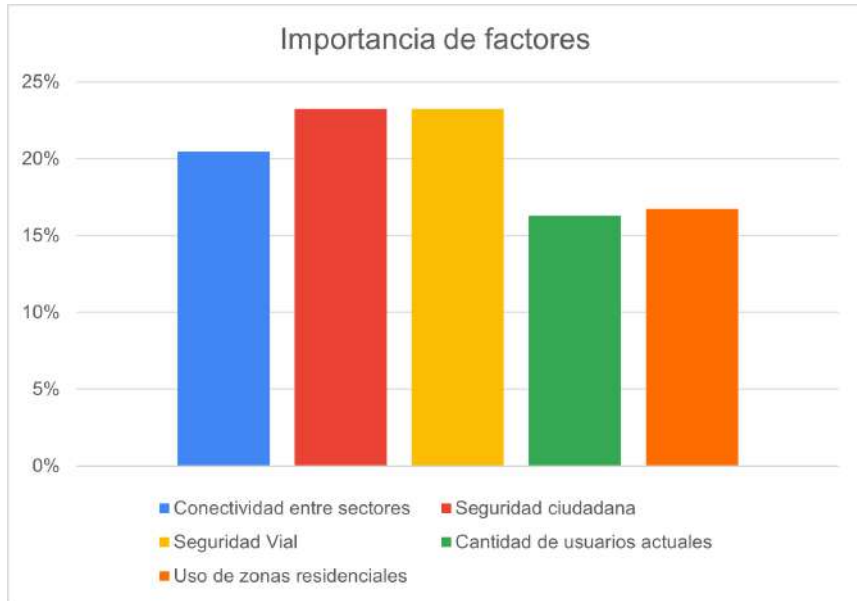


Figura 55. Gráfico de importancia de factores.
Fuente: Elaboración propia, Excel.

- Caracterización del usuario ciclista: Con respecto a los usuarios ciclistas se les consultó la frecuencia con la que usan la bicicleta, donde 15 personas respondieron que la usan todos los días y 14 personas que nunca lo usan, el resto de encuestados se encuentran en la mayoría en los rangos entre 1 vez por semana, menos de 1 vez por semana y 2 veces por semana.

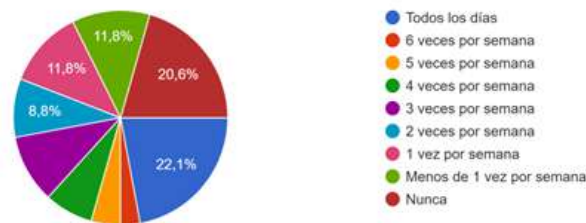


Figura 56. Gráfico de frecuencia de uso de la bicicleta de los encuestados.
Fuente: Google Forms.

Con respecto a los propósitos de viajes de los encuestados, las respuestas fueron variadas, la mayoría siendo por recreación/deporte con un total de 37 personas y 22 personas por trabajo. Se aclara que la línea 2 del gráfico es “Traslado a centros educativos (escuelas, colegios, universidad, entre otros)” y la línea 5 “Por el medio ambiente/No contaminar”.

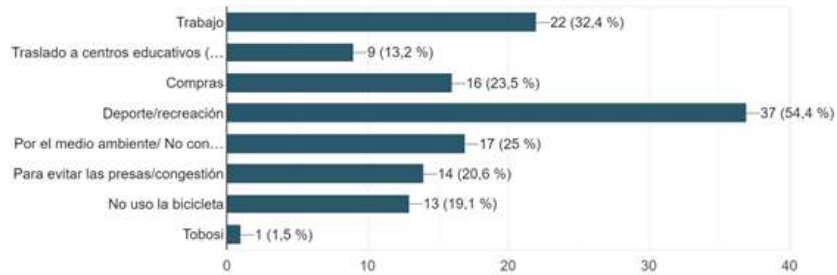


Figura 57. Gráfico de propósitos viaje en bicicleta de los encuestados.
Fuente: Google Forms.

Además, se consultó de la frecuencia con la que se encuentran los parqueaderos durante sus viajes en bicicleta.

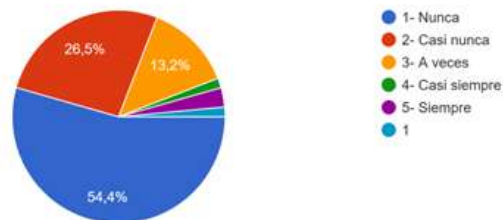


Figura 58. Gráfico de parqueaderos de bicicletas.
Fuente: Google Forms.

- Orígenes - destino de los ciclistas Se les consultó a las personas cuáles son los principales puntos de salida y llegada de sus viajes. Esto con el fin de obtener las principales rutas que las personas realizan para poder dar prioridad en la definición de las rutas de ciclo vía y conectar estos sectores. Con los datos obtenidos se logró realizar el siguiente mapa donde se muestra como las personas se trasladan en los viajes en bicicleta.

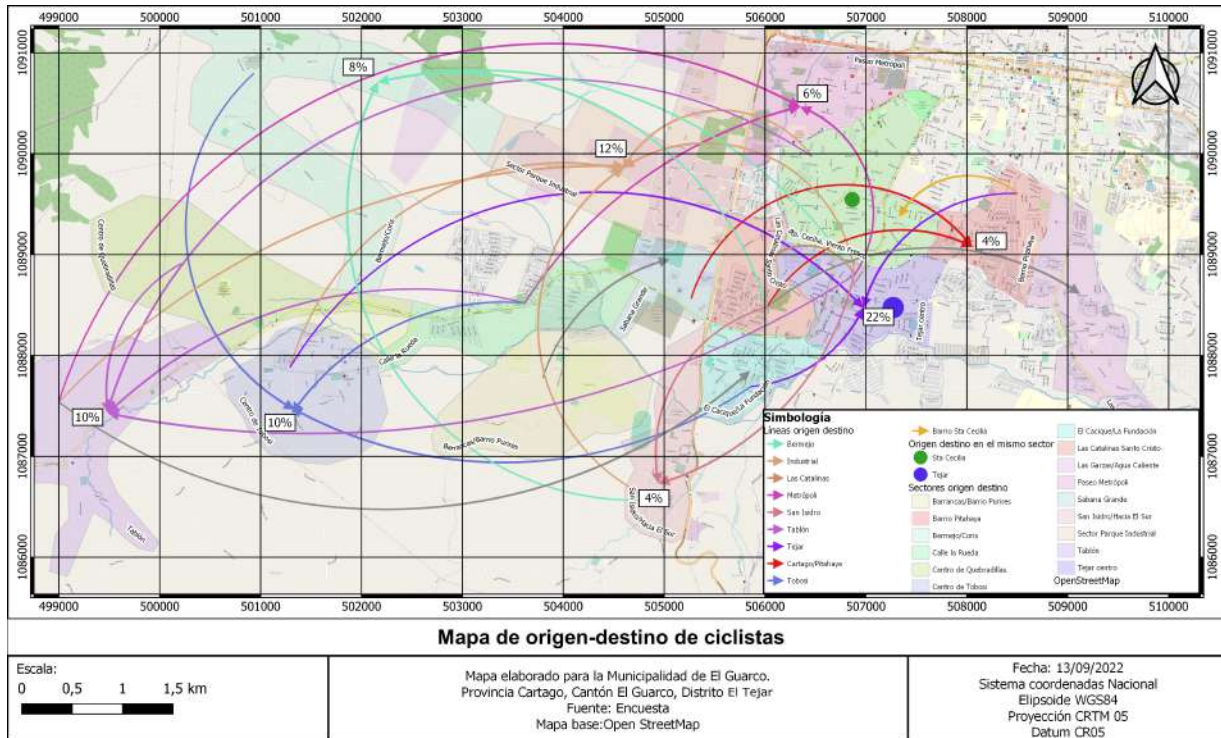


Figura 59. Mapa de origen-destino de ciclistas. Fuente: Elaboración propia, QGIS.

- Caracterización del usuario peatonal: Con respecto a los usuarios peatonales se les consultó la frecuencia con la que caminan por el cantón, donde 39 personas respondieron que caminan todos los días y solo 1 persona señaló que nunca lo hace; el resto de encuestados se encuentran en la mayoría en los rangos entre 3, 4 o 5 veces por semana.

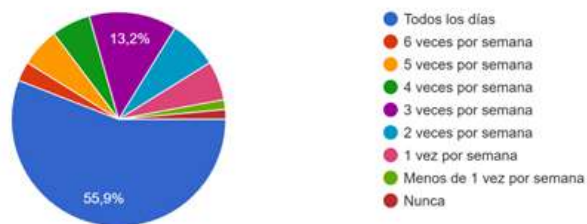


Figura 60. Gráfico de frecuencia de caminar por el cantón. Fuente: Google Forms.

Los propósitos de viajes de los encuestados, las respuestas fueron variadas; la mayoría siendo por compras, con un total de 48 personas, 30 por deporte/recreación, 23 por trabajo, 23 por traslado a centros educativos y 23 personas por trabajo. Se aclara que la línea 2 del gráfico es "Traslado a centros educativos (escuelas, colegios, universidad, entre

otros)”, la línea 6 “Para evitar el uso de transporte público” y la línea 7 “No camino, prefiero el uso de vehículo propio”.

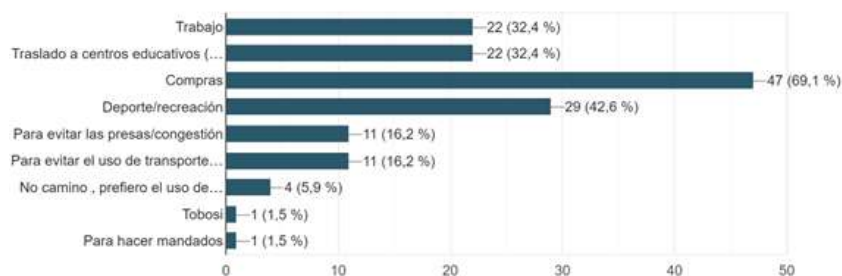


Figura 61. Gráfico de propósitos viaje caminando de los encuestados.
Fuente: Google Forms.

- Estado de las aceras: Por último, se les consultó a las personas acerca del estado de las aceras; los principales afectados o beneficiados de este punto son las personas que caminan por estos lugares para los fines mencionados anteriormente. De acuerdo con los datos obtenidos, se observa que la mayoría de las aceras del cantón se encuentran en mal o regular estado, pero son muy pocas las personas que indicaron que están en buen estado, por lo tanto, es importante intervenir esta infraestructura.

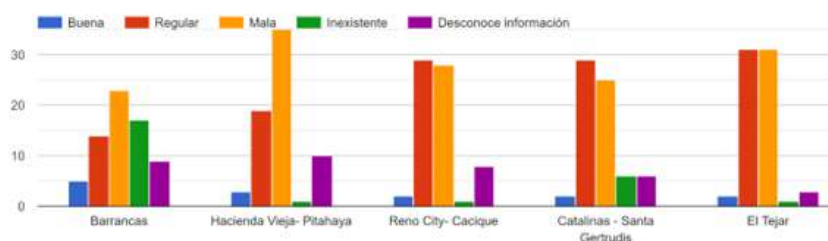


Figura 62. Gráfico de estado de las aceras del cantón.
Fuente: Google Forms.

Propuesta de infraestructura ciclista y peatonal

Trazo de ruta y planteamiento de la propuesta

Para el trazado de la ruta se consideraron los datos obtenidos en los puntos anteriores de conteos, encuestas, topografía, el flujo vehicular, velocidad de las vías, anchos de vías, orígenes-destinos de los ciclistas, entre otros factores, no obstante, dos de los factores de mayor interés para definir esta ruta preliminar fueron los de velocidad máxima vehicular (km/h) y el volumen

vehicular motorizado (Máximo Diario), debido a que según estos factores se puede determinar el tipo de Infraestructura Ciclista ideal (Cuadro 1, apartado de marco teórico).

Con los conteos realizados se obtuvo un mapa del volumen vehicular motorizado de las principales rutas donde se considera importante la implementación de la infraestructura ciclista. El caso de las velocidades, de igual manera, se obtuvo de los conteos, promediando las velocidades obtenidas en los días en los que fueron tomados estos datos. Además, la municipalidad brindó otros datos de interés de velocidad, principalmente de los sectores donde no se poseía información. Se adjunta la imagen de estas velocidades a considerar. Los mapas se muestran a continuación.

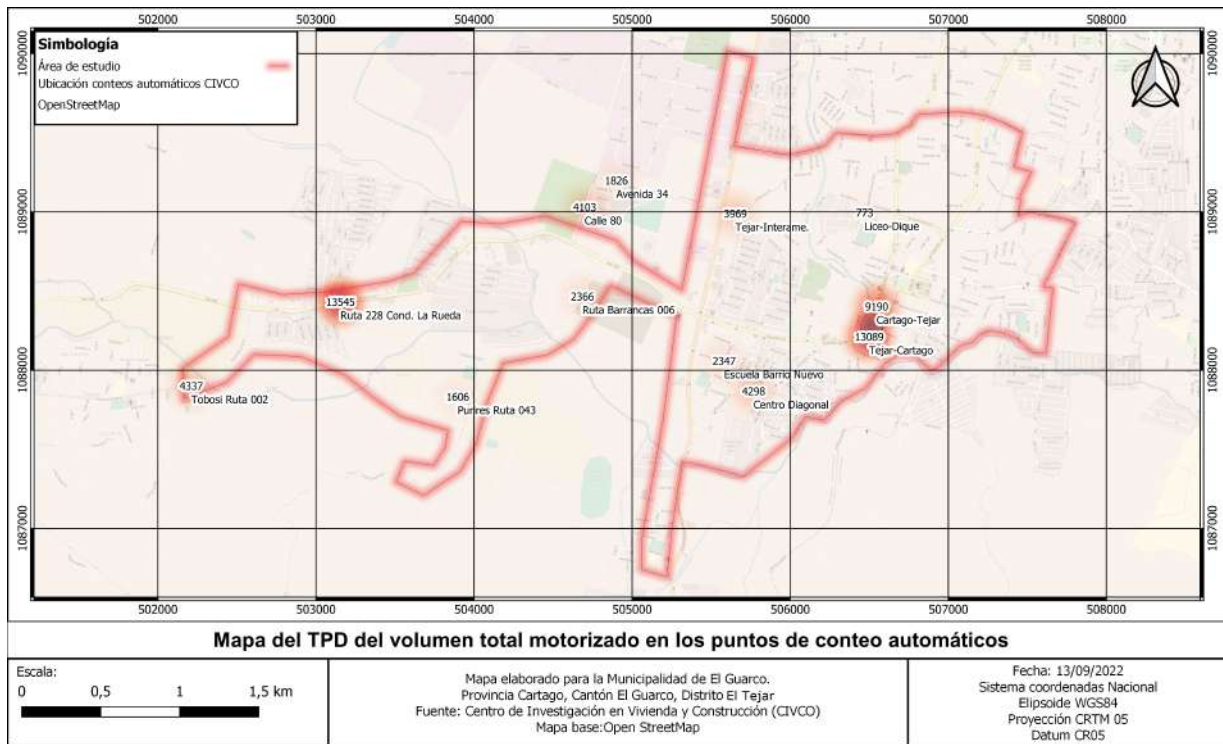


Figura 63. Mapa del TPD del volumen total motorizado en los puntos de conteo automáticos. Fuente: Elaboración propia, Qgis.

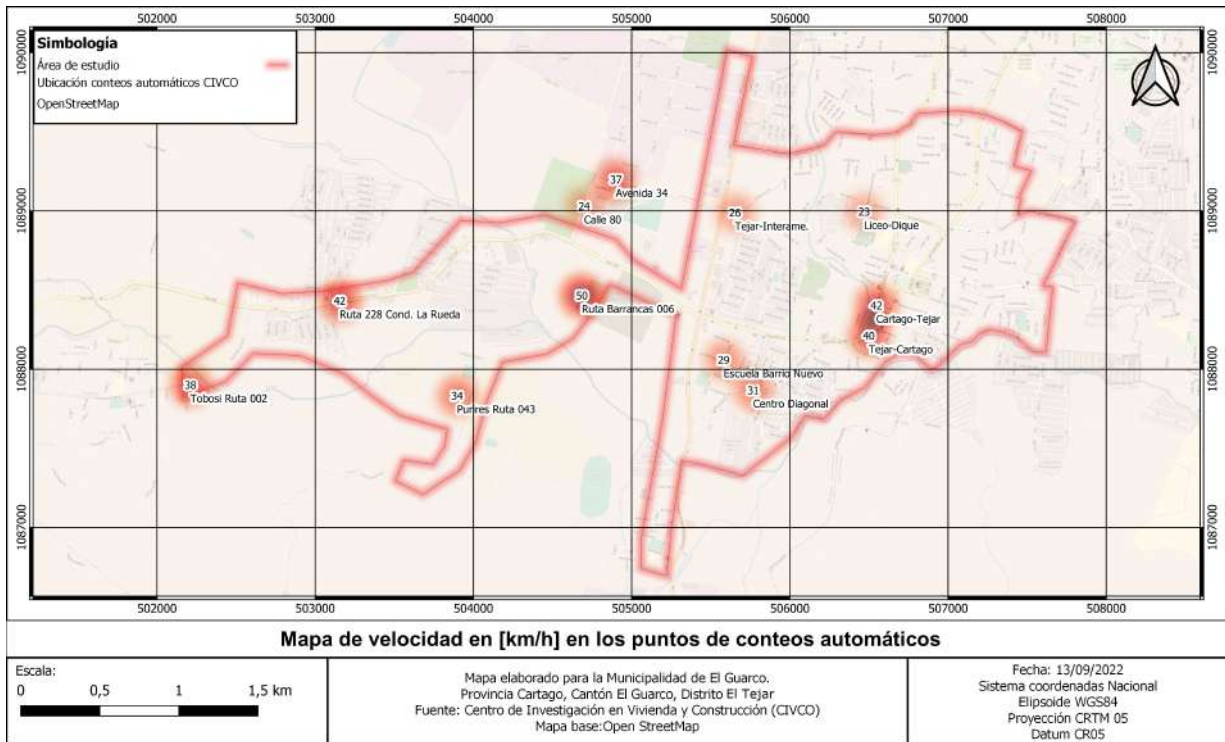


Figura 64. Mapa de velocidad en los puntos de conteos automáticos.
 Fuente: Elaboración propia.

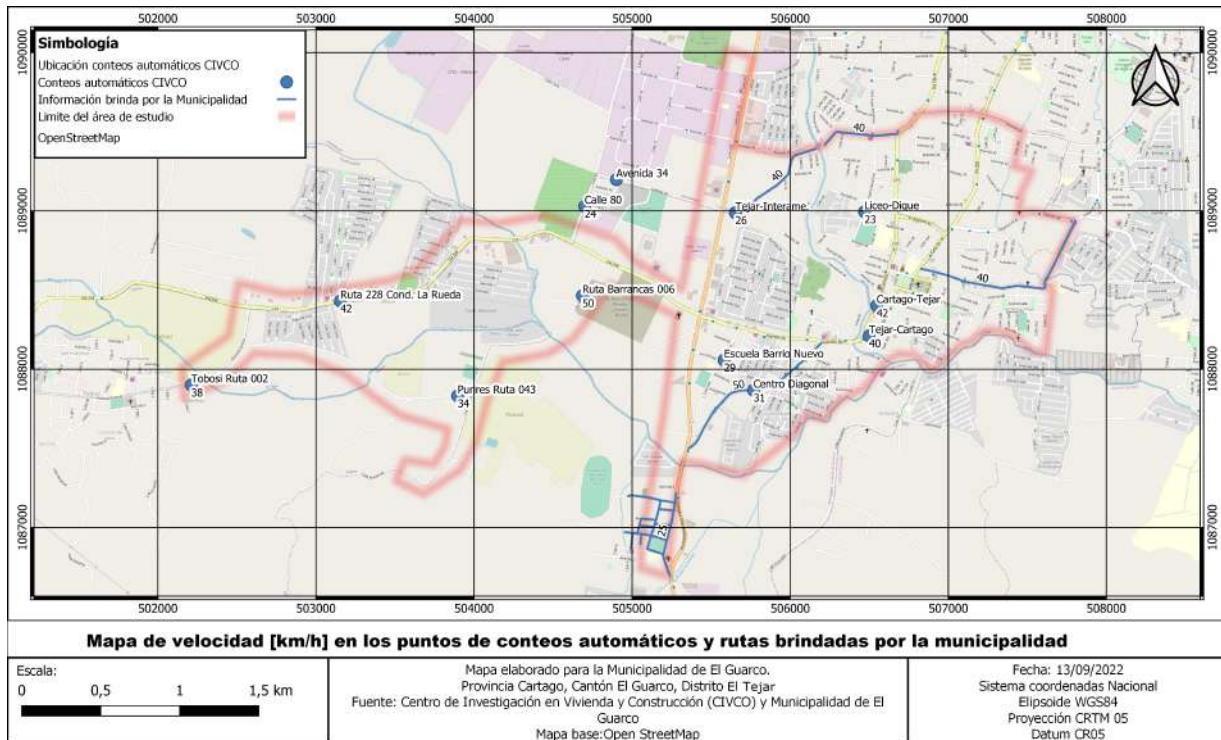


Figura 65. Mapa de velocidad en los puntos de conteos automáticos y rutas dadas por la municipalidad.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con base a los mapas anteriores, en donde se observan los datos de velocidad y volumen motorizado de tránsito, se estableció la ruta y tipo de infraestructura ciclista propuesta en cada sector. Se muestra a continuación con el tipo de infraestructura ciclista recomendada en cada ruta.

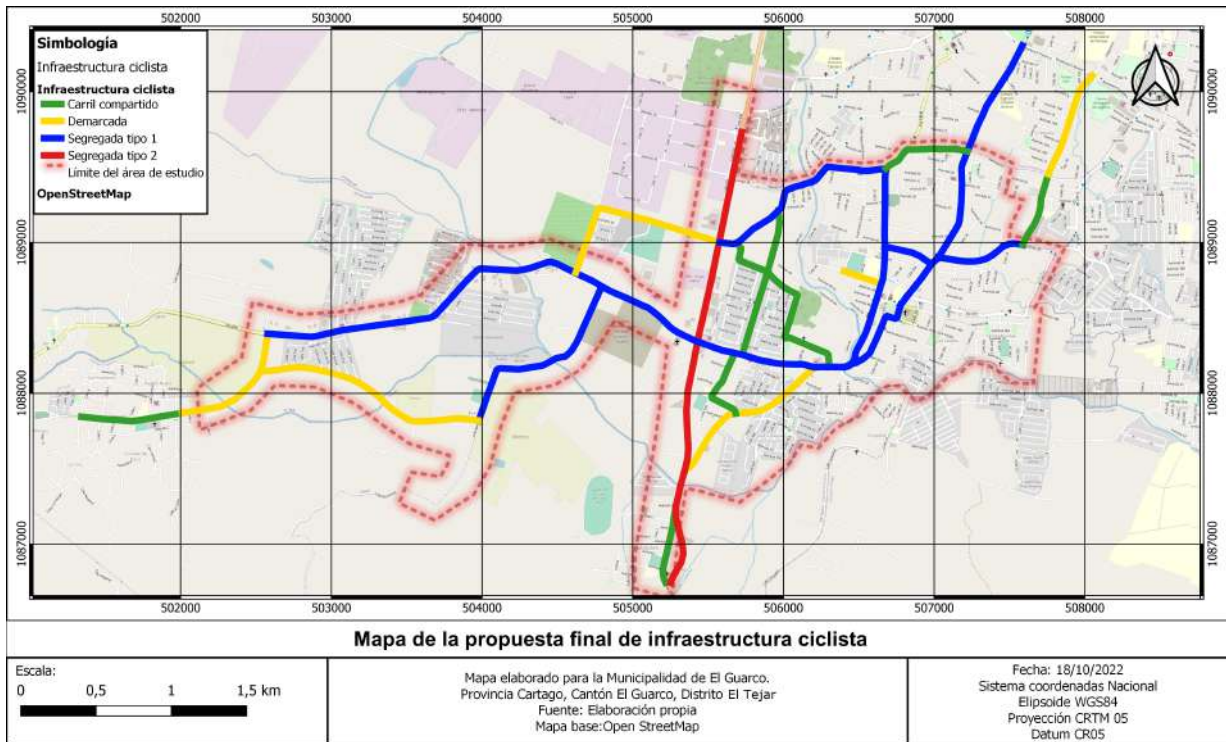


Figura 66. Mapa de la propuesta final de infraestructura ciclista.

Cuadro 20. Longitud de cada tipo de infraestructura ciclista propuesta

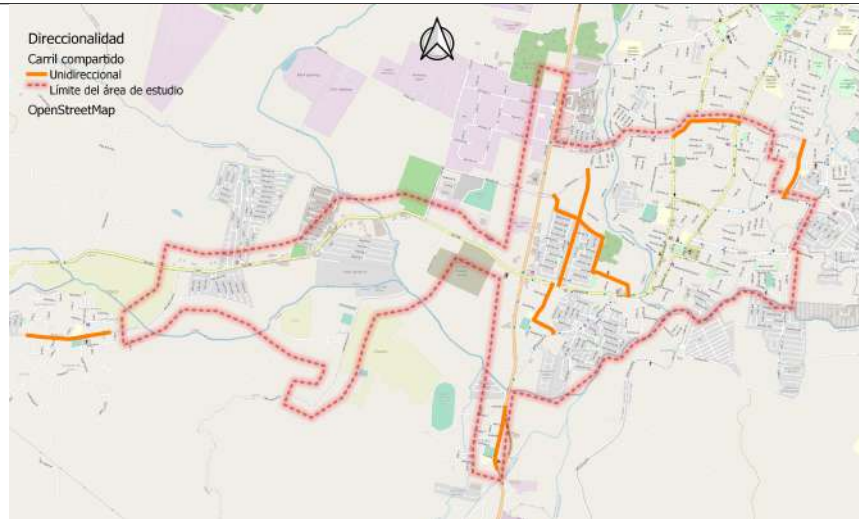
Infraestructura ciclista	Longitud [Km]
Segregada tipo 1	15,35
Segregada tipo 2	6,12
Demarcada	6,96
Carril compartido	5,52
Total	33,95

Fuente: Elaboración propia, Excel

En cuanto a la zona del parque del Tejar se sugiere la creación de un espacio compartido entre ciclistas y peatones, esto debido a que se logra una ruta mucho más directa y segura, pero manteniendo una demarcación clara que señale la ruta a seguir por los ciclistas, además, se propone una velocidad máxima de 10 km/h, priorizando a los peatones (Murillo, 2019, p. 27). Para evitar conflictos entre ciclistas y peatones se propone una ruta mostrada en el 6 en la intersección 6, esto para evitar los sitios más transitados por los peatones. Asimismo, a continuación, se muestran las secciones transversales de la infraestructura ciclista y peatonal, según el tipo de infraestructura ciclista.

Cuadro 21. Infraestructura ciclista carril compartido e infraestructura peatonal con sus respectivas secciones transversales

Infraestructura ciclista carril compartido e infraestructura peatonal



Fuente: Elaboración propia, Qgis

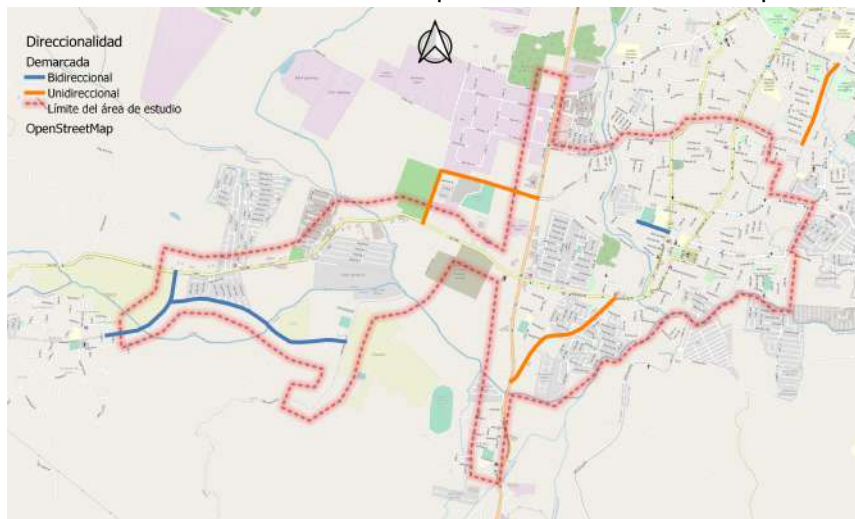
Sección transversal de infraestructura bidireccional



Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Cuadro 22. Infraestructura ciclista demarcada e infraestructura peatonal con sus respectivas secciones transversales

Infraestructura ciclista carril compartido e infraestructura peatonal



Fuente: Elaboración propia, Qgis

Sección transversal de infraestructura bidireccional



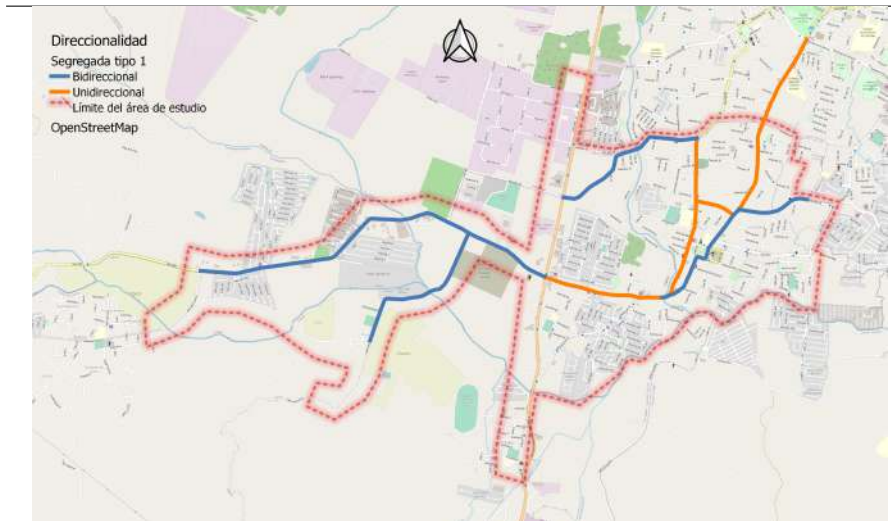
Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Sección transversal de infraestructura unidireccional



Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Cuadro 23. Infraestructura ciclista segregada tipo 1 e infraestructura peatonal con sus respectivas secciones transversales



Fuente: Elaboración propia, Qgis

Sección transversal de infraestructura bidireccional



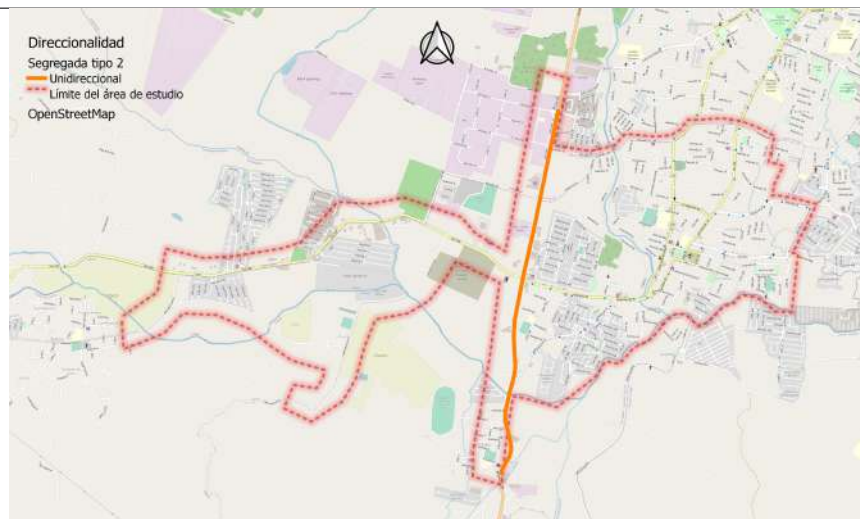
Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Sección transversal de infraestructura unidireccional



Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Cuadro 24. Infraestructura ciclista segregada tipo 2 e infraestructura peatonal con sus respectivas secciones transversales



Fuente: Elaboración propia, Qgis

Sección transversal de infraestructura unidireccional



Fuente: Elaboración propia, Streetmix

Es importante aclarar que en la imagen anterior se contemplan las futuras ampliaciones proyectadas para la ruta 2.

Finalmente, en la siguiente imagen se expone la ubicación de los detalles de las intersecciones que se consideraron más importantes; estas se pueden observar en la sección de Apéndices 6

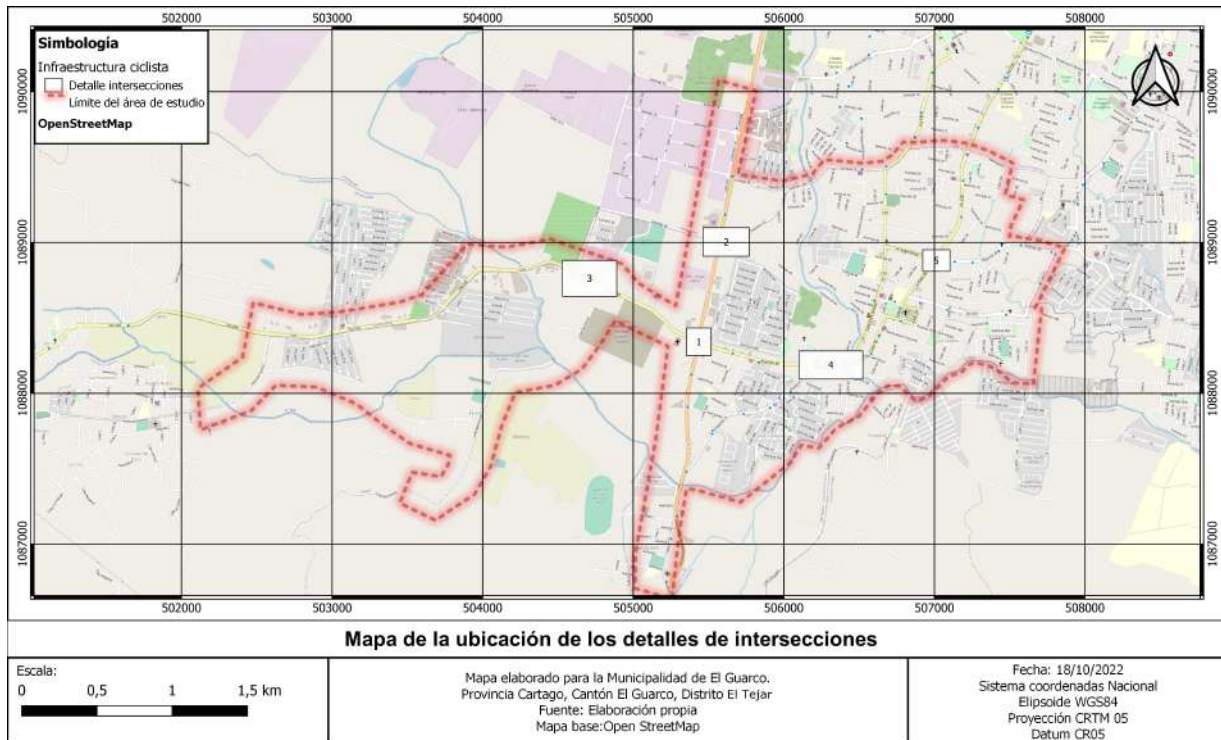


Figura 67. Ubicación de los detalles de las intersecciones seleccionadas
Fuente: Elaboración propia, Qgis

Determinación de las fases de intervención

Aplicación de matriz multicriterio para la priorización

Para la priorización de las distintas fases de intervención se implementó una matriz multicriterio en donde se tomaron en cuenta los factores anteriormente mencionados (conectividad entre sectores, seguridad peatonal y ciclista, uso de zonas residenciales o vías principales), con el fin de realizar una clasificación objetiva, en cuanto esta matriz permite una decisión que toma en una comparación directa cada factor y criterio generado.

Se entiende por decisión multicriterio, el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de los mismos (valor añadido del conocimiento). (Moreno, 1996, citado por Aznar y Guijarro, 2005, p. 23)

Para el análisis de cuáles deben ser los tramos con prioridad de construcción se implementó el método de valoración con información cualitativa mediante un proceso analítico jerárquico, el cual, según Aznar y Guijarro (2005), consiste en la:

selección de alternativas en función de una serie de criterios o variables, las cuales suelen estar en conflicto. Para ello pondera tanto los criterios como las distintas alternativas utilizando las matrices de comparación pareadas y la Escala Fundamental para comparaciones por pares. (p. 82)

A continuación, se detalla el desarrollo del método según lo especifica Aznar y Guijarro (2005) con la finalidad de establecer las distintas fases de intervención:

1. Inicialmente se establecen los tramos en los cuales será dividida la fase constructiva que representa el conjunto de alternativas a evaluar.

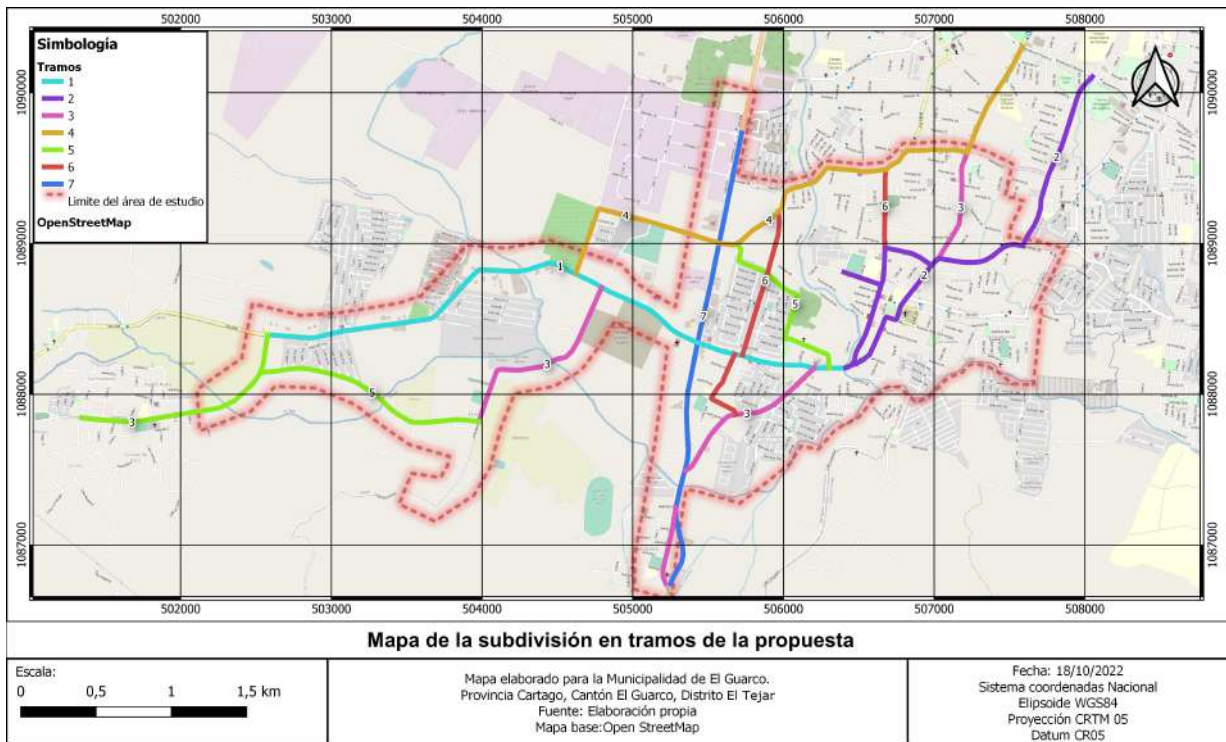


Figura 68. Mapa de la subdivisión en tramos de la propuesta de infraestructura
Fuente: Elaboración propia, Qgis.

2. Seguidamente, se establecieron los criterios a evaluar. En este caso los factores seleccionados son los que se implementaron en la encuesta realizada; conectividad entre sectores, seguridad peatonal y ciclista, uso de zonas residenciales o vías principales, cantidad de los usuarios de las rutas. Estos factores tendrán un valor asignado con base al siguiente cuadro.

Cuadro 25. Escala fundamental de comparación por pares

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B.
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B.
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho mas importante que el B.
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda.
2,4,6 y 8 Recíprocos de lo anterior	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar. Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Criterio A frente a criterio B 5/1 • Criterio B frente a criterio A 1/5 	

Fuente: Saaty, 1980, citado por Aznar y Guijarro (2005)

- Una vez establecidos las alternativas que, en este caso, corresponden a los distintos tramos, así como los criterios, se procede a ordenar y ponderar el diferente interés de cada uno de los criterios en la selección de las alternativas, asignando los valores con base al cuadro anterior.

Cuadro 26. Matriz A de comparación pareada de las variables explicativas.

Criterios	Seguridad ciudadana/vial	Conectividad entre sectores	Cantidad de usuarios actuales	Uso de zonas residenciales
Seguridad ciudadana y vial	1,00	3,00	7,00	4,00
Conectividad entre sectores	1/3	1,00	2,00	3,00
Cantidad de usuarios actuales	1/7	1/2	1,00	1/2
Uso de zonas residenciales	1/4	1/3	2,00	1,00
Total	1,73	4,83	12,00	8,50

Fuente: Elaboración propia, Excel.

- Seguidamente, se normalizan los elementos de la matriz A por la suma de su columna correspondiente, así como la obtención del vector B de prioridades globales, siguiendo lo establecido en la siguientes ecuaciones:

$$A_{normalizada} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (9)$$

$$\text{Calculo del vector } B = \left[\frac{b_1}{n}, \frac{b_1}{n}, \dots, \frac{b_1}{n} \right]^T \quad (10)$$

Cuadro 27. Matriz normalizada

Criterios	Matriz A normalizada por la suma				Vector B
Seguridad ciudadana/vial	0,58	0,62	0,58	0,47	0,56
Conectividad entre sectores	0,19	0,21	0,17	0,35	0,23
Cantidad de usuarios actuales	0,08	0,10	0,08	0,06	0,08
Uso de zonas residenciales	0,14	0,07	0,17	0,12	0,12

Fuente: Elaboración propia, Excel.

5. El producto de la matriz original A por el vector de prioridades globales B proporcionará una matriz columna denominada vector fila total C

Cuadro 28. Cálculo del vector C

	Matriz A				Vector B	Vector C
1,00	3,00	7,00	4,00	0,56	2,33	
0,33	1,00	2,00	3,00	0,23	0,96	
0,14	0,50	1,00	0,50	0,08	0,34	
0,25	0,33	2,00	1,00	0,12	0,51	

Fuente: Elaboración propia por medio de Excel.

6. Se realiza el cociente entre las matrices vector fila total $[c_n]$ y vector de prioridades globales $[b_n]$, y se obtiene otro vector columna D y la λ_{max}

Cuadro 29. Cálculo del vector D

Vector C	Vector B	Vector D
2,33	0,56	4,13
0,96	0,23	4,16
0,34	0,08	4,14
0,51	0,12	4,07

Fuente: Elaboración propia, Excel.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = 4,12 \quad (11)$$

7. Conocida la λ_{max} se calcula el Índice de consistencia (CI), la consistencia aleatoria en función de n con base en el cuadro 30 y se determina el Ratio de Consistencia (RC).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,12 - 4}{4 - 1} = 0,04 \quad (12)$$

Donde n representa el tamaño de la matriz.

Cuadro 30. Valores de la consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Fuente: Aznar y Guijarro (2005)

$$RC = \frac{CI}{Consistencia_{aleatoria}} = \frac{0,89}{0,04} * 100 = 5\% \quad (13)$$

El ratio de consistencia no debe superar en este caso el 9%, según lo establecido en el siguiente cuadro, por lo que resulta aceptable el valor obtenido.

Cuadro 31. Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Fuente: Aznar y Guijarro (2005)

- El siguiente paso consiste en realizar la ponderación de cada uno de las alternativas (para este caso los tramos) que se van a utilizar para determinar el interés de cada una de estas, obteniendo el peso o importancia relativa de cada una de las alternativas para el criterio i .

Cuadro 32. Matriz de comparación de los tramos bajo el criterio "Seguridad ciudadana/vial"

Criterios	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6	TRAMO 7
TRAMO 1	1	1	1	4	5	6	1
TRAMO 2	1	1	6	6	7	7	1/2
TRAMO 3	1	1/6	1	2	4	4	1/6
TRAMO 4	1/4	1/6	1/2	1	3	3	1/5
TRAMO 5	1/5	1/7	1/4	1/3	1	2	1/6
TRAMO 6	1/6	1/7	1/4	1/3	1/2	1	1/5
TRAMO 7	1	2	6	5	6	5	1

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Cuadro 33. Matriz normalizada para el criterio "Seguridad ciudadana/vial"

Criterios	Matriz normalizada por la suma							Vector B
TRAMO 1	0,22	0,22	0,07	0,21	0,19	0,21	0,31	0,20
TRAMO 2	0,22	0,22	0,40	0,32	0,26	0,25	0,15	0,26
TRAMO 3	0,22	0,04	0,07	0,11	0,15	0,14	0,05	0,11
TRAMO 4	0,05	0,04	0,03	0,05	0,11	0,11	0,06	0,07
TRAMO 5	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,07	0,05	0,04
TRAMO 6	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,03
TRAMO 7	0,22	0,43	0,40	0,27	0,23	0,18	0,31	0,29

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Asimismo, se realiza la normalización de la matriz para obtener el vector B que representa las prioridades ponderadas en relación el criterio en análisis. Este procedimiento se realiza con cada uno de los criterios, dando como resultado el siguiente cuadro en donde se puede observar el peso relativo de cada una de las alternativas en relación con el criterio en cuestión, así como el resultado de la ponderación general que "permite ordenar las alternativas de mayor a menor interés y además cuantifica cuál es el interés de cada alternativa con respecto a las otras en función de todos los criterios y de su importancia" (Aznar y Guijarro, 2005, p. 87).

Cuadro 34. Matriz de priorización de la infraestructura ciclistas

Criterio/Alternativa	Seguridad ciudadana/vial	Conectividad entre sectores	Cantidad de usuarios actuales	Uso de zonas residenciales	Priorización
TRAMO 1	20 %	22 %	33 %	3 %	20 %
TRAMO 2	26 %	22 %	11 %	16 %	23 %
TRAMO 3	11 %	5 %	10 %	21 %	11 %
TRAMO 4	7 %	18 %	6 %	9 %	9 %
TRAMO 5	4 %	4 %	11 %	13 %	5 %
TRAMO 6	3 %	3 %	3 %	34 %	7 %
TRAMO 7	29 %	26 %	27 %	3 %	25 %
Prioridades globales	56 %	23 %	8 %	12 %	-

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Cuadro 35. Matriz de priorización de la infraestructura peatonal

Criterio/Alternativa	Seguridad ciudadana/vial	Conectividad entre sectores	Cantidad de usuarios actuales	Uso de zonas residenciales	Priorización
TRAMO 1	20 %	22 %	17 %	3 %	18 %
TRAMO 2	26 %	22 %	23 %	16 %	24 %
TRAMO 3	11 %	5 %	19 %	21 %	12 %
TRAMO 4	7 %	18 %	8 %	9 %	10 %
TRAMO 5	4 %	4 %	4 %	13 %	5 %
TRAMO 6	3 %	3 %	26 %	34 %	9 %
TRAMO 7	29 %	26 %	2 %	3 %	23 %
Prioridades globales	56 %	23 %	8 %	12 %	-

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Con base a la priorización, tanto ciclista como peatonal, se ponderaron los valores obtenidos, dando como resultado la siguiente priorización de los tramos.

Cuadro 36. Priorización constructiva propuesta

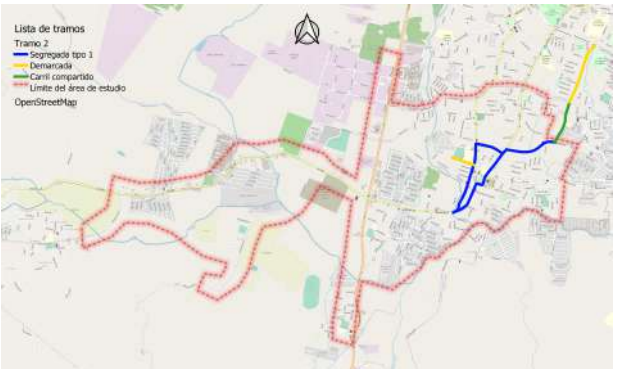
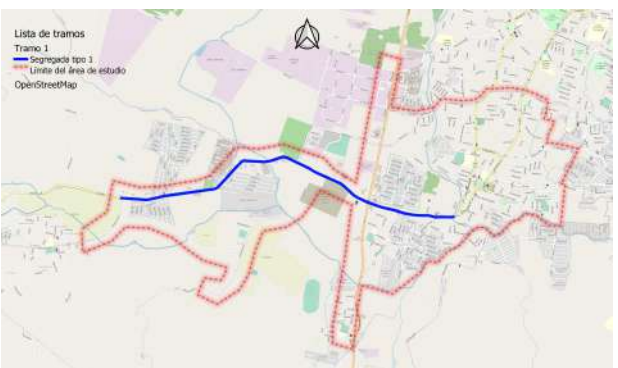
Prioridad constructiva		
Fase 1	TRAMO 7	24 %
Fase 2	TRAMO 2	23 %
Fase 3	TRAMO 1	19 %
Fase 4	TRAMO 3	11 %
Fase 5	TRAMO 4	9 %
Fase 6	TRAMO 6	8 %
Fase 7	TRAMO 5	5 %

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Priorización constructiva

A continuación, se presenta el resumen de las fases propuestas, en donde se puede observar cada tramo con su respectiva tipo de infraestructura ciclista propuesta, así como la longitud de cada tipo.

Cuadro 37. Prioridad de intervención en infraestructura ciclista y peatonal.

Fase	Detalle	Tramos correspondientes
1	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 7 ● Tipo de infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 2: 3,06 km 	 <p>Lista de tramos Tramo 7 — Segregada tipo 2 --- Límite del área de estudio OpenStreetMap</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 2 ● Tipo de infraestructura: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 1: 2,79 km - Demarcada: 0,98 km - Carril compartido: 0,5 km 	 <p>Lista de tramos Tramo 2 — Segregada tipo 1 — Demarcada — Carril compartido --- Límite del área de estudio OpenStreetMap</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 1 ● Infraestructura ciclista: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 1: 4,16 km 	 <p>Lista de tramos Tramo 1 — Segregada tipo 1 --- Límite del área de estudio OpenStreetMap</p>

Continúa en la siguiente página

Continuación de la tabla

Fase	Detalle	Tramos correspondientes
4	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 3 ● Infraestructura ciclista: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 1: 2,12 km - Demarcada: 1,14 km - Carril compartido: 1,19 km 	
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 4 ● Infraestructura ciclista: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 1: 2,32 km - Demarcada: 1,28 km - Carril compartido: 0,4 km 	
6	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 6 ● Infraestructura ciclista: <ul style="list-style-type: none"> - Segregada tipo 1: 0,52 km - Carril compartido: 1,52 km 	
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Tramo 5 ● Infraestructura ciclista: <ul style="list-style-type: none"> - Demarcada: 2,42 km - Carril compartido: 2,30 km 	

Fuente: Elaboración propia, Qgis

Se considera necesario explorar la implementación de infraestructura que permita una adecuada conexión con otros sectores: Cartago centro, Higuito, al este de El Tejar, Quebradilla, entre otros. Debido a que son sectores transitados por personas del cantón y en conjunto con otras instituciones se pueden realizar convenios para aumentar el alcance la infraestructura en la provincia.

Fomento de la intermodalidad

Como mecanismo para fomentar el uso de la infraestructura ciclista, así como para poder crear un proyecto más integro, se proponen la implementación de biciparqueos a lo largo del recorrido ciclista, en lugares estratégicos que logren la conexión de las rutas del transporte público con la infraestructura ciclista, con el fin de facilitar el desplazamiento de los ciclistas, reduciendo el tiempo de viaje, creando una red de transporte de movilidad sostenible y dándole la posibilidad al ciclista que de poder dejar su bicicleta en un lugar seguro mientras se moviliza en otros medios de transporte, por lo cual fue implementada información brindada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (Aresep) relacionada con los rutas y paradas de los autobuses en la zona de estudio, dicha información se detalla en el Apéndice 5. A continuación, se muestra la ubicación de los cicloparqueos propuestos; en el Anexo 4 en donde se puede observar el detalle del tipo de cicloparqueo propuesto.

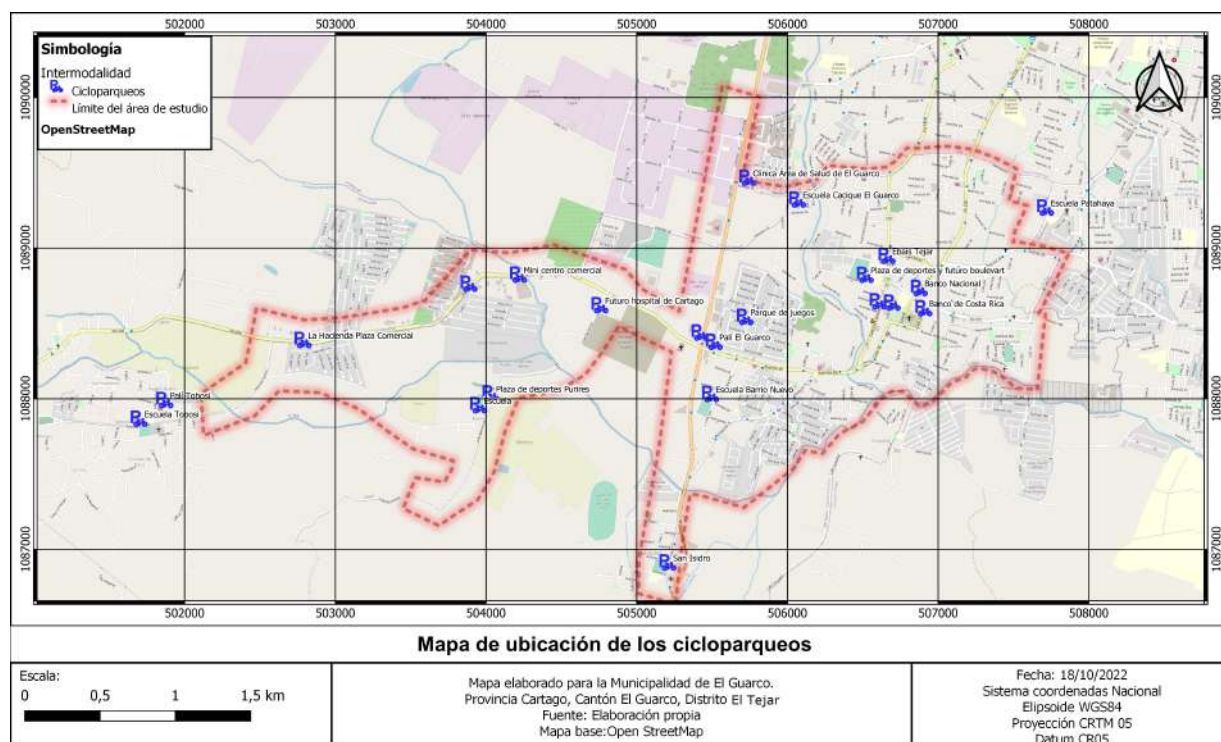


Figura 69. Propuesta de ubicación de los cicloparqueos
Fuente: Elaboración propia, Qgis.

Es recomendable además, que la municipalidad gestione ante el Consejo de Transporte Público que los autobuses cuenten con portabicicletas (racks) que permitan un viaje intermodal para los ciclistas.

Presupuesto

El presupuesto realizado fue basado en precios unitarios de acuerdo con los elementos necesarios para la implementación de cada tipo de infraestructura ciclista y de infraestructura peatonal. Se realizó un presupuesto global considerando el tipo de infraestructura; para el caso de la infraestructura peatonal, se propuso la misma para todos los tramos de infraestructura ciclista. A estos se le asignaron porcentajes a los costos directos (insumos y mano de obra) y a los indirectos (administrativo y utilidad). En el apartado de Apéndice se muestran estos porcentajes y los respectivos costos unitarios de cada elemento.

En el siguiente cuadro se muestra el resultado del costo por cada tramo y el porcentaje respecto a la obra de cada tramo. Siendo el tramo 3 y 7 los de mayor valor.

Cuadro 38. Costo estimado de cada tramo propuesto.

Tramo	Longitud [Km]	Porcentaje respecto a la obra total %	Costo infra-estructura ciclista	Costo infra-estructura peatonal
1	5,18	15 %	₡334 110 439	₡ 187 153 993
2	5,54	16 %	₡ 272 342 242	₡ 200 160 834
3	6,35	19 %	₡211 633 436	₡ 229 426 227
4	4,00	12 %	₡188 158 244	₡ 144 520 458
5	4,72	14 %	₡ 30 267 036	₡ 170 534 140
6	2,04	6 %	₡ 37 652 003	₡ 73 705 433
7	6,12	18 %	₡ 475 168 310	₡ 221 116 300
Total	33,95		₡ 1 549 331 710	₡ 1 226 617 385

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Además, con el tema de costos es de sumo interés conocerlos de acuerdo con el tipo de ruta debido a los convenciones que se pueden realizar para disminuir costos de construcción. En este caso, fueron 4 tipos de rutas las que se involucraron en la propuesta de infraestructura y se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 39. Costo aproximado por tipo de ruta

Tipo de ruta	Longitud [Km]	Porcentaje respecto a la obra total %	Costo infra-estructura ciclista	Costo infra-estructura peatonal
Nacional	16,65	49 %	₡ 1 154 354 202,36	₡ 601 566 405,25
Travesía	2,88	8 %	₡ 61 354 011,74	₡ 104 054 729,56
Municipal	13,19	39 %	₡ 325 089 942,80	₡ 476 556 209,32
Municipal (Cartago)	1,23	4 %	₡ 8 533 552,73	₡ 44 440 040,75

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Para esta propuesta, los 4 tipos de infraestructura resultaron ser compartida, demarcada, segregada tipo 1 y 2. Cada una de estas cuenta con un costo diferente debido a que alguna requieren de más materiales en la calzada, señalización vertical, horizontal y demás. Se calculó el costo por km de cada tipo, por lo tanto en el siguiente cuadro se muestra ese costo mencionado. El caso de las aceras, se propuso el mismo tipo de infraestructura peatonal para todos los tipos ciclovías.

Cuadro 40. Costo aproximado por tipo de infraestructura con y sin infraestructura peatonal.

Infraestructura ciclista	Longitud [Km]	Costo/km sin acera	Costo/km con acera
Segregada tipo1	15,35	₡ 64 500 084,71	₡ 100 630 199,14
Segregada tipo2	6,12	₡ 77 641 880,78	₡ 113 771 995,21
Demarcada	6,96	₡ 4 967 973,89	₡ 23 033 031,10
Carril compartido	5,52	₡ 2 705 235,96	₡ 38 835 350,39

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Por último, se muestra una tabla resumen con el monto total de la infraestructura ciclista y peatonal por fase de intervención obtenida en la priorización de tramos. Recordando que el presupuesto mostrado no incluye elementos como mejoras en los sistemas de drenaje ni consideraciones hidráulicas dado que se encuentra fuera del alcance del presente proyecto. De esta forma, se obtiene que el monto total del presupuesto global es de ₡ 2 775 949 094.

Cuadro 41. Costo por fase de intervención propuesta .

Fase de intervención	Detalle de fase	Costo total
7	Tramo 5 Infraestructura ciclista: Demarcada 2,42 km carril compartido 2,30 km	€696 284 610,66
2	Tramo 2 Tipo de infraestructura: segregada tipo 1 de 2,79 km demarcada 0,98 km carril compartido: 0,5 km	€472 503 076,17
1	Tramo 7. Tipo de infraestructura: segregada tipo 2 de 3,06 km	€521 264 431,54
3	Tramo 1 Infraestructura ciclista: segregada tipo 1 de 4,16 km	€441 059 662,30
4	Tramo 3 Infraestructura ciclista: segregada tipo 1: 2,12 km demarcada: 1,14 km carril compartido: 1,19 km	€332 678 701,28
6	Tramo 6 Infraestructura ciclista: segregada tipo 1 de 0,52 km carril compartido de 1,52 km	€111 357 436,14
5	Tramo 4 Infraestructura ciclista: segregada tipo 1 de 2,32 km demarcada de 1,28 km carril compartido de 0,4 km	€200 801 176,41
Total		€ 2 775 949 094,50

Fuente: Elaboración propia, Excel.

Análisis de los resultados

De acuerdo con lo estipulado en los objetivos de proyecto, se realizó primeramente una recopilación de información relacionada con manuales, leyes, proyectos de graduación y demás elementos que sirvieran como base teórica para el actual proyecto.

Se procedió con la caracterización del sitio en estudio, estando este ubicado en el cantón de El Guarco, en la provincia de Cartago, con una superficie total de 167,69 km², como se puede observar en la Figura 30, el área de estudio abarca en su mayoría el distrito del El Tejar e involucra distritos colindantes como lo son Tobosi, San Isidro, Guadalupe y Quebradillas. La identificación de las zonas primarias, secundarias, travesías y municipales resultan de suma importancia para poder identificar cuáles instituciones podrían estar involucradas en el desarrollo del proyecto de una u otra manera; estas se pueden visualizar en la Figura 31.

Parte de la necesidad del proyecto se basa en la identificación de la topografía del terreno del sitio, factor que resulta indispensable al momento de realizar el diseño de la infraestructura ciclista y peatonal, ya que brinda información relacionada con el tipo de terreno en el que se desarrollará el proyecto; como base para este proyecto se utilizó la información brindada por el Sistema de información territorial del Instituto Geográfico Nacional, detallada en la Figura 32 en donde se muestran las curvas de nivel a cada 2 metros, en la cual además queda claro como en la parte sur y oeste del área de estudio se presentan mayores relieves elevados como montañas, debido a la densidad de las curvas en esos sectores, dejando el sector del cantón como una llanura importante para la cual, en caso de implementar una ciclo vía, resultará importante no poseer cambios bruscos en el relieve para ayudar a que los viajes de las personas sean menos agotadores que si se presentaran muchos cambios de esta clase.

La identificación de los riesgos naturales que podrían presentarse en área de estudio es otro de los factores que podrían intervenir en el adecuado funcionamiento de la obra; en este caso en la Figura 33 se tiene el mapa de riesgos naturales en el sitio de estudio, en donde se observa que las inundaciones representan unos de las contingencias más significativas, esto por la cantidad de ramales de ríos presentes a lo largo del cantón y específico de el área de estudio, de igual manera se deben tomar en cuenta las fallas paleotectónicas y del cuaternario que afectan a la zona.

Parte indispensable del desarrollo del presente proyecto consistió en la interpretación y extracción de información de los trabajos finales de los cursos de taller de diseño relacionados con la movilidad sostenible en el cantón de El Guarco, los cuales fueron insumo de gran importancia para recabar datos. Dichos proyectos se enumeran en seguida:

- Plan Para La Movilidad Ciclista Y Peatonal Casco Central El Tejar
- Análisis de la movilidad peatonal y ciclista de la ruta interamericana sur. Tramo Parque Industrial-Entrada Higuito
- Plan para la movilidad ciclista y peatonal Ruta Nacional 228 y ruta cantonal Tobosi - Barrancas

- Plan para la movilidad ciclista y peatonal en el sector El Tejar – La Pitahaya de la provincia de Cartago
- Plan para la movilidad ciclista y peatonal Fundación-Cacique
- Plan para la movilidad ciclista y peatonal Ruta Nacional 228 entre La Catalinas – Santa Gertrudis

El detalle de la ubicación de sector asignado a cada grupo de trabajo del curso de taller de diseño se puede visualizar en la Figura 34 en la sección de resultados.

Como parte del reconocimiento del sitio, se realizó una visita en conjunto con la Municipalidad de El Guarco, en donde se recorrió el área de estudio, haciendo distintas paradas para la realización de diversas aclaraciones por parte de la Arquitecta Ercilia Gómez, encargada del proyecto en la municipalidad; los puntos de interés identificados y con los cuales se requería que conectara la ciclovía se pueden visualizar en la Figura 35. Estos puntos fueron la base para poder trazar la ruta preliminar buscando generar una red que incluyera estos sitios.

Como parte de la recopilación y estandarización de los datos presentes en los talleres de diseño se logró establecer el estado de las aceras para gran parte del proyecto. En lo que se refiere al territorio comprendido de El Guarco, el estado de las aceras se clasificó como bueno, regular o no existente, esto con base al factor de Índice de condición de aceras (ICA) que implementa la ecuación 1; así, con dicha información se elaboró el mapa de la Figura 36 en donde se puede visualizar de manera gráfica la información recopilada, asimismo, se realiza la aclaración de que el sector de Barrancas Tobosi no cuenta con aceras a lo largo del recorrido realizado.

También, se gestionó un mapa para detallar tanto los derechos de vía así como anchos de calzada, esto con la finalidad de poder realizar propuestas realistas que respondieran a la necesidad del sitio; ver Figuras 37 y 38.

En la Figura 39 se visualizan los sitios en donde tanto peatones y ciclistas poseen mayor riesgo. Estos datos funcionan como referencia para poder conocer cuáles sitios deben tener mayor atención en cuanto al resguardo de la seguridad de los ciudadanos.

Una de las etapas de mayor demanda de tiempo a lo largo de la elaboración del proyecto consistió en la caracterización de los flujos de los ciclistas y peatones, para lo cual se realizó una exhaustiva recopilación de datos e información de cada uno de los informes de los talleres de diseño en relación con los conteos automáticos y manuales realizados.

En relación con los conteos automáticos, se tuvo la ventaja de poder obtener los valores de manera directa por parte de CIVCO, estos se ubicaron en un total de doce puntos a lo largo del área en estudio (Figura 40), realizados mediante la implementación del equipo que se muestra en la figura del Anexo 3a. Para cada uno de los doce puntos se realizó el mismo procesamiento de los datos, en el Cuadro 4 se detalla el tipo de información y la estructura de las tablas de datos obtenidas mediante el contador automático; en este caso, al tratarse de cantidades de datos tan grandes, solo se coloca este cuadro para representar la estructura y el tipo de información que se obtiene.

Seguidamente, se puede visualizar en la Figura 41 la velocidad registrada en este punto, la cual ronda desde los 35 km/h hasta los casi 50 km/h aproximadamente. En cuando al volumen vehicular del sitio se puede observar (Figura 41) que este llega a superar los 12000 automóviles en

un día. En relación con el volumen específicamente de ciclistas en el sitio, se tienen los gráficos de las Figuras 42 y 43 en donde se visualizan las horas pico de los usos de este medio transporte, en este caso siendo de las 5 am-7 am y las 4 pm-5 pm, de lunes a viernes aproximadamente; en el caso de los fines de semana manteniéndose a lo largo de la mañana. En el Cuadro 5 es posible observar de manera detallada cantidad de ciclistas que circularon por ese punto a lo largo del semana del 21 de septiembre al 28 de septiembre de 2021, dando como resultado un tránsito promedio diario semanal (TPDS) de 1099 ciclistas. Cabe resaltar que en la sección de resultados se muestra el procedimiento detallado que se le dio a la información relacionada con el punto ubicado en en la Ruta Nacional 228 Condominio la Rueda, pero en el Apéndice 1 se muestra el detalle para cada uno de los otros puntos.

A continuación, utilizando como semana modelo la obtenida del punto Ruta Nacional 228 Condominio la Rueda, se estimó un porcentaje de volumen por hora de ciclista (Ecuación 2) a lo largo del día, de lunes a domingo, esto para poder estimar el TPD en el caso de los conteos manuales; dichos porcentajes se observan en el Cuadro 6. De igual manera, se obtuvo un factor diario por día de la semana, esto con el fin de estandarizar los valores del resto de las semanas en los distintos puntos (Cuadro 7).

Como parte del procesamiento de datos realizado se procedió con el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) tanto para el volumen ciclista como para el volumen de tránsito total, con la finalidad de poder realizar proyecciones de los volúmenes a diez años y hacer una estimación del crecimiento que este tendrá, lo cual se realizó implementando las Ecuaciones 5 y 6, dando como resultado un TPDA ciclista de 175 (Cuadro 8) y un TPDA del tránsito total de 14380 (Cuadro 10) en el punto Ruta Nacional 228 Condominio la Rueda. De este modo se procedió con cada uno de los demás puntos, dando como resultado el Cuadro 11, que resume los TPDA ciclista y total vehicular en cada conteo automático realizado. El resumen del TPDA ciclista se observa de manera gráfica en el mapa de calor mostrado en la Figura 44 permitiendo evidenciar que los puntos que registran mayor presencia de ciclista es el punto Ruta Nacional 228 Condominio la Rueda y el de Tejar-Cartago.

Como se mencionó anteriormente se buscaba llevar a cabo una proyección de los datos actuales a diez años, es decir, al 2033, para lo cual se utilizó la Información del Tránsito Promedio Diario Anual " del Ministerio de obras públicas y transporte que contiene estadísticas de volúmenes vehiculares de distintos años, esto con el objetivo de poder obtener una tasa de crecimiento que permitiera realizar las proyecciones requeridas. Las estaciones identificadas dentro del área de estudio se detallan en el Cuadro 12. Con base a las información recabada en cada una de estas estaciones, se logró obtener una tasa de crecimiento promedio de 1,054 %, con base a la ecuación 7, y haciendo uso de la tasa de crecimiento calculada se realizaron las proyecciones de los TPDA ciclistas y vehiculares. Por su parte, en el Cuadro 13 se muestra el resumen de los TPDA ciclistas obtenidos para cada año en el caso del punto Ruta Nacional 228 Condominio La Rueda, los mismo se efectuó en cada punto de conteo automático, dando como producto el Cuadro 14. El procedimiento anterior fue el mismo a seguir en el caso de los TPDA vehiculares, cuyos resultados se pueden visualizar en los Cuadros 15 y 16. Finalmente, de manera resumen se tiene la Figura 46 donde se muestra los TPDA en los en puntos de conteo del CIVCO y estaciones del MOPT proyectados al 2033.

Ahora, en relación con los conteos manuales ubicados en los puntos mostrados en la Figura

47, se obtuvo información de las mañanas (Figura 48) y tardes (Figura 49); cada uno de los puntos se procesaron de la misma manera, por lo que en la sección de resultados se detalla el procedimiento seguido para el sector Cuadrantes el Tejar.

Por consiguiente, en el Cuadro 17 se visualiza información que incluye conteos en horarios específicos, por lo que con base al Cuadro 6 mencionado anteriormente, se estimó el porcentaje de volumen diario de ciclistas en los 4 puntos (Cuadro 18) e, implementando la Ecuación, 8 se estimó el tránsito promedio diario para los puntos ubicados en el sector de Cuadrantes el Tejar obteniendo como resultado el Cuadro 19; siguiendo el mismo procedimiento para cada uno de los demás sectores, se obtiene el resumen en la Figura 50 en donde se tiene el mapa de TPD ciclistas a partir de conteos realizados de manera manual. Es importante aclarar que los puntos que se visualizar corresponden a aquellos que no contaban con dirección, por lo que se representaron de esa manera.

En resumen, se tiene el mapa de la Figura 52 el cual realiza una recopilación de la propuestas de infraestructura ciclista finales, dadas en cada caso. De acuerdo a este mismo orden de ideas, se realizó un mapa con dicha información, con el fin de observar la variabilidad de estas y tomarlas en consideración al momento de realizar la propuesta final.

Como parte de la recopilación de información se aplicó una encuesta en línea para poder obtener información complementaria (un total de 68 personas respondieron la encuesta, 66 personas habitantes del El Guarco, parte de la información recopilada determinó que al menos un 70 % de los encuestados se encontraban en un rango de edad de los 30-49 años (Figura 53) y que, además, del 100 % de los encuestados 52 % fueron mujeres y el resto hombres (54). Al mismo tiempo, se consideró definir factores para la aplicación del modelo multicriterio, por lo que se buscó que cada encuestado le asignara una puntuación de 1 de menor importancia a 5 de mayor importancia para poder conocer cuáles resultaban de mayor relevancia, los factores considerados fueron conectividad entre sectores, seguridad vial, uso zonas de residenciales, seguridad ciudadana y cantidad de usuarios actuales; en la Figura 55 se muestra que los factores de mayor importancia para los encuestados corresponde a la seguridad ciudadana y vial, seguida de la conectividad, uso de residenciales y cantidad de usuarios actuales.

En la Figura 56 se tiene la predominancia en el uso de la bicicleta por parte de los encuestados, en donde se evidencia que un 42 % hacen uso de la bicicleta de 6-7 días a la semana, seguido por un 11 % que lo hace al menos cuatro veces semanales, lo que demuestra un gran uso del medio de transporte por parte de encuestados. Por otro lado, en la Figura 57 se especifican el propósito viaje en bicicleta de los encuestados, en donde se determinó que en su mayoría corresponden a recreación/deporte con un total de 37 personas y 22 personas por trabajo.

Al mismo tiempo, se consultó los orígenes-destino, para poder conocer cuáles son los poblados a los que más viajes en bicicleta realizan los encuestados, en la Figura 59 se observa que un 22 % de los viajes se hacen hacia el Tejar, o dentro de este, seguido del sector del parque industrial con un 12 % y sectores como el centro de Tobosi y Tablón con un 10 %.

En relación con la caracterización peatonal, se consultó la frecuencia con que hacen uso de la infraestructura peatonal en el cantón, dejando como evidencia la Figura 60 en donde se tiene que más de un 50 % de las personas se movilizan caminando todos los días, en su mayoría con el propósito de realizar compras, con un total del 69 %, por deporte/recreación, un total de 42 %, seguido por trabajo o traslado a centros educativos respectivamente (Figura 61).

Por último, se preguntó acerca de la percepción del estado de las aceras actual, por lo que en la Figura 62 se puede ver que en la mayoría de los sectores se considera que el estado de las aceras es valorado entre malo y regular, lo que refleja la necesidad de prontas intervenciones que garanticen un espacio público adecuado e inclusivo.

Finalmente, con base a la información recabada, se inició con el desarrollo de la propuesta planteada en el presente proyecto. Inicialmente, se trazó una ruta preliminar tomando en cuenta los conteos, encuestas, topografía, el flujo vehicular, velocidad de las vías, orígenes-destinos de los ciclistas, puntos de interés identificados durante el recorrido brindado por parte de la Municipalidad de El Guarco, entre otros factores. Asimismo, se elaboraron mapas de velocidad máxima vehicular (km/h) (Figura 64) y el volumen vehicular motorizado (Máximo Diario) (figura 63), ya que, con esta información y utilizando como base el Cuadro 1, es factible determinar el tipo de infraestructura ciclista ideal, asimismo, se realizó un análisis a profundidad de la factibilidad de la propuesta con base a la información presente en campo, como lo es el derecho de vía (Figura 37) y el ancho de calzada (figura 38) dando como resultado lo planteado en la Figura 66 en donde como un total de 15,35 km corresponden a infraestructura ciclista segregada tipo 1, un 6,12 km a Segregada tipo 2, 6,96 km demarcada y 5,52 carril compartido, para una totalidad de 33,95 km (Cuadro 20).

Seguidamente, se tiene el detalle de las vistas transversales de cada tipo de infraestructura ciclista, acompañada de su infraestructura peatonal correspondiente, a modo de representar de una manera sencilla el ideal esperado en cada sección (Cuadro 21, 22, 23 y 24). Por otro lado, se procedió a la identificación de las intersecciones que se consideraban más importantes detallar, estos puntos se observan en la Figura 67; su detalle se encuentra en la sección de Apéndice 6.

Como parte del desarrollo del proyecto se realizó una matriz multicriterio que funcionará como herramienta de priorización. Como primer paso, se procedió con la definición de los tramos, por lo que la ruta planteada fue dividida en recorridos de aproximadamente 4 km de longitud por solicitud de parte de la municipalidad; dicha subdivisión se observa en la Figura 68.

El siguiente paso consistió en establecer las pautas a evaluar, las cuales permiten determinar cuál alternativa posee más peso sobre otra. En este caso, los factores seleccionados son los que se implementaron en la encuesta realizada (Figura 55) para conocer la opinión de la población y poder realizar una ponderación enfocada en los deseos de la comunidad usuaria y los sectores que serían más beneficiados con una pronta intervención.

En el Cuadro 25 se tiene la escala fundamental de comparación por pares, en la cual se establecen los criterios a tomar en cuenta al asignar un valor sobre otro, con base a este cuadro y las pautas establecidas que se plantea la Matriz A que se muestra en el Cuadro 26 de comparación pareada de las variables explicativas, en donde se procede a ordenar y ponderar el diferente interés de cada uno de los criterios en la selección de las alternativas, asignando los valores ya mencionados.

Seguidamente, de acuerdo con el proceso de priorización, se realizó la normalización de la Matriz A por medio de la Ecuación 9, así como el cálculo del Vector B (Ecuación 10), representado en el Cuadro 27; posteriormente, se realiza el producto de la matriz original A por el vector de prioridades globales B ya determinado anteriormente para obtener vector fila total C (cuadro 28), ahora bien, se realizó el cociente de los valores de c_n entre el vector de prioridades globales

b_n para dar como resultado el Vector D (Cuadro 29), luego se determinó el λ_{max} esto con la finalidad de calcular el Índice de consistencia (CI) y se determinó la consistencia aleatoria según el Cuadro 30, Valor que corresponde a 0,89 en cuanto a que el tamaño de la matriz (n) corresponde a 4. Por último, se determinó el ratio de consistencia (RC) haciendo uso de la Ecuación 13, el cual fue de 5%. En este caso, este valor se compara con el Cuadro 31, ya que, este no debe superar los porcentajes máximos del ratio de consistencia. Por su parte, el valor límite corresponde a un 9% al tratarse de una matriz de tamaño 4, con lo cual se determina que la matriz del Cuadro 26 es consistente.

Teniendo claro lo anterior, se procede a realizar la ponderación de cada una de las alternativas que en este corresponde a los tramos definidos (Figura 68) que se van a utilizar, con el objetivo de determinar el interés de cada una de estas, obteniendo el peso o importancia relativa de cada una de las alternativas para el criterio i según el Cuadro 26; seguidamente, en el Cuadro 32 se muestra la matriz de comparación de los tramos bajo el criterio "Seguridad ciudadana/vial".

Asimismo, se realiza la normalización de la matriz para obtener el Vector B que representa las prioridades ponderadas en relación el criterio en análisis. Este procedimiento se realiza con cada uno de los criterios, dando como resultado el Cuadro 34 en donde se puede observar el peso relativo de cada una de las alternativas en relación con el criterio en cuestión, así como el resultado de la ponderación general correspondiente a la priorización constructiva de los tramos; de la misma manera, se procedió con el análisis en el caso de la infraestructura peatonal dando como resultado el Cuadro 35; por último, se ponderaron los valores obtenidos de ambas matrices, tanto peatonal como ciclista con la finalidad de obtener una priorización general de los tramos, resultado que puede visualizarse en el Cuadro 36 en donde se plantean como fases, como respuesta a la solicitud por parte de la municipalidad de dividir el proyecto en etapas constructivas.

En relación con la priorización constructiva, se puede analizar que el tramo que se posiciona en la fase 1 corresponde al siete (Figura 68), por motivo de que, en donde se presenta mayor riesgo para los ciclistas y peatones, y dado a que la matriz del Cuadro 26, se muestra que el criterio de seguridad en comparación con los demás presenta valores de importancia mayor, seguido del tramo 2, 1, 3, 4, 6 y 5.

A modo de resumen, se tiene el Cuadro 37 en el cual se detalla cada una de las fases, mostrando el tramo correspondiente, así como la longitud correspondiente según el tipo de infraestructura ciclista. Es importante, además, aclarar que la infraestructura ciclistas debe ir acompañada de infraestructura peatonal, esto para evitar invasiones en los carriles ciclistas por parte de los transeúntes.

Otro punto importante a tomar en cuenta es el fomento de la intermodalidad en la zona de estudio, con el fin de impulsar el uso de la bicicleta y de las caminatas, al existir medios de transporte público que generan una red transporte sostenible; por esto, se realiza una propuesta de puntos en donde se recomienda la implementación de cicloparqueos, tal y como se muestra en la Figura 69. Estos puntos se seleccionaron con base a los puntos de interés identificados en la Figura 35, así como puntos que por lo general resultan más concurridos, como lo son ebais, escuelas, centros comerciales, bancos, parques o supermercados, además, se tomó en cuenta la ubicación actual de las paradas de buses y rutas seguidas por el transporte público (Figura 5a) con la finalidad de que los ciclistas tengan lugares seguros para parquear sus bicicletas

a lo largo del recorrido. Aunado a esto, se recomienda en el Anexo 4 el tipo de cicloparqueo propuesto, el cual además, se recomienda, sea movable para poder realizar cambios de ubicación en caso de que resulte necesario debido a potenciales motivos. Siendo de vital importancia la implementación de distintas campañas de educación y de promoción de la caminata y de la movilidad en bicicleta en el cantón.

Finalmente, se elaboró un presupuesto global de la obra, inicialmente se realizó la estimación de insumos totales requeridos para la elaboración, tanto de la infraestructura ciclista y peatonal, para implementar la información en el Cuadro 44f de la sección de Apéndice 4, en donde a partir de la estimación de costos directos se determinaron los costos indirectos con base a los porcentajes ahí establecidos. Sobre esto, resulta indispensable aclarar que el valor utilizado fue de 20 % para determinar posibles costos que podrían surgir al momento del desarrollo de la obra que no pudieron ser estimados en el proyecto actual, debido a que esto significaría la realización de un presupuesto mucho más detallado y no se contaba con la información necesaria.

De esta manera, se obtuvo el costo del kilómetro cuadrado de cada tipo de infraestructura ciclista y peatonal, logrando así multiplicar estos valores por las longitudes de cada tipo y uniéndolos en los distintos tramos para obtener el costo por tramo propuesto, valores que pueden observarse a detalle en el Cuadro 38.

Además, resultó importante calcular el costo de acuerdo con el tipo de ruta, debido a que se considera oportuno que la municipalidad pueda establecer relaciones y acuerdos con otras instituciones o municipalidades para realizar ciertos tramos en conjunto y así beneficiarse en cuanto a los costos y, por supuesto, generar infraestructura beneficiosa para las partes involucradas. En el Cuadro 39 es posible observar que existe un 49 % de rutas nacionales, por lo cual un convenio de intervención con el MOPT resultaría de ayuda para la institución. Con este cuadro además se evidencia como la municipalidad debe realizar una inversión importante en sus principales vías cantonales teniendo el 39 % del total de los tramos propuestos.

Por último, se compiló la información en un cuadro de acuerdo con la fase de intervención, pues uno de los objetivos claros del proyecto es brindar la intervención de los tramos y, por ende, el costo para cada uno de ellos resulta importante de establecer. En el Cuadro 41 se observa cómo las primeras fases siendo los tramos 7, 2 y 1 son los de mayor costo; los montos mostrados son tanto de infraestructura ciclista como peatonal. De esta forma es posible obtener un costo global de la totalidad de los tramos propuestos de ₡ 2 775 949 094, distribuido, tal como se mencionó, en las distintas fases. Se conoce que la idea de la municipalidad es destinar un porcentaje anual para así lograr construir esta infraestructura en un periodo de 10 años y brindarle de este modo a la población la infraestructura ideal para promover la movilidad ciclista y peatonal.

Conclusiones

1. Se obtuvo una propuesta del plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista acorde a las necesidades de la población y a las características de los sectores del distrito de El Tejar y conexión a los cascos urbanos de los distritos de Tobosi y San Isidro del cantón El Guarco.
2. Se recopiló la información de los trabajos realizados por los estudiantes del curso de taller de diseño del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se usaron en la base de datos y como guía para los análisis realizados.
3. La propuesta de infraestructura ciclista resultó ser de 4 tipos: 15,35 km de segregada tipo 1, luego 6,12 km de segregada tipo 2, de demarcada 6,96 km y, por último, 5,52 km de carril compartido.
4. Se priorizó las rutas con la matriz multicriterio, tanto de infraestructura ciclista como peatonal; en el Cuadro 37 se observa la priorización de intervención de los tramos, siendo las primeras fases: la interamericana como primera, segunda el centro de El Tejar y la tercera la Ruta Nacional 228-Barrancas.
5. La propuesta de infraestructura peatonal resultó ser del mejoramiento de las aceras existentes en estado regular y malo. Para los sectores donde no exista y vaya a colocarse infraestructura ciclista, se debe construir la infraestructura peatonal paralela a la misma.
6. El monto del presupuesto global de la obra fue de ₡2 775 949 094,50, involucrando porcentajes de costos directos, indirectos e imprevistos u obras complementarias.
7. El sector de estudio fue el cantón de El Guarco, junto con otros distritos como Guadalupe, Quebradilla y Occidental. Con una predominancia de planicies y llanuras, facilitando la movilidad por medio de bicicletas.
8. Para este sitio se obtuvo que el estado de las aceras es, en su mayoría, regular e inexistente, por lo que se propone una infraestructura ciclista paralela a la infraestructura peatonal, así como el mejoramiento de la infraestructura peatonal existente.
9. La población encuestada del ámbito ciclista fueron en la mayoría residentes de la zona, personas adultas entre los 40-49 años, con un uso de bicicleta frecuente y con los propósitos de recreación y trabajo. Las rutas frecuentadas fueron el Parque Industrial y El Tejar centro, como principales destinos de viajes.
10. La población encuestada del ámbito peatonal se encuentra dentro del mismo rango de edad, con una frecuencia constante de caminata por los sectores estudiados, con los propósitos de compras y trabajo. La opinión con respecto al estado de las aceras fue que estas se encuentran en estado regular o mal estado.

11. En las principales intersecciones que generen mayor conflicto de transporte se deben intervenir con elementos de reducción, semáforos y demás elementos que garanticen seguridad a todos los usuarios.
12. Se proponen puntos claves de implementación de cicloparqueos, principalmente escuelas, colegios, ebais, entre otros, los cuales se muestran en la figura 69, con el fin de promover la intermovilidad entre uso de bicicletas y transporte público.
13. Resulta indispensable promover en el país la verdadera importancia acerca del transporte en bicicleta, siendo necesario divulgar los beneficios de promover este medio de transporte dado su impacto positivo en la sociedad, salud individual, economía y bajo impacto en el medio ambiente.

Recomendaciones

1. Crear programas de promoción, que logren exponer a la población los beneficios del uso de la bicicleta, por medio de campañas publicitarias por medio de las redes sociales, así como la búsqueda de que en las escuelas se fomente en la población estudiantil el uso de estos medios de transporte sostenible y usarlo como un estilo de vida seguro y sano.
2. Realizar un levantamiento topográfico de lo que correspondería a la ciclovía segregada tipo 1, para poder conocer a fondo los costos relacionados con excavaciones o rellenos, así como la necesidad de la implementación de mayor cantidad de materiales.
3. Para realizar los conteos automáticos se recomienda revisar constantemente el estado de las mangueras del equipo implementado, debido a que estas pueden estar mal colocadas y, por lo tanto, no registrando los datos.
4. Para tener una caracterización de los usuarios se deben realizar los conteos manuales en varios puntos y con mayor frecuencia, de ser posible por varios días completos o al menos en las mismas horas los distintos días, esto para generar una base de datos real y consistente en todos los puntos estudiados.
5. Realizar encuestas para poder conocer la opinión de los usuarios en todo momento, así como buscar la manera de integrarlos con el objetivo de obtener información acerca de sus necesidades y puntos de vista, así como generar en la población encuestada un sentimiento de formar parte del proceso de este cambio de cultura, en donde se busca la implementación de medios de transporte no motorizados.
6. Para los diseños detallados se considera importante contar con procesos participativos involucrando a los vecinos, peatones, ciclistas, cámaras de comercio, demás para que en el proyecto sean tomados en cuenta la opinión pública, anhelos, sugerencias, entre otros , logrando así ser un proyecto inclusivo y con participación de los futuros beneficiarios.

7. Crear propuestas junto con el Ministerio de Obras Públicas, municipalidades y el Instituto Costarricense de Ferrocarriles para que se permita en el transporte público el ingreso de las bicicletas o el acondicionamiento de las unidades de transporte, lo cual propiciaría que estas puedan ser llevadas de manera segura de un lugar a otro permitiéndole a las personas recorrer distancias largas con la intermodalidad de transporte público y bicicleta. Además, se debe incentivar que las municipalidad promuevan en los negocios y lugares públicos la instalación de paqueos seguros para las bicicletas.
8. Buscar la manera de crear alianzas estratégicas con distintas instituciones públicas, como lo son el MOPT y la Municipalidad de Cartago, para poder llegar a acuerdos en cuanto a posibles distribuciones de los costos implicados en la creación de este tipo de programas de movilidad sustentable. Además, de este modo, generar una conexión con nuevos pueblos tanto del cantón como con los cercanos a este, el caso de Agua Caliente, Huguito, Guadalupe, por ejemplo. También, se recomienda buscar fuentes adicionales de financiamiento como los bonos comunales, donaciones de países europeos, empresas privadas, entre otros.
9. Valorar la posibilidad de ubicar semáforos, reductores de velocidad y otras medidas de tráfico calmado en distintos puntos de la infraestructura. Estos puntos donde se coloquen deberán ser propuestos por la municipalidad según la necesidad de la población. Estos con el fin de brindarle seguridad a las personas en cruces donde la demanda de vehículo sea elevada y estos elementos sean la solución para disminuir los problemas.
10. Se considera ideal implementar métodos de pacificación del tránsito para que los ciclistas puedan transitar de una manera más segura. Por ejemplo, se propone que la municipalidad valore disminuir la velocidad de los vehículos en sectores donde la ciclovía sea demarcada y compartida debido a que en estos sectores no hay bordillos, ni ningún tipo de división. Dada esta realidad, a raíz de la investigación, se considera importante valorar estos métodos, así como las *orejas*, parqueos, bulevares y la disminución de la velocidad máxima permitida.
11. Implementar a lo largo de la infraestructura ciclista una iluminación adecuada que permita a la población transitar con mayor seguridad en los sectores más solitarios y menos seguros, evitando así accidentes por falta de visualización clara de la ruta a seguir.
12. En las rutas propuestas se observó la necesidad de ampliar ciertos puentes para poder colocar la infraestructura, los principales fueron el puente sobre el río Reventado cerca del cruce del Tejar en la ruta 228; el puente sobre el río Purires en dos puntos: el primero en el sector de Barrancas ruta 228 cerca del Condominio Ciudad del Valle, y el otro en la ruta 2 por el cruce de San Isidro.
13. Se deben intervenir sectores donde el alcantarillado lo requiera, hay tramos donde hay inexistencia de estos y otros donde el estado no es el ideal, por lo cual, cada caso debe ser valorado por la municipalidad. Es necesario realizar estudios hidrológicos, hidráulicos, estudio del alcantarillados pluvial para lograr atender los tramos de una manera integral.

14. Se debe crear e implementar un plan para el mantenimiento de la infraestructura a construir, acciones que buscarán prolongar la vida útil de los distintos elementos y hacer que las personas se puedan motivar para colaborar con el mantenimiento y, principalmente, con la limpieza de las aceras propias; de este modo, se propicia que las personas puedan transitar con mayor seguridad por las aceras.
15. Se recomienda que los cicloparqueos sean de fácil movilidad. De este modo, la municipalidad puede valorar con el tiempo si estos los lugares propuestos para estos están cumpliendo la función planteada o, en el caso que la realidad sea otra, los cicloparqueos puedan movilizarse a otros sectores donde su uso sea mayor. Para estos elementos se debe realizar un plan de implementación hasta lograr posicionar estos elementos en lugares estratégicos, a distancias cortas de a cada 500m (dato recomendado por el Ing. Henry Hernández Vega), para que así las personas tengan mayor facilidad de utilizarlos.
16. Considerar en la etapa de diseño y construcción la implementación de materiales con impacto ambiental menor a los convencionales, realizar investigaciones pertinentes para conocer los productos que tengan un mayor beneficio-calidad en el proyecto en todos los aspectos posibles. De igual manera los procesos constructivos llevarlos a cabo de manera que la prioridad sean trabajos de calidad pero con un bajo impacto al ambiente.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por ser el pilar de nuestras vidas y a lo largo de la carrera nos dio la fuerza y guía constante para estar culminando uno de los proyectos más anhelados.

A nuestros padres, hermanas y abuelos que han estado en todo momento, por la paciencia, el amor, apoyo incondicional y la motivación de siempre luchar por nuestros sueños. A toda la familia y amigos que siempre estuvieron ahí apoyándonos.

Agradecemos a nuestros compañeros de carrera por el apoyo, por formar parte importante en esta etapa de nuestras vidas y a los profesores de la universidad por el conocimiento compartido a lo largo de estos años. A los estudiantes que realizaron los proyectos en el curso de taller de diseño porque la información plasmada fueron las bases del presente proyecto.

Un merecido agradecimiento al profesor guía de proyecto, el Ing, Henry Hernández Vega por su compromiso, entrega y apoyo en este tiempo que trabajamos juntos. También a la municipalidad de El Guarco por permitirnos realizar el proyecto para institución y por el acompañamiento en este proceso por parte de la Arq, Ercilia Gómez.

Referencias

- Acuña Leiva, R. et al. (2015). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para costa rica Im-pi-usvt-007-15*. Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Alvarado, A. et al. (2022). *Plan para la movilidad ciclista y peatonal Ruta Nacional 228 entre La Catalinas – Santa Gertrudis (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Alvarado, R. et al. (2021). *Plan para la movilidad ciclista y peatonal Ruta Nacional 228 y ruta cantonal Tobosi - Barrancas (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ardila, Rubén (2003). «Calidad de vida: una definición integradora». Español. En: *Revista Latinoamericana de Psicología* 35.2, págs. 161-164. ISSN: 0120-0534. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80535203>.
- Arias, M. et al. (2021). *Plan Para La Movilidad Ciclista Y Peatonal Casco Central El Tejar (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (2021). *Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público*. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. URL: <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/45/92/94592.pdf>.
- Aznar, J. y F. Guijarro (2005). *Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio*.
- Chacón, K. (2022). *Ascenso y caída de Omni, la empresa que pretendía desarrollar una súper aplicación con alquiler de bicicletas y monedero*. El Financiero. URL: <https://www.elfinancierocr.com/negocios/ascenso-y-caida-de-omni-la-empresa-que-pretendia/RLIIT5DKFVGRTLF03B3LLJB60A/story/>.
- Consejo Nacional de Planificación Urbana (2018). *Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 y el Plan de Acción 2018-2022*. Gobierno de Costa Rica.
- Gamboa, J. y M. Soto (2014). *Factores que influyen en la peatonización de centros urbanos. Casos prácticos en Cusco y Piura*. Pontificia Universidad Católica del Perú. DOI: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5389>.
- García, V. (2018). *Plan cantonal de desarrollo humano local (PCDHL) 2016-2026*. URL: <http://www.muniguarco.go.cr/pdf/plan-cantonal-desarrollo-humano.pdf>.
- Gómes, G., D. Quesada y R. Monge (2020). *Perfil antropométrico y prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población urbana de Costa Rica entre los 20 y 65 años agrupados por sexo: resultados del Estudio Latino Americano de Nutrición y Salud*. Vol. 37. 3. Organización Mundial de la Salud. URL: <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02899>.
- Gutiérrez, A (2013). *¿Qué es la movilidad?. Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte*. Vol. 21. 2. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, págs. 61-74. DOI: ISSN-e0124-7913.
- Hernández, H. y A. Fernández (2010). *Guía práctica de diseño de aceras*. 2. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), págs. 267-300. URL: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.62-1.10>.

- Hernández, H. y D. Jiménez (2018). *Informe Estado de la Nación en Desarrollo 2018. Movilidad Peatonal y en Bicicleta en Costa Rica*. Estado de la Nación.
- Hernández, H. y V. Vega (2017). *Guía de Inventario y Evaluación de aceras*. 1. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, pág. 58.
- ICCYC (2009). *Guía para el diseño y construcción del espacio público en Costa Rica*. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC). DOI: <https://bit.ly/2yYt151>.
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2009). *Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamiento y Urbanizaciones*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. URL: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=50877&nValor3=79277&strTipM=TC.
- Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (2011e). *Intermodalidad (Tomo V)*. LASSO Comunicación. URL: <https://bicycleinfrastructuremanuals.com/manuals4/Tomo%5C%20V%5C%20-%5C%20Intermodalidad.pdf>.
- (2011a). *La movilidad en bicicleta como política pública (Tomo I)*. LASSO Comunicación. URL: <https://ciclociudades.itdp.org/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-II.pdf>.
- (2011b). *Programa de movilidad en bicicleta (Tomo II)*. LASSO Comunicación. URL: <https://ciclociudades.itdp.org/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-II.pdf>.
- (2011c). *Red de movilidad en bicicleta (Tomo III)*. LASSO Comunicación. URL: <https://ciclociudades.itdp.org/wp-content/uploads/2015/10/Manual-Tomo-III.pdf>.
- Kruse, C. (2021). *Guía práctica de diseño de aceras*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) (s.f.). *Guía para el Diseño y Construcción del Espacio Público en Costa Rica*.
- Marín, R. (2017). *Ticos perciben que congestión vial se agravará en el futuro*. Universidad de Costa Rica.
- Ministerio de Educación de la Ciudad de Buenos Aires (2014). *Educación para la movilidad sustentable: niveles inicial, primario y secundario de las escuelas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*. URL: https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/educacion_para_la_movilidad_sustentable_0.pdf.
- Ministerio Federal de Asuntos Digitales y Transporte (2022). *Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta 3.0*. Ministerio Federal de Asuntos Digitales y Transporte. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0-esp-barrierefrei.pdf?__blob=publicationFile.
- Moya, S. (2022). *Diseño de infraestructura ciclista en un tramo de cuatro kilómetros en el cantón de Curridabat*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Municipalidad de El Guarco (2014). *Plan Regulador de la Municipalidad de El Guarco*.
- (2016). *La contaminación vial amenaza directamente la salud de los costarricenses*. URL: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/09/25/la-contaminacion-vial-amenaza-directamente-la-salud-de-los-costarricenses.html>.

- Muñoz, L., M. Agüero y S. Garro B. and Moya (2021). *Análisis de la movilidad peatonal y ciclista de la ruta interamericana sur. Tramo Parque Industrial-Entrada Higuito. (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Murillo, J. (2019). *Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista. MOPT-03-05-01-0917-2019*. Ministerios de Obras Públicas y Transportes.
- OCDE (2021). *Addressing COVID-19 and Moving to Net Zero Greenhouse Gas Emissions*. París. DOI: <https://doi.org/10.1787/17017efe-en>.
- OMS (2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado*. Organización Mundial de la Salud.
- (2022). *Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS*. Organización Mundial de la Salud.
- Orozco, A. et al. (2022). *Plan para la movilidad ciclista y peatonal en el sector El Tejar – La Pitahaya de la provincia de Cartago. (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Programa Estado de la Nación (2018). *Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible [2018]*. Estado de la Nación. DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12337/2983>.
- Pucher, J. y L. Dijkstra (2003). *Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany*. Vol. 93. 9. American Journal of Public Health, págs. 1509-1516. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1448001/pdf/0931509.pdf>.
- Ugarte, O. (2020). *Restricción vehicular mejoró la calidad del aire en la GAM, según mediciones de la UNA*. URL: <https://semanariouniversidad.com/pais/restriccion-vehicular-mejoro-la-calidad-del-aire-en-la-gam-segun-medicaciones-de-la-una/>.
- Valle, E., G. Aguilar y G. Velasco (2022). *Análisis de la movilidad urbana caso de estudio Newchatel-Suiza y su influencia como medio de transporte sostenible*. Vol. 7. 5. Polo del Conocimiento, págs. 1-16. DOI: "<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/>".
- Vargas, A. et al. (2022). *Informe Final - Plan para la movilidad ciclista y peatonal Fundación-Cacique (Proyecto de taller de diseño)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Apéndices

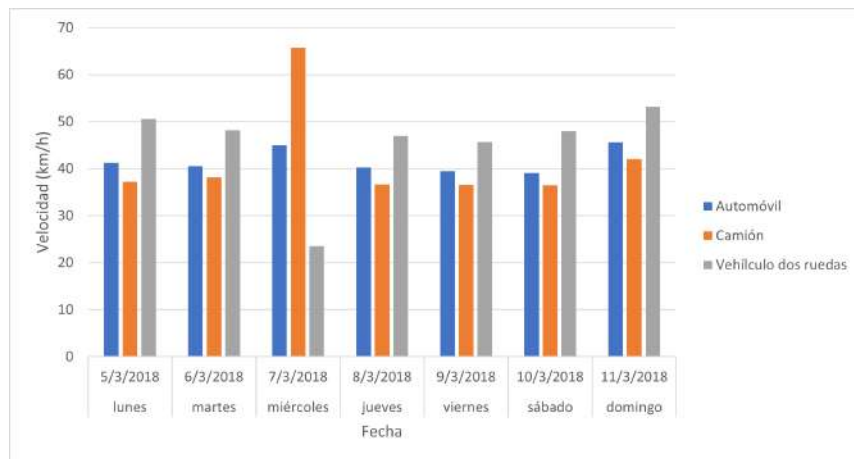
1.	Gráficos de velocidad y volumen de tráfico de vehículos motorizados y no motorizados	131
2.	Datos de la cantidad de ciclistas y volumen de tránsito total en los puntos de conteos automáticos.	142
3.	Datos de la cantidad de ciclistas en los puntos de conteos manuales.	164
4.	Presupuesto.	171
5.	Intermodalidad	175
6.	Detalle de las intersecciones seleccionadas	176

Apéndice 1. Gráficos de velocidad y volumen de tráfico de vehículos motorizados y no motorizados

Estos son gráficos realizados con los conteos automáticos realizados en los distintos puntos del cantón de El Guarco. Estos gráficos representan la velocidad promedio de cada uno de los tipos de vehículos que pasaron y el otro el volumen de estos que pasaron en fechas consideradas de interés en la toma de datos. Los mismos son colocados de forma ascendente según la fecha en la que fueron tomados.

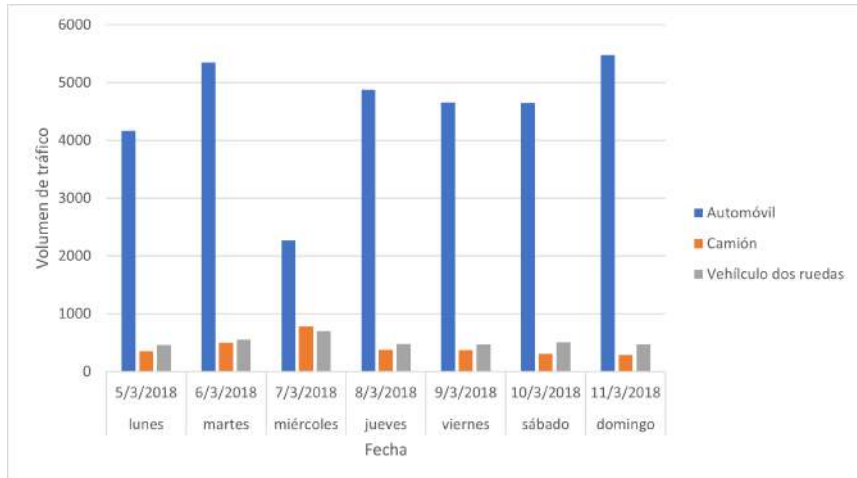
Sector Cartago-Tejar

Para el sector se registraron en el mes de marzo del 2018.



(a) Velocidad Cartago-Tejar.

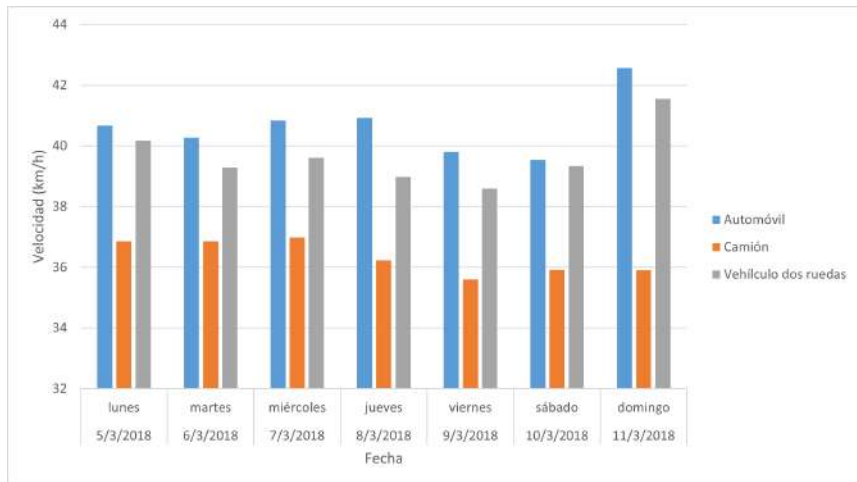
Fuente: Elaboración propia en Excel.



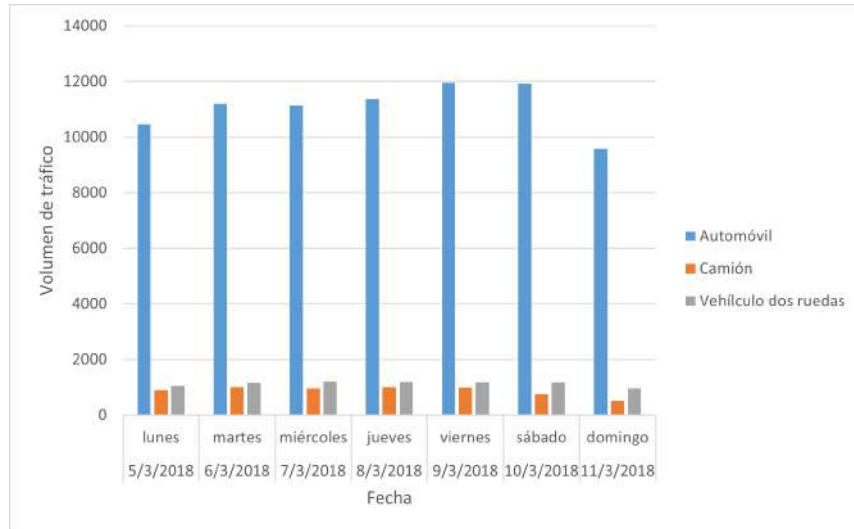
(b) Volumen Cartago Tejar.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Tejar-Cartago

Para el sector se registraron en el mes de marzo del 2018.



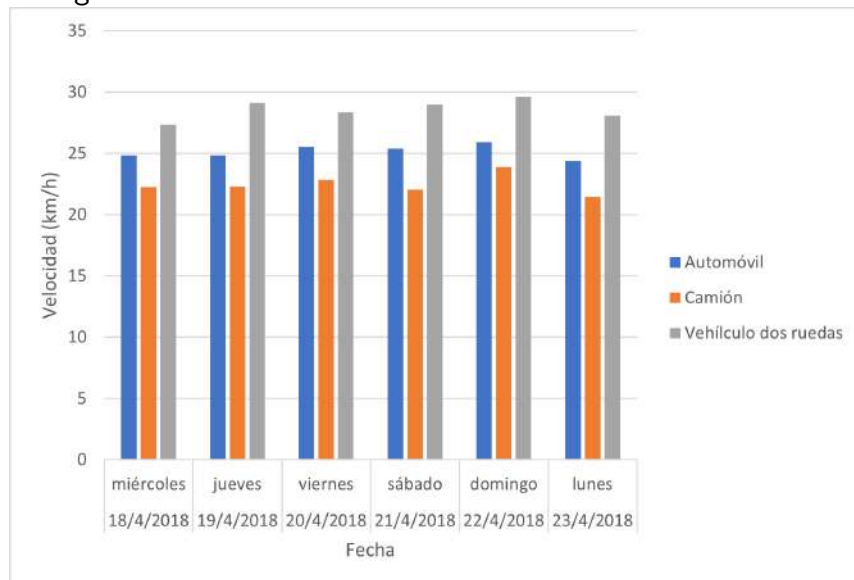
(c) Velocidad Tejar Cartago.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



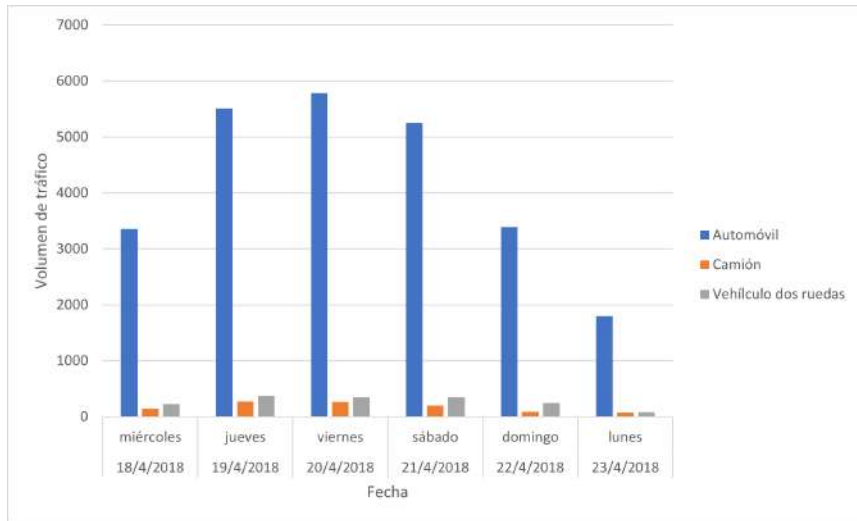
(d) Volumen Tejar Cartago.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Tejar-Interamericana

Para el sector se registraron en el mes de abril del 2018.



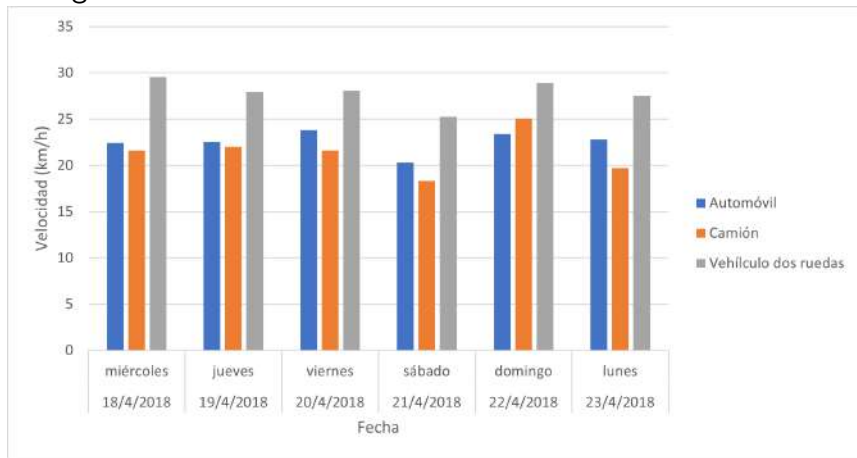
(e) Velocidad Tejar- Interamericana.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



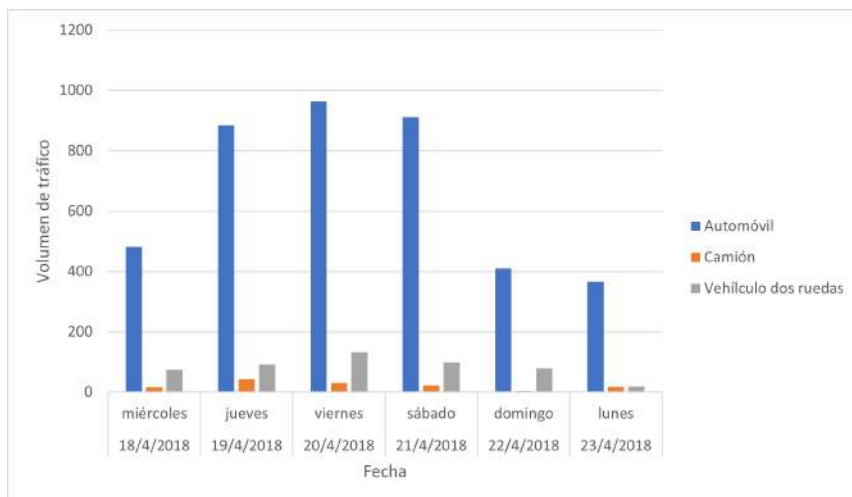
(f) Volumen Tejar- Interamericana.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Liceo-Dique

Para el sector se registraron en el mes de abril del 2018.



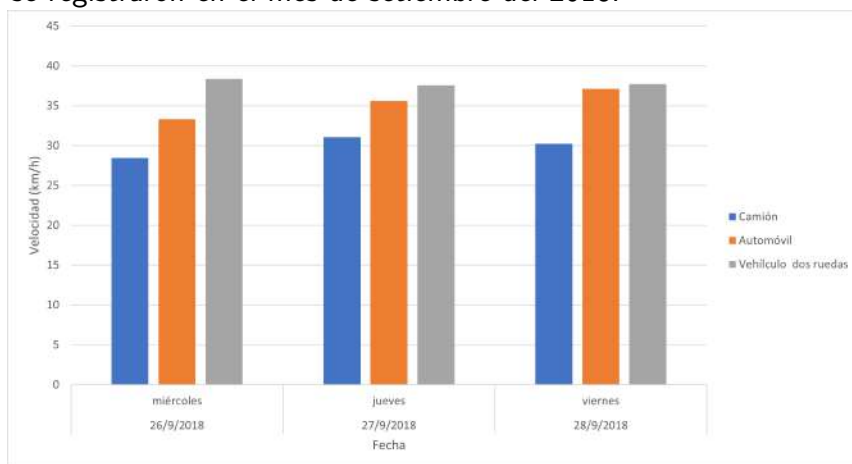
(g) Velocidad Liceo-Dique.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



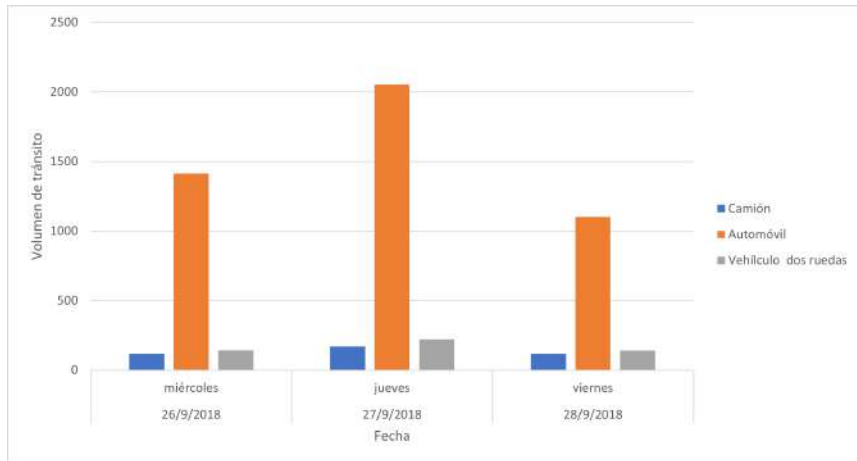
(h) Volumen Lico-Dique.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Avenida 34

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2018.



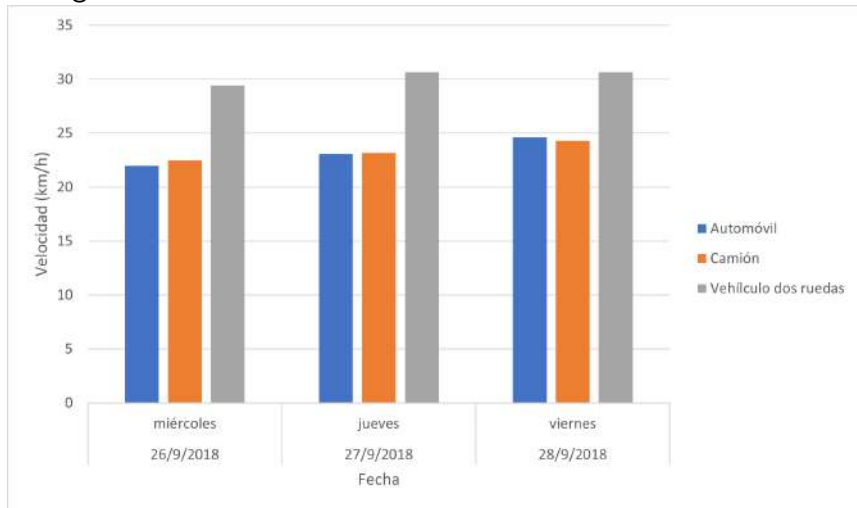
(i) Velocidad Avenida 34.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



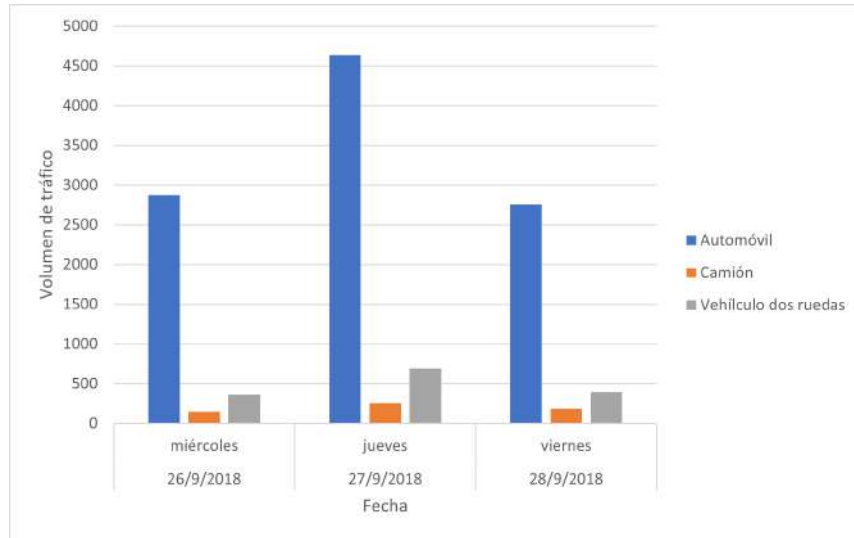
(j) Volumen Avenida 34.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Calle 80

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2018.



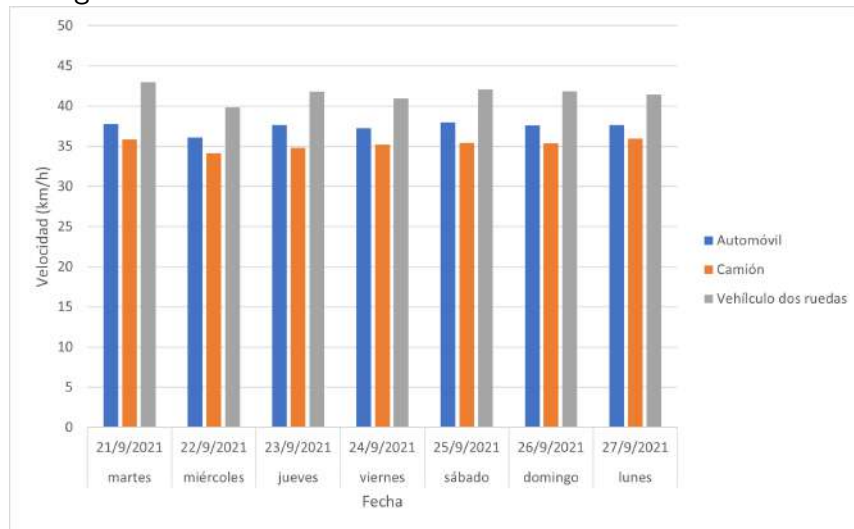
(k) Velocidad Calle 80.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



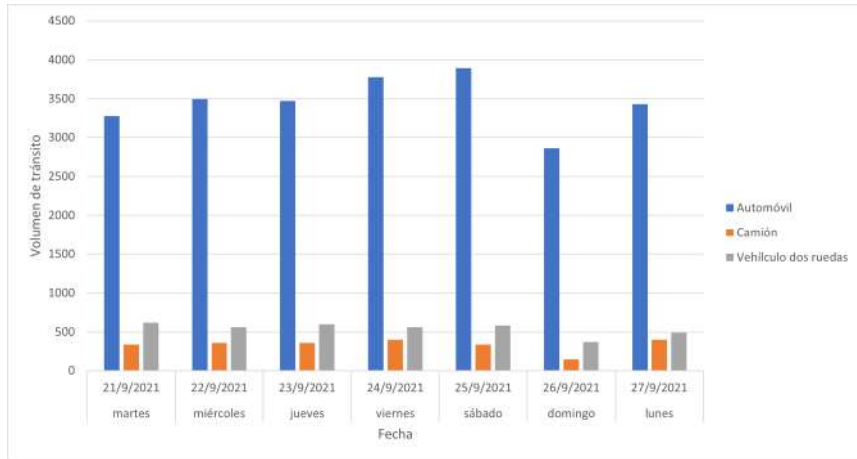
(I) Volumen Calle 80.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Tobosi ruta 002

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2018.



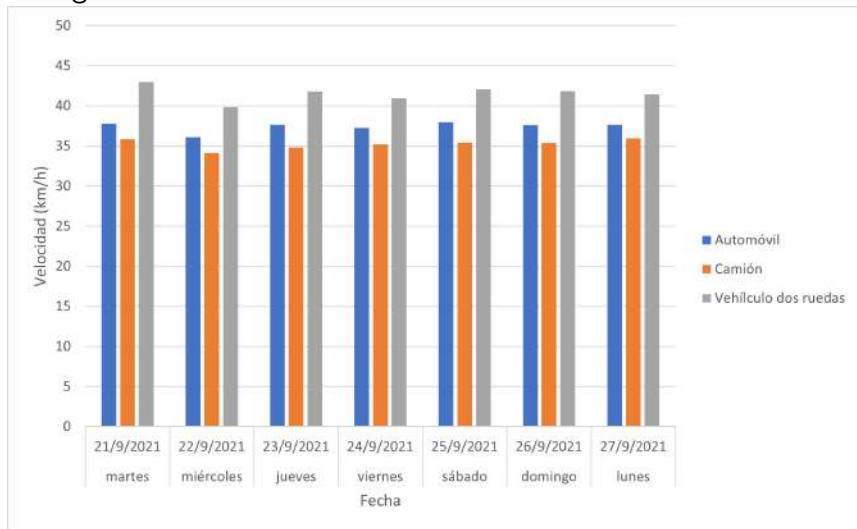
(m) Velocidad Tobosi ruta 002.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



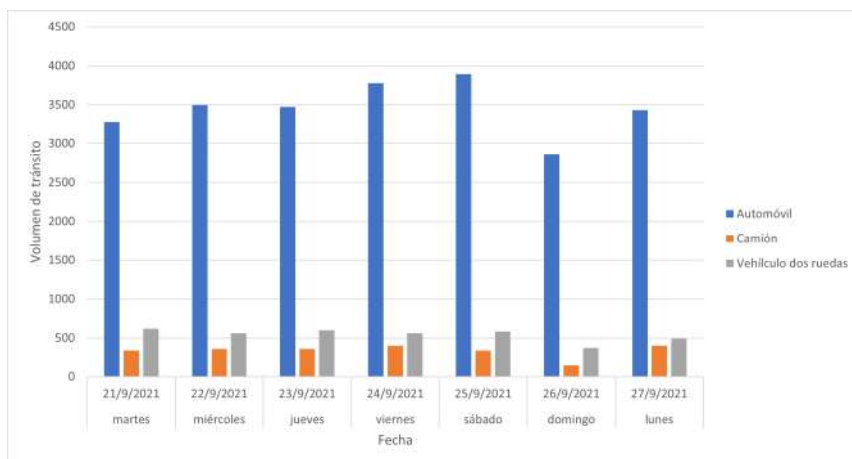
(n) Volumen Tobosi ruta 002.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Tobosi ruta 002

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2021.



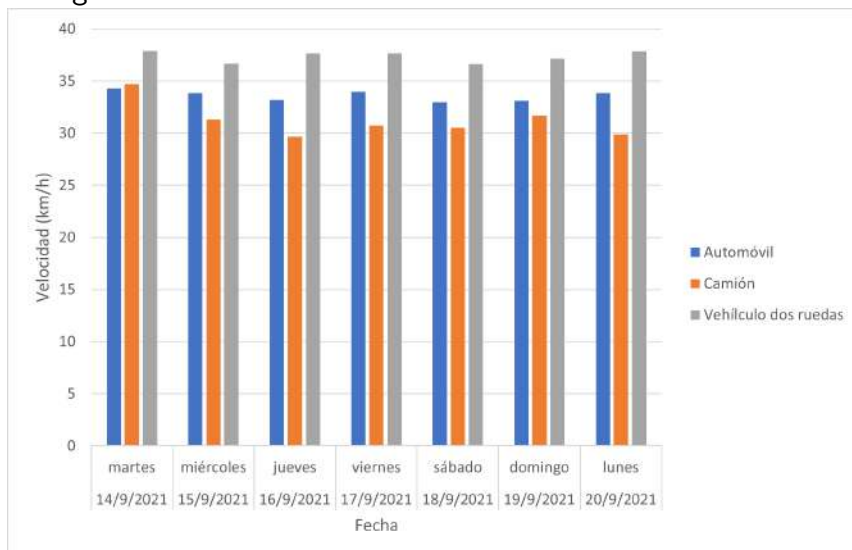
(ñ) Velocidad Tobosi ruta 002.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



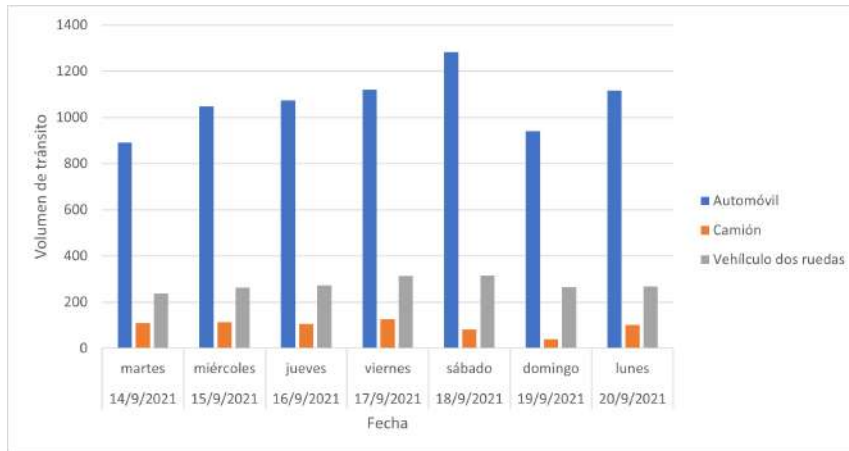
(o) Volumen Tobosi ruta 002.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Purires ruta 043

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2021.



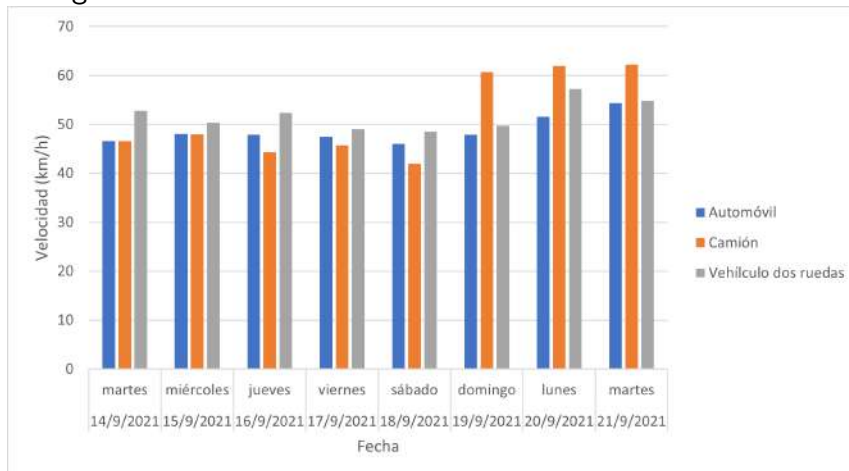
(p) Velocidad Purires ruta 043.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



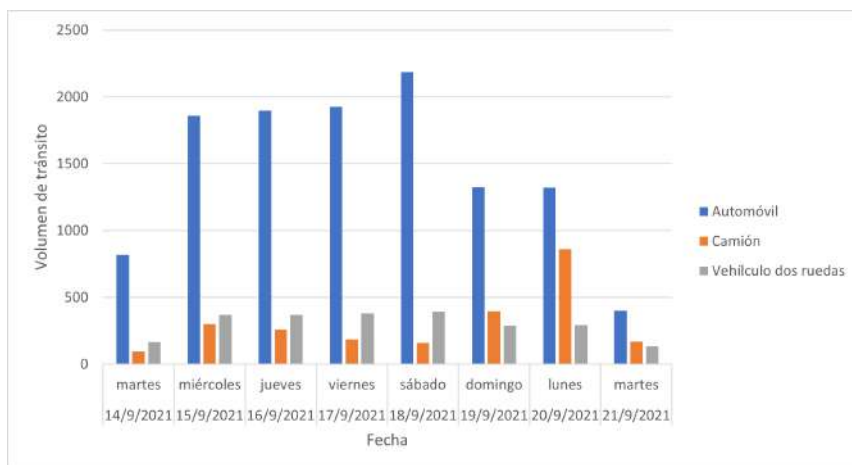
(q) Volumen Purires ruta 043.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Ruta 006 Barrancas

Para el sector se registraron en el mes de setiembre del 2021.



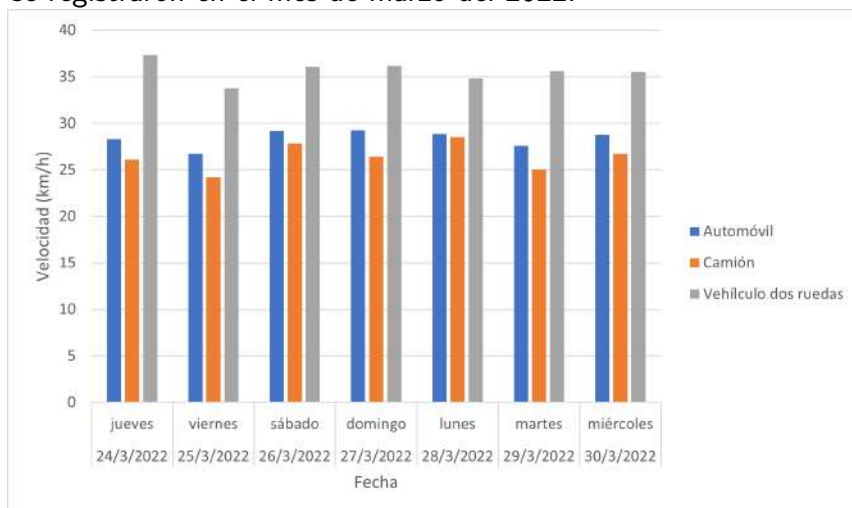
(r) Velocidad Ruta 006 Barrancas.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



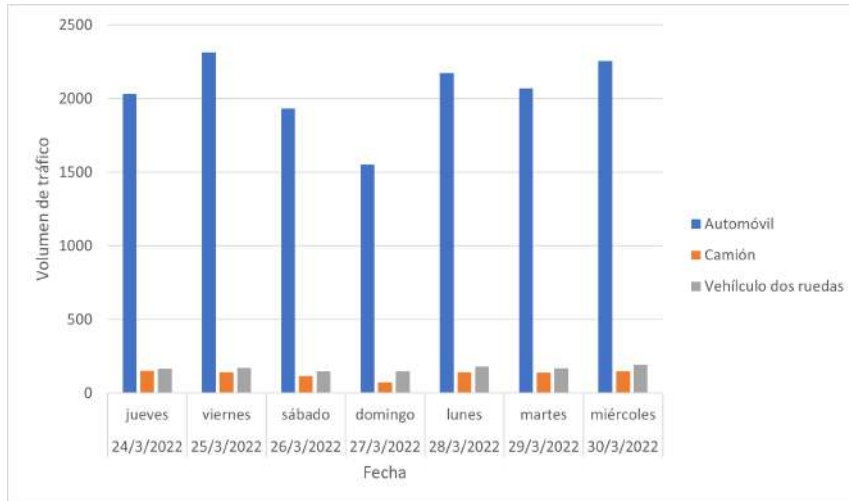
(s) Volumen Ruta 006 Barrancas.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Sector Escuela Barrio Nuevo.

Para el sector se registraron en el mes de marzo del 2022.



(t) Velocidad Escuela Barrio Nuevo.
Fuente: Elaboración propia en Excel.



(u) Volumen Escuela Barrio Nuevo.
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Apéndice 2. Datos de la cantidad de ciclistas y volumen de tránsito total en los puntos de conteos automáticos.

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos por el instrumentos de conteos automáticos de los ciclistas y los datos calculados de TPDA obtenidos. Para estas semanas se realizó una corrección con el factor diario de la semana modelo usada la cuál fue la explicada en los resultados “Condominio La Rueda”, la cual se muestra a continuación:

$$\text{Corrección del factor diario} = \frac{\text{TPD punto en estudio}}{\text{TPD semana modelo}} \quad (14)$$

Los demás datos calculados de TPD, TPDA y demás se realizaron de la misma manera que la semana modelo. Todos estos datos se muestran en las siguientes tablas.

Purires ruta 043

Cuadro (a) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Purires ruta 043.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0		0	0	0	0
01:00	0	0		0	0	0	0
02:00	0	0		0	0	0	0
03:00	0	0		0	0	0	0
04:00	0	0		0	0	0	0
05:00	0	7		3	3	0	1
06:00	6	9		3	7	6	6
07:00	12	6		8	8	21	7
08:00	3	10		4	5	25	10
09:00	2	0		6	3	6	6
10:00	1	0		4	3	4	11
11:00	1	0	Feriado	3	1	8	3
12:00	2	1		3	3	6	2
13:00	2	2		1	2	2	1
14:00	1	2		7	3	4	2
15:00	1	3		3	2	2	0
16:00	5	0		1	4	0	0
17:00	5	1		5	0	3	6
18:00	2	0		2	2	3	1
19:00	3	2		2	1	1	1
20:00	0	1		1	0	0	0
21:00	1	0		0	0	0	1
22:00	0	1		1	0	0	0
23:00	0	0		0	0	0	0
Sub Total	47	45	0	57	47	91	58
Corrección con factor diario	6,5	7,9	0	9,8	6,1	14,2	5,9
Total				345			
TPDS				57,5			
Desviación estándar				31			
% confianza				1,64			
TPDA				78			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (b) Datos de volumen vehicular y TPDA en Purires ruta 043.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	1116	604	1048	1074	1121	1283	940
2	5	3	7	6	8	3	2
3	96	43	96	97	104	67	32
4	0	1	6		8	3	1
5	1	1	2	3	4	6	2
6	0	0	2	1	1	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	1	1	2
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	227	130	198	222	269	230	215
15	40	10	65	51	44	85	49
Sub Total	1485	793	1424	1454	1560	1679	1243
Total				9638			
TPDS				1606			
Desviación estándar				418			
% confianza				1,64			
TPDA				1884			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Barrancas ruta 006

Cuadro (c) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Barrancas ruta 006.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	1	1	0	1	0
05:00	0	0	7	2	11	8	2
06:00	2	2	15	1	5	4	2
07:00	0	1	15	6	7	19	9
08:00	1	0	7	5	10	23	14
09:00	0	0	4	4	2	8	9
10:00	1	0	3	2	4	4	9
11:00	0	0	1	1	1	5	4
12:00	0	0	1	4	3	6	2
13:00	1	0	0	0	1	3	2
14:00	0	0	5	3	5	7	3
15:00	0	1	0	3	2	2	3
16:00	0	2	1	1	3	1	0
17:00	0	3	0	9	7	7	1
18:00	0	2	0	3	3	3	0
19:00	1	1	1	3	1	1	0
20:00	0	0	0	0	1	1	1
21:00	1	0	1	0	1	0	1
22:00	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	1	0
Sub Total	7	12	62	48	67	104	62
Corrección con factor diario	0,7	2,1	7,7	8,3	8,7	16,3	6,3
Total				362			
TPDS				51,7			
Desviación estándar				34			
% confianza				1,64			
TPDA				72			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (d) Datos de volumen vehicular y TPDA en Barrancas ruta 006.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	1321	1223	1860	1900	1928	2188	1324
2	8	1	2	8	10	13	8
3	745	229	283	232	153	126	344
4	101	23	7	9	13	5	34
5	6	8	7	2	8	7	7
6		1	1	2	1	1	1
7	1	2	1	3	1	3	0
8	1	1		1	0	0	0
9	1	2	0	0	0	2	1
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	285	291	311	325	321	290	226
15	7	9	60	44	62	102	61
Sub Total	2476	1790	2532	2526	2497	2737	2006
Total				16564			
TPDS				2366			
Desviación estándar				337			
% confianza				1,64			
TPDA				2573			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Tobosi ruta 002

Cuadro (e) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Tobosi ruta 002.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0
04:00	2	1	2	1	1	2	1
05:00	15	13	13	23	21	13	1
06:00	11	10	10	14	10	14	2
07:00	6	10	6	12	5	7	6
08:00	4	3	4	11	6	12	13
09:00	2	5	6	6	8	11	8
10:00	2	5	4	4	3	5	4
11:00	4	1	4	1	2	7	7
12:00	4	8	2	1	8	3	7
13:00	5	7	8	5	2	1	2
14:00	4	2	2	5	1	1	0
15:00	2	5	3	6	6	3	1
16:00	1	5	5	4	0	5	0
17:00	0	6	4	1	4	1	1
18:00	0	3	6	4	2	2	2
19:00	0	2	1	0	2	2	1
20:00	3	2	4	0	1	2	0
21:00	0	1	1	0	2	1	1
22:00	1	3	0	2	1	1	1
23:00	1	0	0	0	1	0	0
Sub Total	67	92	85	100	86	93	58
Corrección con factor diario	9,3	16,2	10,5	17,3	11,2	14,6	5,9
Total				581			
TPDS				83			
Desviación estándar				15			
% confianza				1,64			
TPDA				92			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (f) Datos de volumen vehicular y TPDA en Tobosi ruta 002.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	3432	3278	3496	3473	3779	3896	2863
2	18	26	24	31	26	28	20
3	339	274	267	269	323	246	110
4	33	28	53	36	35	53	4
5	4	7	5	9	10	10	6
6	6	1	3	9	2	0	2
7	2	3	3	4	2	1	1
8	0	0	4	3	0	0	0
9	1	2	2		1	2	1
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	426	537	485	504	483	493	315
15	66	84	79	97	79	91	56
Sub Total	4327	4240	4421	4435	4740	4820	3378
Total				30261			
TPDS				4337			
Desviación estándar				473			
% confianza				1,64			
TPDA				4628			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Liceo-Dique

Cuadro (g) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Liceo-Dique.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	1	0
04:00	0	0	0	0	1	1	0
05:00	0	0	0	0	0	1	0
06:00	0	0	0	3	1	1	1
07:00	0	0	0	0	1	0	1
08:00	1	0	0	3	1	0	1
09:00	3	0	0	0	0	1	1
10:00	1	0	0	2	1	4	1
11:00	0	0	0	5	2	3	4
12:00	0	0	3	1	4	4	1
13:00	0	0	2	3	2	1	2
14:00	0	0	1	1	3	0	3
15:00	0	0	0	1	1	3	0
16:00	0	0	1	0	0	1	0
17:00	0	0	2	2	5	2	0
18:00	0	0	0	1	2	2	0
19:00	0	0	5	1	2	3	0
20:00	0	0	1	0	3	3	1
21:00	0	0	0	1	0	0	0
22:00	0	0	0	1	0	0	1
23:00	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	5	0	15	25	29	31	17
Corrección con factor diario	0,7	0,0	1,9	4,3	3,8	4,9	1,7
Total				122			
TPDS				20,3			
Desviación estándar				13			
% confianza				1,64			
TPDA				29			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (h) Datos de volumen vehicular y TPDA en Liceo-Dique.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	365	0	481	885	963	911	409
2	0	0	1	3	2	2	0
3	14	0	14	36	23	18	3
4	2	0	0	3	4	2	0
5	0	0	1	1	1	1	1
6	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	17	0	64	81	116	91	72
15	1	0	10	11	16	7	7
Sub Total	400	0	571	1020	1125	1032	492
Total				4650			
TPDS				773			
Desviación estándar				471			
% confianza				1,64			
TPDA				1086			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Tejar- Interamericana

Cuadro (i) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Tejar- Interamericana.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	1
01:00	0	0	0	0	1	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	1	0	0
04:00	0	0	0	0	1	2	0
05:00	6	0	0	3	4	1	2
06:00	0	0	0	5	5	8	5
07:00	2	0	0	3	1	5	1
08:00	8	0	0	1	5	3	4
09:00	1	0	0	2	3	0	0
10:00	1	0	0	3	2	5	2
11:00	0	0	0	2	5	4	4
12:00	0	0	3	6	4	6	2
13:00	0	0	3	2	6	3	3
14:00	0	0	6	4	5	3	1
15:00	0	0	9	5	6	4	3
16:00	0	0	12	10	9	6	2
17:00	0	0	10	8	6	5	1
18:00	0	0	5	6	9	4	1
19:00	0	0	6	4	3	4	1
20:00	0	0	1	0	0	2	1
21:00	0	0	0	0	3	3	2
22:00	0	0	3	1	0	0	0
23:00	0	0	1	0	0	0	1
Sub Total	18	0	59	65	79	68	37
Corrección con factor diario	2,5	0,0	7,3	11,2	10,3	10,6	3,8
Total				326			
TPDS				46,6			
Desviación estándar				29			
% confianza				1,64			
TPDA				64			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (j) Datos de volumen vehicular y TPDA en Tejar- Interamericana.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	1797	0	3356	5502	5787	5252	3393
2	16	0	34	39	41	42	16
3	50	0	89	201	177	122	60
4	9	0	19	17	37	21	6
5	3	0	3	12	6	11	6
6	0	0	1	4	3	1	1
7	0	0	0	1	3	0	0
8	0	0	0	1	1	2	1
9	0	0	3	3	1	2	1
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	80	0	201	336	295	313	228
15	7		27	37	53	34	22
Sub Total	1962	0	3733	6153	6404	5800	3734
Total				27786			
TPDS				3969			
Desviación estándar				2378			
% confianza				1,64			
TPDA				5432			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Tejar- Cartago

Cuadro (k) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Tejar- Cartago.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	1	0	1	0	0	1	5
01:00	1	1	0	0	0	1	1
02:00	0	0	1	0	0	0	1
03:00	0	0	1	0	1	0	0
04:00	3	5	9	5	8	0	2
05:00	24	22	24	27	25	13	4
06:00	21	32	31	24	22	19	14
07:00	14	21	27	23	19	17	27
08:00	17	15	13	16	23	28	19
09:00	18	16	18	24	20	28	37
10:00	16	21	16	21	15	36	38
11:00	16	16	24	20	11	39	22
12:00	21	30	24	21	29	39	19
13:00	14	26	20	19	15	28	15
14:00	13	25	24	19	24	19	19
15:00	0	17	28	28	31	13	10
16:00	42	49	36	45	37	24	14
17:00	43	45	39	38	40	21	17
18:00	24	21	24	28	32	18	11
19:00	18	20	19	13	6	12	10
20:00	13	10	13	6	13	9	16
21:00	7	10	5	5	15	11	7
22:00	5	11	7	11	7	5	5
23:00	0	0	0	3	4	6	1
Sub Total	331	413	404	396	397	387	314
Corrección con factor diario	45,8	72,9	50,0	68,5	51,7	60,6	32,0
Total				2642			
TPDS				377,4			
Desviación estándar				39			
% confianza				1,64			
TPDA				401			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (I) Datos de volumen vehicular y TPDA en Tejar- Cartago.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	10451	11194	11130	11358	11954	11916	9583
2	123	164	149	124	146	149	95
3	559	580	576	626	604	413	273
4	92	132	112	128	120	93	50
5	41	45	51	46	48	44	50
6	6	1	3	3	6	2	2
7	19	27	18	26	15	13	6
8	26	27	28	30	32	31	19
9	23	23	23	22	18	19	11
10	5	8	2	1	3	2	0
11	2	3	0	3	1	1	2
12	0	0	0	0	1	0	0
14	726	758	814	798	788	804	654
15	321	405	391	385	378	369	301
Sub Total	12394	13367	13297	13550	14114	13856	11046
Total				91624			
TPDS				13089			
Desviación estándar				1051			
% confianza				1,64			
TPDA				13735			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cartago-Tejar

Cuadro (m) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Cartago-Tejar.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0		0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	1	0	0	1	0	0
04:00	0	0	0	0	1	1	0
05:00	2	3	0	0	5	4	0
06:00	3	5	0	0	4	3	0
07:00	1	2	0	0	2	1	1
08:00	2	1	0	0	2	7	2
09:00	2	2	0	3	0	6	2
10:00	0	3	0	3	1	5	2
11:00	3	4	0	3	2	3	3
12:00	1	2	0	1	4	5	2
13:00	2	2	0	7	5	6	2
14:00	1	3	0	1	3	1	5
15:00	0	3	0	4	8	4	2
16:00	8	6	0	3	9	2	0
17:00	8	6	0	6	4	5	3
18:00	3	2	0	3	5	3	1
19:00	1	3	0	2	9	3	4
20:00	2	2	0	0	1	0	2
21:00	2	1	0	0	0	2	0
22:00	1	1	0	1	0	0	1
23:00	0	0	0	0	0	1	0
Sub Total	42	52	0	37	66	62	32
Corrección con factor diario	5,8	9,2	0,0	6,4	8,6	9,7	3,3
Total				291			
TPDS				48,5			
Desviación estándar				23			
% confianza				1,64			
TPDA				63			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (n) Datos de volumen vehicular y TPDA en Cartago-Tejar.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	7730	8979	5560	6612	8297	7759	8269
2	59	55	25	43	55	43	29
3	620	694	948	442	570	434	370
4	58	72	113	60	74	76	24
5	18	20	52	18	18	27	14
6	6	8	2	2	4	7	1
7	16	16	11	19	14	9	12
8	13	20	9	12	25	18	13
9	14	18	15	6	19	10	13
10	0	0	1	0	0	1	2
11	2	1	2	1		1	0
12	1	0	0	0		1	0
14	762	870	657	611	750	778	683
15	35	47	408	31	40	47	29
Sub Total	9334	10800	7803	7857	9866	9211	9459
Total				64330			
TPDS				9190			
Desviación estándar				1068			
% confianza				1,64			
TPDA				9847			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Avenida 34

Cuadro (ñ) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Avenida 34.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0
05:00	0	0	0	1	3	0	0
06:00	0	0	0	0	0	0	0
07:00	0	0	0	1	1	0	0
08:00	0	0	0	0	2	0	0
09:00	0	0	0	0	0	0	0
10:00	0	0	0	1	2	0	0
11:00	0	0	5	2	0	0	0
12:00	0	0	1	3	3	0	0
13:00	0	0	2	0	3	0	0
14:00	0	0	1	1	2	0	0
15:00	0	0	3	1	0	0	0
16:00	0	0	1	3	0	0	0
17:00	0	0	2	5	0	0	0
18:00	0	0	0	1	0	0	0
19:00	0	0	2	2	0	0	0
20:00	0	0	0	2	0	0	0
21:00	0	0	0	4	0	0	0
22:00	0	0	1	1	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	0	0	18	28	16	0	0
Corrección con factor diario	0,0	0,0	2,2	4,8	2,1	0,0	0,0
Total				9,2			
TPDS				3,1			
Desviación estándar				23			
% confianza				1,64			
TPDA				25			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (o) Datos de volumen vehicular y TPDA en Avenida 34.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	0	1414	2052	1102	0	0	0
2	0	4	3	6	0	0	0
3	0	83	120	76	0	0	0
4	0	21	27	23	0	0	0
5	0	1	2	1	0	0	0
6	0	1	0	0	0	0	0
7	0	7	15	11	0	0	0
8	0	1	4	2		0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	0	127	203	126	0	0	0
15	0	15	17	13	0	0	0
Sub Total	0	1674	2443	1360	0	0	0
Total				5477			
TPDS				1826			
Desviación estándar				2641			
% confianza				1,64			
TPDA				4320			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Calle 80

Cuadro (p) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Calle 80.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	2	1	0	0
05:00	0	0	0	8	7	0	0
06:00	0	0	0	7	6	0	0
07:00	0	0	0	6	9	0	0
08:00	0	0	0	10	3	0	0
09:00	0	0	0	10	6	0	0
10:00	0	0	4	3	8	0	0
11:00	0	0	6	4	4	0	0
12:00	0	0	3	5	4	0	0
13:00	0	0	2	5	8	0	0
14:00	0	0	5	10	8	0	0
15:00	0	0	11	10	0	0	0
16:00	0	0	5	11	0	0	0
17:00	0	0	14	17	0	0	0
18:00	0	0	7	5	0	0	0
19:00	0	0	4	4	0	0	0
20:00	0	0	4	1	0	0	0
21:00	0	0	0	2	0	0	0
22:00	0	0	3	3	0	0	0
Sub Total	0	0	69	123	64	0	0
Corrección con factor diario	0,0	0,0	8,5	21,3	8,3	0,0	0,0
Total				38,1			
TPDS				13			
Desviación estándar				96			
% confianza				1,64			
TPDA				104			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (q) Datos de volumen vehicular y TPDA en Calle 80.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	0	0	2877	4637	2756	0	0
2	0	0	17	22	13	0	0
3	0	0	97	202	141	0	0
4	0	0	18	12	11	0	0
5	0	0	7	12	9	0	0
6	0	0	4	2	8	0	0
7	0	0	2	3	2	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	2	1	1	0	0
10	0	0	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	354	658	373	0	0
15	0	0	12	33	21	0	0
Sub Total	0	0	3391	5584	3335	0	0
Total				12310			
TPDS				4103			
Desviación estándar				5943			
% confianza				1,64			
TPDA				9715			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Escuela Barrio Nuevo

Cuadro (r) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Escuela Barrio Nuevo.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	1	1	0	1
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	1	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	2	0
05:00	1	3	1	1	2	1	0
06:00	5	2	2	1	2	0	2
07:00	0	3	5	2	3	1	0
08:00	2	0	2	4	0	0	1
09:00	6	0	6	2	1	0	1
10:00	3	0	2	1	1	0	0
11:00	2	2	0	1	5	1	0
12:00	3	2	1	1	6	0	2
13:00	3	3	2	2	0	2	6
14:00	1	4	2	1	4	0	2
15:00	1	4	2	1	3	2	0
16:00	5	1	1	0	3	1	4
17:00	2	3	3	1	3	4	3
18:00	3	2	0	1	1	0	2
19:00	1	1	1	1	1	3	6
20:00	1	4	2	0	1	2	0
21:00	3	0	2	2	3	0	0
22:00	1	0	2	0	0	1	1
23:00	0	0	0	0	1	0	0
Sub Total	43	34	36	24	41	20	31
Corrección con factor diario	5,9	6,0	4,5	4,1	5,3	3,1	3,2
Total				229			
TPDS				32,7			
Desviación estándar				8			
% confianza				1,64			
TPDA				38			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (s) Datos de volumen vehicular y TPDA en Escuela Barrio Nuevo.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	2173	2070	2257	2031	2313	1933	1555	
2	1	7	4	6	6	4	3	
3	134	127	145	141	132	108	67	
4	3	1	2	4	2	4	1	
5	2	3	0	2	1	2	1	
6	0	2	0		1	0	1	
7	1	0	0	0	1	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	
14	141	137	162	142	137	132	119	
15	40	32	31	23	34	18	30	
Sub Total	2495	2379	2601	2349	2627	2201	1777	1555
Total				16429				
TPDS				2347				
Desviación estándar				292				
% confianza				1,64				
TPDA				2527				

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Centro diagonal

Cuadro (t) Datos de conteos de ciclistas y TPDA en Centro diagonal.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0
05:00	2	2	1	2	1	1	0
06:00	0	2	2	1	0	0	0
07:00	0	0	2	1	1	0	0
08:00	0	0	0	1	0	1	1
09:00	1	0	1	0	1	1	0
10:00	0	1	1	1	0	0	0
11:00	2	0	1	1	1	0	0
12:00	1	0	2	1	1	0	0
13:00	0	0	1	0	0	0	1
14:00	1	1	0	0	0	0	1
15:00	0	0	1	0	0	1	0
16:00	1	0	1	1	0	0	0
17:00	1	0	2	0	2	1	0
18:00	0	0	0	0	1	1	0
19:00	1	0	0	1	1	0	0
20:00	0	0	0	1	0	0	0
21:00	0	1	0	0	1	0	0
22:00	0	1	0	0	0	0	0
23:00	0	0	2	0	0	0	0
Sub Total	10	8	17	11	10	6	3
Corrección con factor diario	1,4	1,4	2,1	1,9	1,3	0,9	0,3
Total				65			
TPDS				9,3			
Desviación estándar				4			
% confianza				1,64			
TPDA				12			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (u) Datos de volumen vehicular y TPDA en Centro diagonal.

Clase	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	3411	3459	3688	3443	3757	3680	3048
2	25	31	23	26	36	30	17
3	462	485	324	355	458	389	280
4	12	19	17	13	24	17	3
5	9	4	3	7	6	6	4
6	2	1	1	0		3	0
7	5	5	2	3	3	4	1
8	5	4	6	7	1	4	0
9	5	10	6	4	5	5	1
10	2	8	5	2	4	4	0
11	3	0	2	2	1	2	0
12	0	0	0	0	0	0	0
14	312	356	327	342	403	339	256
15	7	7	15	8	9	5	3
Sub Total 4260	4389	4419	4212	4707	4488	3613	3048
Total				30088			
TPDS				4298			
Desviación estándar				343			
% confianza				1,64			
TPDA				4509			

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Apéndice 3. Datos de la cantidad de ciclistas en los puntos de conteos manuales.

Interamericana

Cuadro (a) Entrada Parque Industrial

	vie-17-sep-21					vie-24-sep-21			
	N	S	E	O		N	S	E	O
6:00-8:00am	69	77	25	123	6:00-8:00am	59	78	38	105
11:00-1:00pm					11:00-1:00pm	18	16	20	22
Porcentaje		19,6 %			Porcentaje		25,9 %		
TPD	352	393	128	628	TPD	298	363	224	491

PROMEDIOS

	N	S	E	O
6:00-8:00am	64	77,5	31,5	114
11:00-1:00pm	18	16	20	22
TPD	325	378	176	560

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (b) Intersección El Quijongo

	vi.-17-sep-21					vi.-24-sep-21			
	N	S	E	O		N	S	E	O
6:00-8:00am	92	57	68	113	6:00-8:00am	107	55	56	138
11:00-1:00pm					11:00-1:00pm	37	18	44	48
Porcentaje		19.60 %			Porcentaje		25.90 %		
TPD	470	291	347	577	TPD	557	282	386	719

PROMEDIOS

	N	S	E	O
6:00-8:00am	100	56	62	126
11:00-1:00pm	37	18	44	48
TPD	513	287	367	648

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (c) Intersección Mega Súper

	ju.-07-oct-21					ju.-14-oct-21			
	N	S	E	O		N	S	E	O
10:09-10:29am	92	57	68	113	10:09-10:29am	128	58	17	123
Porcentaje		10.00 %			Porcentaje		10.00 %		
TPD	920	570	680	1130	TPD	1280	580	170	1230

PROMEDIOS

	N	S	E	O
10:09-10:29am	110	58	43	118
TPD	1100	575	425	1180

Fuente: Elaboración propia en Excel.

228 Barrancas

Cuadro (d) Ruta 228 -Tobosi 1

	ma.-21-sep-21			
	N	S	E	O
5:30-7:30am		107	286	87
3:00-5:00pm		73	34	60
Porcentaje		42.30 %		
TPD		426	757	348

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (e) Ruta 228 Barrancas-Tobosi 2

	ju.-16-sep-21			
	N	S	E	O
5:30-7:30am	103	135	168	
3:00-5:00pm	20	118	22	
Porcentaje		49.50 %		
TPD	249	511	384	0

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (f) Carretera barrancas-Central Barrancas 3

ju.-09-sep-21				
	N	S	E	O
5:30-7:30am	186	51		115
3:00-5:00pm	29	6		48
Porcentaje		49.50 %		
TPD	435	115	0	329

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (g) Ruta 228-Carretera barrancas 4

ma.-14-sep-21				
	N	S	E	O
5:30-7:30am	117	148	150	206
3:00-5:00pm	29	52	140	57
Porcentaje		42.30 %		
TPD	345	473	686	622

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (h) Ruta 228-Coris 5

ma.-14-sep-21				
	N	S	E	O
5:30-7:30am	119		137	211
3:00-5:00pm	34		67	96
TPD	362	0	483	726

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Hacienda vieja-Pitahaya

Cuadro (i) Punto 1

ma.-21-sep-21				
	N	S	E	O
5:00-1:00pm	75	56	48	163
16:00-17:40pm	59	43	62	41
Porcentaje		79.70 %		
TPD	168	124	138	256

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (j) Punto 2

ju.-16-sep-21				
	N	S	E	O
5:00-1:00pm	83	177	72	40
16:00-17:40pm	60	80	88	22
Porcentaje	79.70 %			
TPD	179	322	201	78

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (k) Punto 3

ju.-09-sep-21				
	N	S	E	O
5:00-1:00pm	59	207	5	44
16:00-17:40pm	55	121	12	21
Porcentaje	79.70 %			
TPD	143	411	21	82

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (l) Punto 4

ma.-14-sep-21				
	N	S	E	O
5:00-1:00pm	62		101	251
16:00-17:40pm	51		87	81
Porcentaje	79.70 %			
TPD	142	0	236	416

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (m) Punto 5

ma.-14-sep-21				
	N	S	E	O
5:00-1:00pm	151	41		244
16:00-17:40pm	161	32		63
Porcentaje	79.70 %			
TPD	391	92	0	385

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Reno City- Cacique-Interamericana

Cuadro (n) Diagonal 74 Entrada Norte

	vi.-18-mar-22	ju.-24-mar-22
6:15-8:15am	142	144
11:00-1:00pm	94	85
4:30-6:30pm	96	83
Porcentaje	35.70 %	36.30 %
TPD	931	859

6:15-8:15am	188
4:30-6:30pm	134
TPD	895

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (ñ) Diagonal 74 Entrada Sur

	vi.-18-mar-22	ju.-24-mar-22
6:00-8:00am	126	118
11:00-1:00pm	61	92
4:30-6:15pm	130	114
Porcentaje	35.70 %	36.30 %
TPD	889	892

6:00-8:00am	160
4:30-6:15pm	160
TPD	891

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (o) Unidad Pedagógica Barrio Nuevo

	vi.-18-mar-22	ju.-24-mar-22
6:00-8:00am	28	66
11:00-1:00pm	30	73
4:30-6:15pm	54	124
Porcentaje	35.70 %	36.30 %
TPD	314	724

6:00-8:00am	73
4:30-6:15pm	115
TPD	519

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Catalinas -Santa Gertrudis

Cuadro (p) Punto A

	sá.-19-mar-22	ma.-22-mar-22
6:00-8:00am	88	69
Porcentaje	25.20 %	24.20 %
TPD	624	648
TPD	636	636

6:00-8:00am	79
TPD	636

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (q) Punto B

	sá.-19-mar-22	ju.-24-mar-22
6:00-8:00am	50	
11:00-1:00pm		36
Porcentaje	13.30 %	5.80 %
TPD	376	622
TPD	499	499

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (r) Punto C**ma.-22-mar-22**

6:00-8:00am	104
Porcentaje	21.10 %

TPD 492

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (s) Punto D**ma.-22-mar-22**

6:00-8:00am	81
Porcentaje	21.10 %

TPD 383

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (t) Punto E**vi.-11-mar-22**

6:00-8:00am	75
Porcentaje	19.60 %

TPD 383

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Apéndice 4. Presupuesto.**Cuadro (a) Infraestructura ciclista carril compartido**

Código	Actividad	Unidades	Costo unitario [C]
1-100	Infraestructura ciclista carril compartido		
1-200	Señalización horizontal		
1-201	Símbolos de carril compartido	un	10 670,00
1-202	Símbolos de transición entre infraestructuras	un	10 670,00
1-203	Zona de seguridad de peatones (blanca)	un	16 600,00
1-204	Cruce de bicicleta (verde)	un	14 500,00
1-300	Señalización vertical		
1-301	Señal de alto a ciclistas	un	59 500,00
1-302	Señal de carril compartido R-7-25	un	59 500,00
1-303	Señal de ceda a ciclistas	un	59 500,00
1-304	Señal de cruce de bicicletas	un	60 100,00
1-305	Tubo cuadrado HG 3" x3" (1,5 mm) de 6m	un	26 000,00
1-306	Concreto hidráulico f'c = 175 kg/cm2	m3	69 000,00

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (b) Infraestructura ciclista demarcada

Código	Actividad	Unidades	Costo unitario [C]
2-100	Infraestructura ciclista demarcada		
2-200	Capa de rodadura		
2-201	Concreto premezclado f'c=210kg/cm ²	m ³	79 500,00
2-300	Señalización horizontal		
2-301	Línea longitudinal verde (de 25cm)	m	1 450,00
2-302	Línea longitudinal blanca (de 10cm)	m	550,00
2-303	Símbolo de bicicleta	un	34 790,00
2-304	Símbolos de transición entre infraestructuras	un	10 670,00
2-305	Símbolo de ceda a peatones	un	55 450,00
2-306	Flechas direccionales	un	2 050,00
2-307	Zona de seguridad de peatones (blanca)	un	16 600,00
2-308	Cruce de bicicletas (verde)	un	14 500,00
2-400	Señalización vertical		
2-401	Señal de ceda a ciclistas	un	59 500,00
2-402	Señal de carril compartido adelante	un	60 785,00
2-403	Señal de cruce de bicicletas	un	60 100,00
2-404	Señal de ruta de bicicletas	un	70 900,00
2-405	Tubo cuadrado HG 3" x3" (1,5 mm) de 6m	un	26 000,00
2-406	Concreto hidráulico f'c = 175 kg/cm ²	m ³	69 000,00

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (c) Infraestructura ciclista segregada tipo 1

Código	Actividad	Unidades	Costo unitario [C]
3-100	Infraestructura ciclista segregada tipo 1		
3-200	Capa de rodadura		
3-201	Concreto premezclado f'c=210kg/cm2	m3	79 500,00
3-300	Señalización horizontal		
3-301	Línea intermitente de color amarillo-pintura base solvente	m	500,00
3-302	Línea longitudinal verde (de 25cm)	m	1 450,00
3-303	Línea longitudinal blanca (de 10cm)	m	550,00
3-304	Símbolo de bicicleta	un	34 790,00
3-305	Símbolo de prioridad ciclistas	un	60 650,00
3-306	Símbolo de ceda a peatones	un	55 450,00
3-307	Flechas direccionales	un	2 050,00
3-308	Zona de seguridad de peatones (blanca)	un	16 600,00
3-309	Cruce de bicicletas (verde)	un	14 500,00
3-400	Señalización vertical		
3-401	Señal de alto a ciclistas	un	59 500,00
3-402	Señal de ceda a ciclistas	un	59 500,00
3-405	Señal de cruce de bicicletas	un	60 100,00
3-406	Señal de ruta de bicicletas	un	70 900,00
3-407	Tubo cuadrado HG 3" x3" (1,5 mm) de 6m	un	26 000,00
3-408	Concreto hidráulico f'c = 175 kg/cm2	m3	69 000,00
3-500	Separadores		
3-501	Separadores para infraestructura	un	15 000,00

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (d) Infraestructura ciclista segregada tipo 2

Código	Actividad	Unidades	Costo unitario [C]
4-100	Infraestructura ciclista segregada tipo 2		
4-200	Capa de rodadura		
4-201	Concreto premezclado f'c=210kg/cm2	m3	79 500,00
4-300	Señalización horizontal		
4-301	Línea longitudinal verde (de 25cm)	m	1 450,00
4-302	Línea longitudinal blanca (de 10cm)	m	550,00
4-303	Línea intermitente de color amarillo. Pintura base solvente	m	500,00
4-304	Símbolo de bicicleta	un	34 790,00
4-305	Símbolo de prioridad ciclistas	un	60 650,00
4-306	Símbolo de ceda a peatones	un	55 450,00
4-307	Flechas direccionales	un	2 050,00
4-308	Zona de seguridad de peatones (blanca)	un	16 600,00
4-309	Cruce de bicicletas (verde)	un	14 500,00
4-400	Señalización vertical		
4-401	Señal de alto a ciclistas	un	59 500,00
4-402	Señal de ceda a ciclistas	un	59 500,00
4-403	Señal de cruce de bicicletas	un	60 100,00
4-404	Señal de ruta de bicicletas	un	70 900,00
4-405	Tubo cuadrado HG 3" x3" (1,5 mm) de 6m	un	26 000,00
4-406	Concreto hidráulico f'c = 175 kg/cm2	m3	69 000,00
4-500	Separadores		
3-501	Separadores para infraestructura	un	45 000,00

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (e) Infraestructura peatonal.

Código	Actividad	Unidades	Costo unitario [C]
5-200	Concreto premezclado f'c=210kg/cm2	m3	79 500,00
5-300	Losetas táctiles	un	975,00

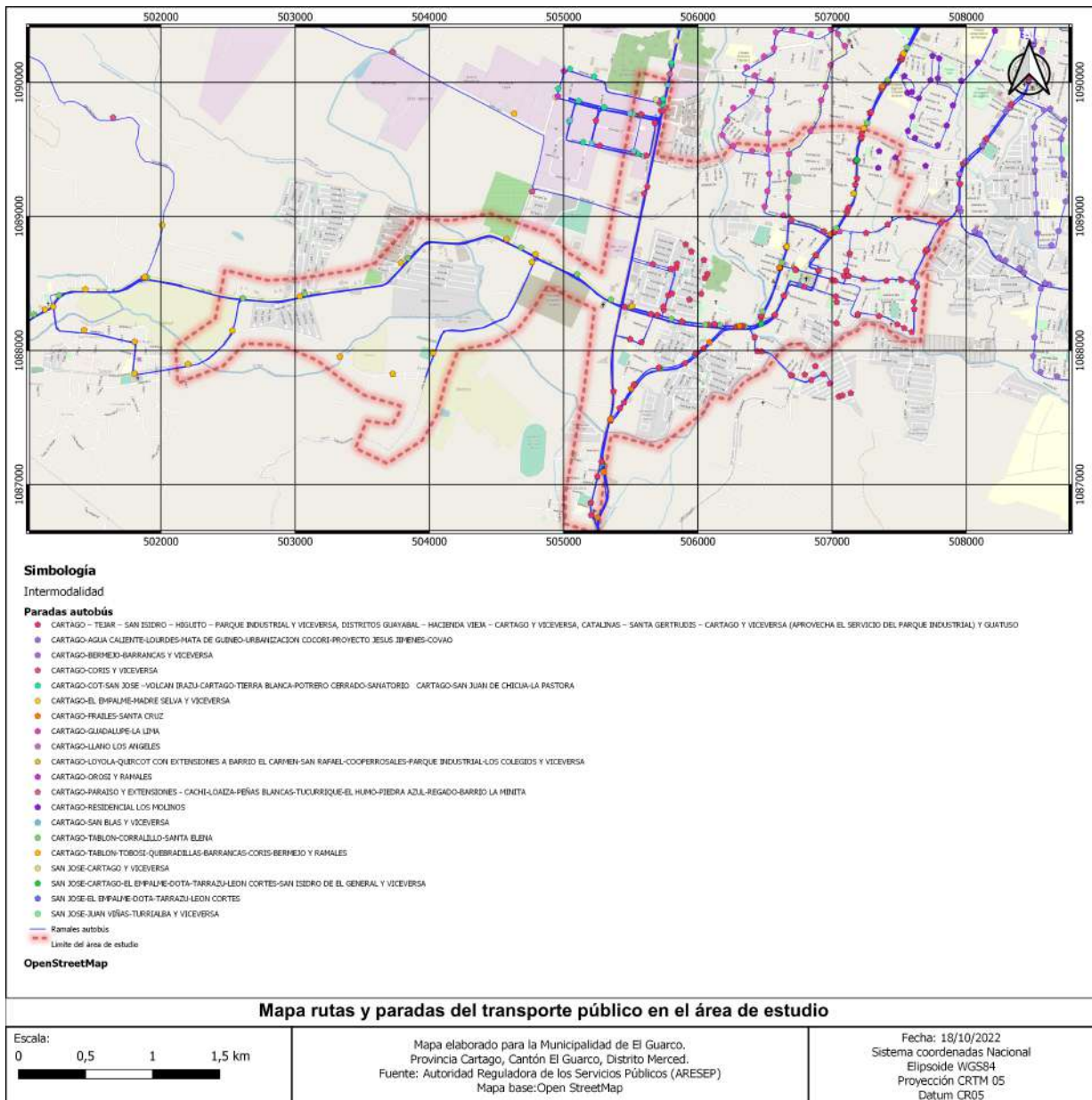
Fuente: Elaboración propia en Excel.

Cuadro (f) Porcentaje de precio general

Tipo de costo	Detalle	[%]
Directos	Insumos	71,66
	Mano de obra	9,61
Indirectos	Administrativo	9,21
	Utilidad	9,52

Fuente: Moya (2022)

Apéndice 5. Intermodalidad



(a) Mapa de rutas y paradas del transporte público en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia en Qgis

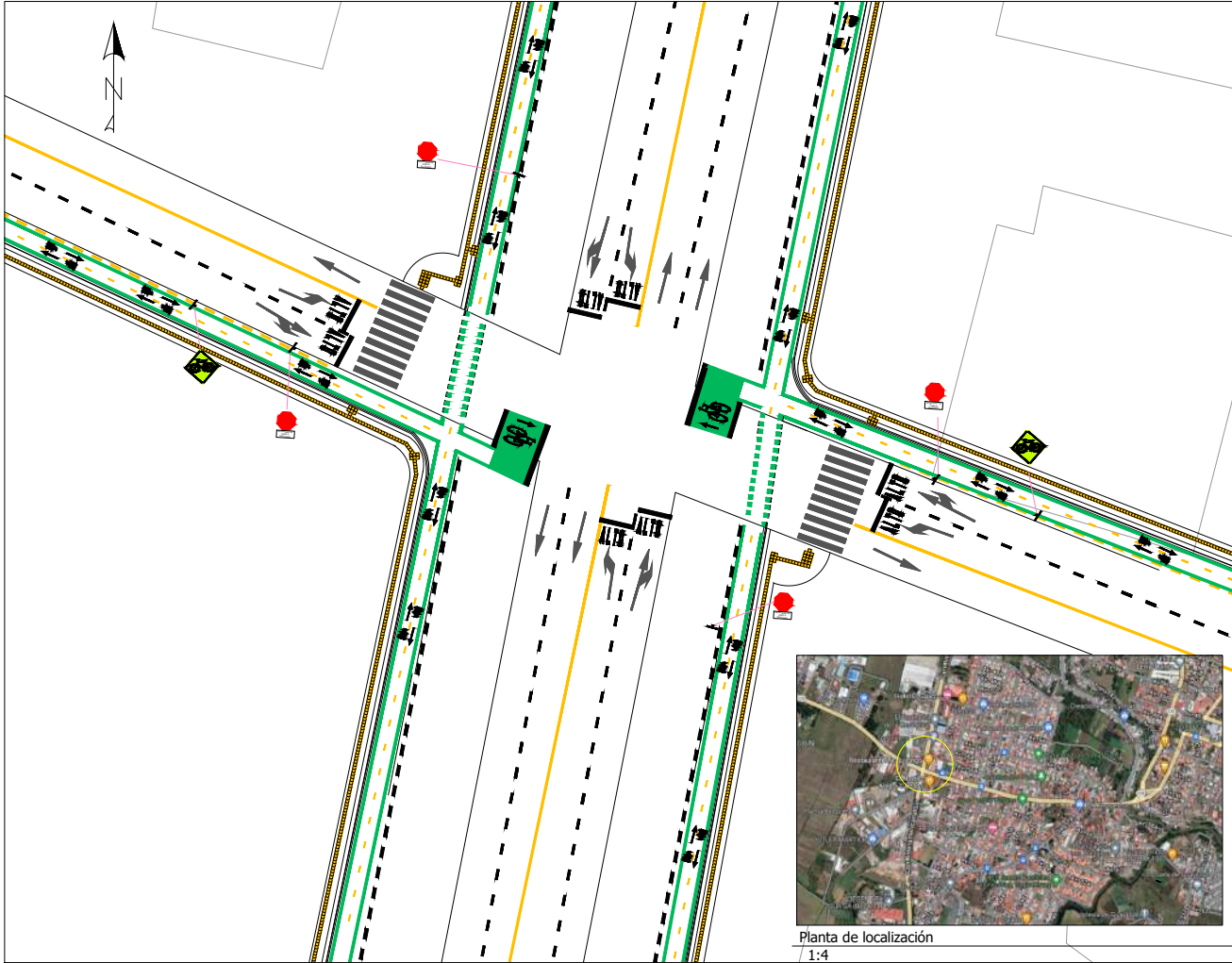
A continuación se especifican puntos relevantes relacionados con la información brindada por medio de solicitud de información geoespacial correspondiente a los ramales de las rutas de autobús, paradas de taxis, así como las paradas y líneas de tren a la Aresep, en donde se nos realizaron las siguientes aclaraciones:

- El Consejo de Transporte Público (CTP) del MOPT, es el ente rector en la materia de transporte público y por lo tanto es la fuente oficial que define y posee la información de

las paradas oficiales de cada ruta y ramal (recorridos) así como la estructura operativa para los concesionarios y permisionarios que brindan el servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús; lo que incluye códigos y descripción de rutas, descripción de los ramales (recorridos dentro de la ruta), horarios, frecuencias y distancias autorizadas; así como la flota autorizada para prestar el servicio.

- El listado de paradas que dispone la Aresep, corresponde a los registros que remiten los operadores del servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús de la ruta regular, a efecto de cumplir con un requerimiento de información operativa de movilización de pasajeros que deben presentar de manera periódica, y cuya estructura de código de ruta y código de ramal (interno de la Aresep) responde a una necesidad del Sistema de Información Regulatoria (SIR) y de la institución para efecto de sus competencias regulatorias. Dicha información no necesariamente coincide con la información oficial del CTP.
- Los datos de la ubicación de las paradas actualmente se encuentran en proceso de depuración y revisión por parte de la Intendencia de Transporte, por lo que es posible que se presenten inconsistencias en el listado que se comparte.

Apéndice 6. Detalle de las intersecciones seleccionadas



Planta de localización
1:4



Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

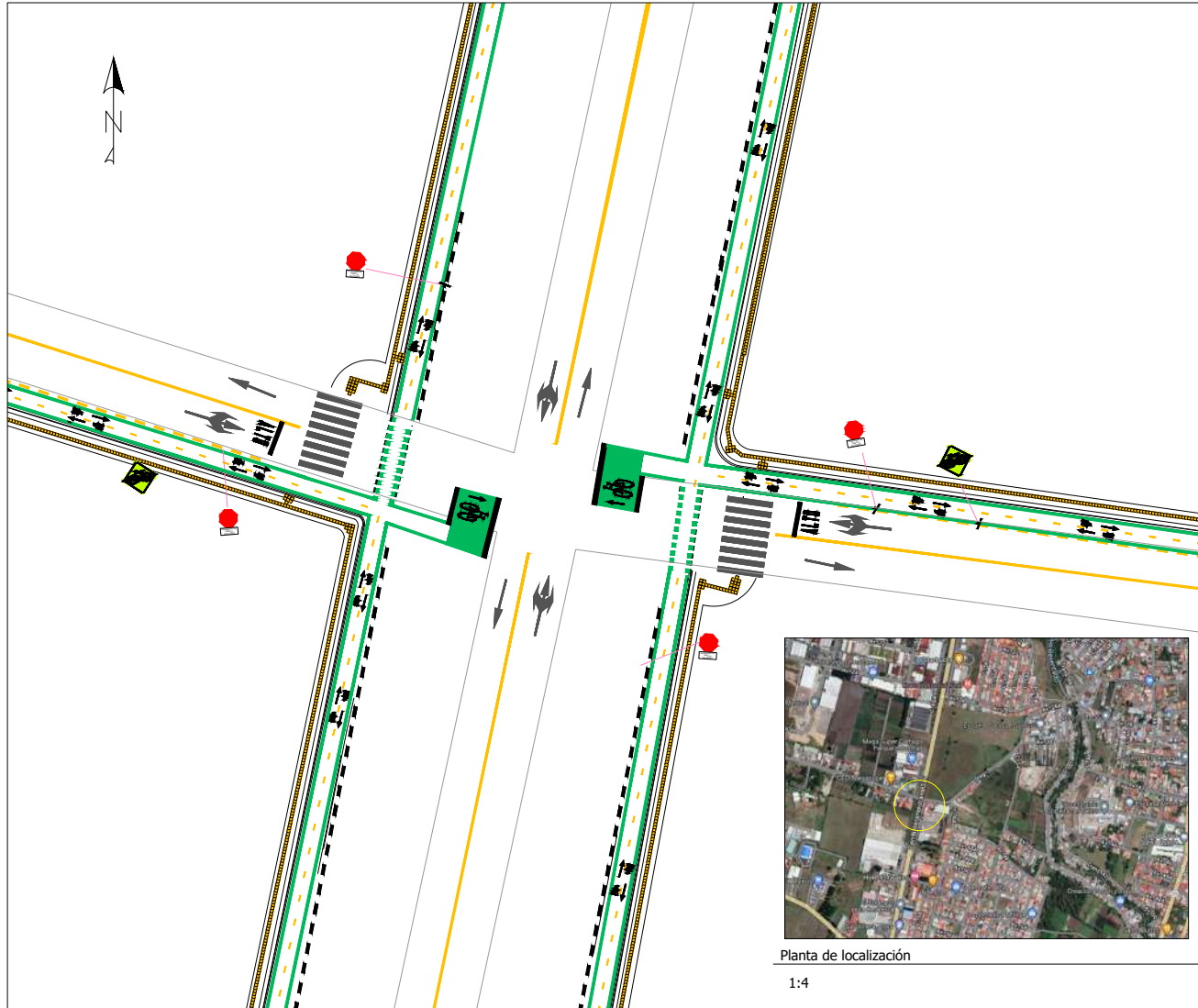
Profesor Guía:

Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

Diseño de intersección 1 en el cantón de El Guarco, coordenadas 9.842614, -83.950484

Escalas:	Fecha:	Lámina N°:
2:1	18 de octubre 2022	01/05



TEC
Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Profesor Guía:

Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

Diseño de intersección 2 en el cantón de El Guarco, coordenadas 9.848695, -83.949169



Planta de localización

1:4

Escalas:	Fecha:	Lámina N°:
2:1	18 de octubre 2022	02/05



TEC
Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el período del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

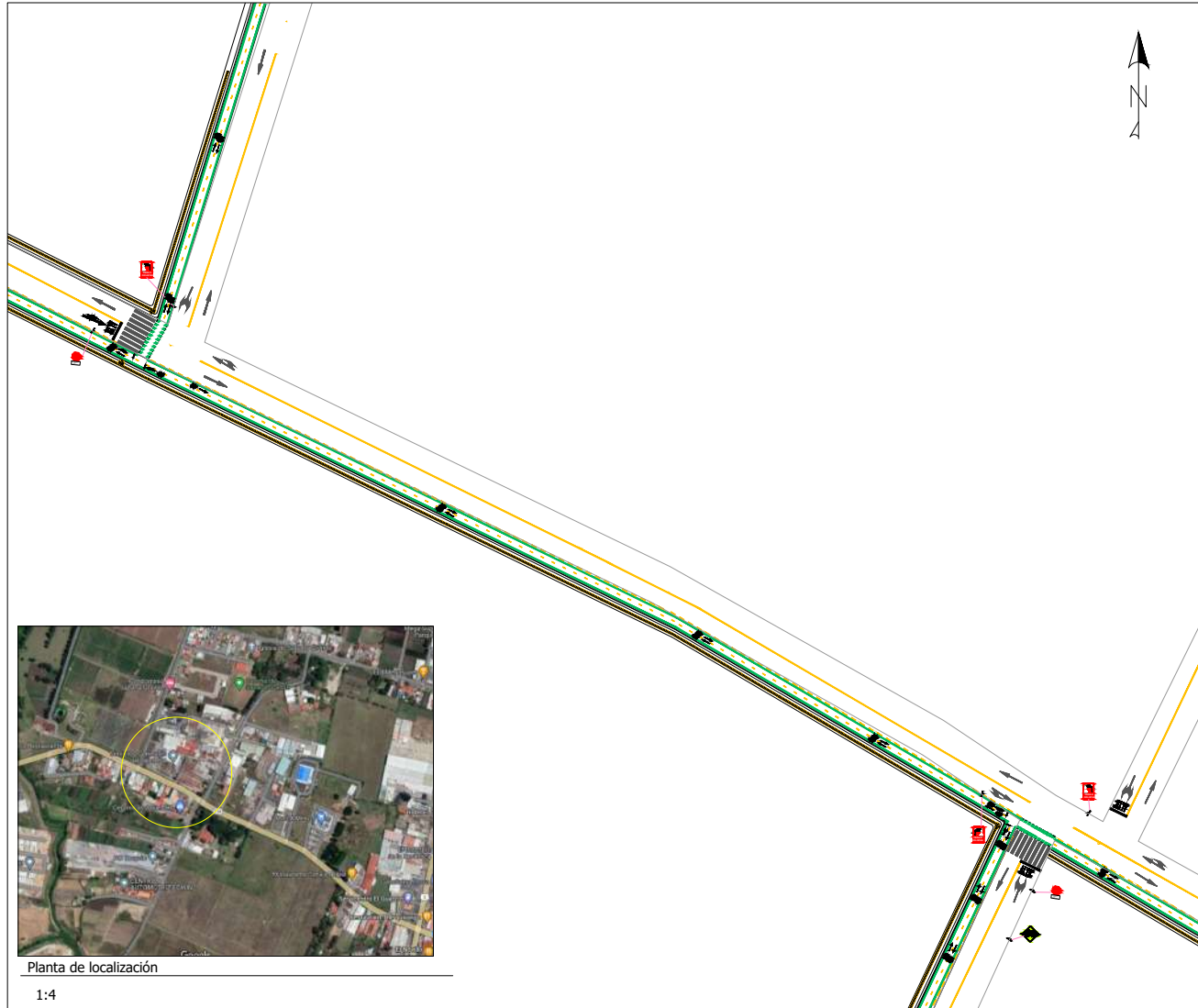
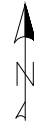
Profesor Guía:

Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

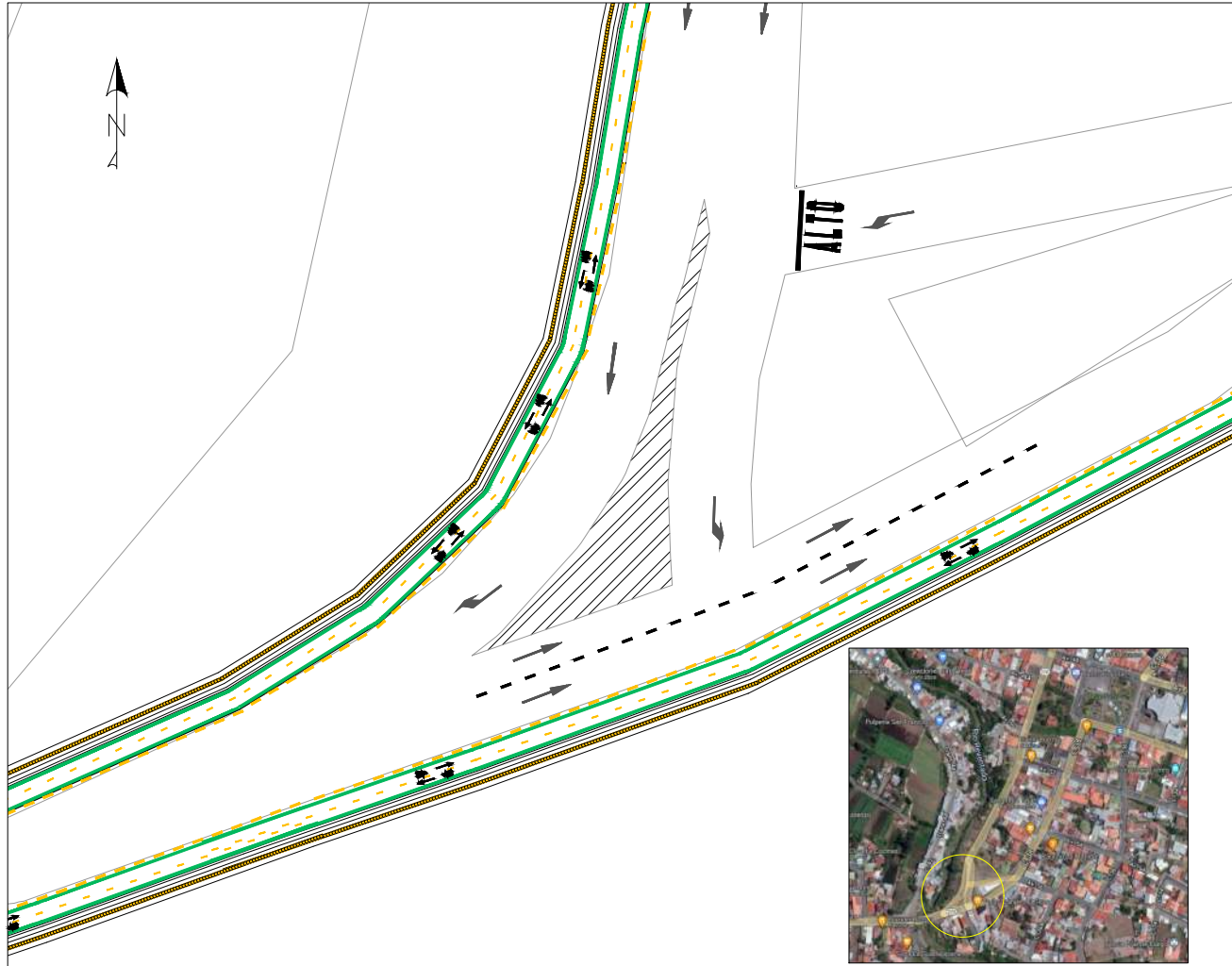
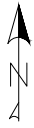
Diseño de intersección 3 en el cantón de El Guarco, coordenadas 9.846423, -83.957012

Escalas:	Fecha:	Lámina N°:
1:2	Octubre 2022	03/06



Planta de localización

1:4



Planta de localización
1:4



Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

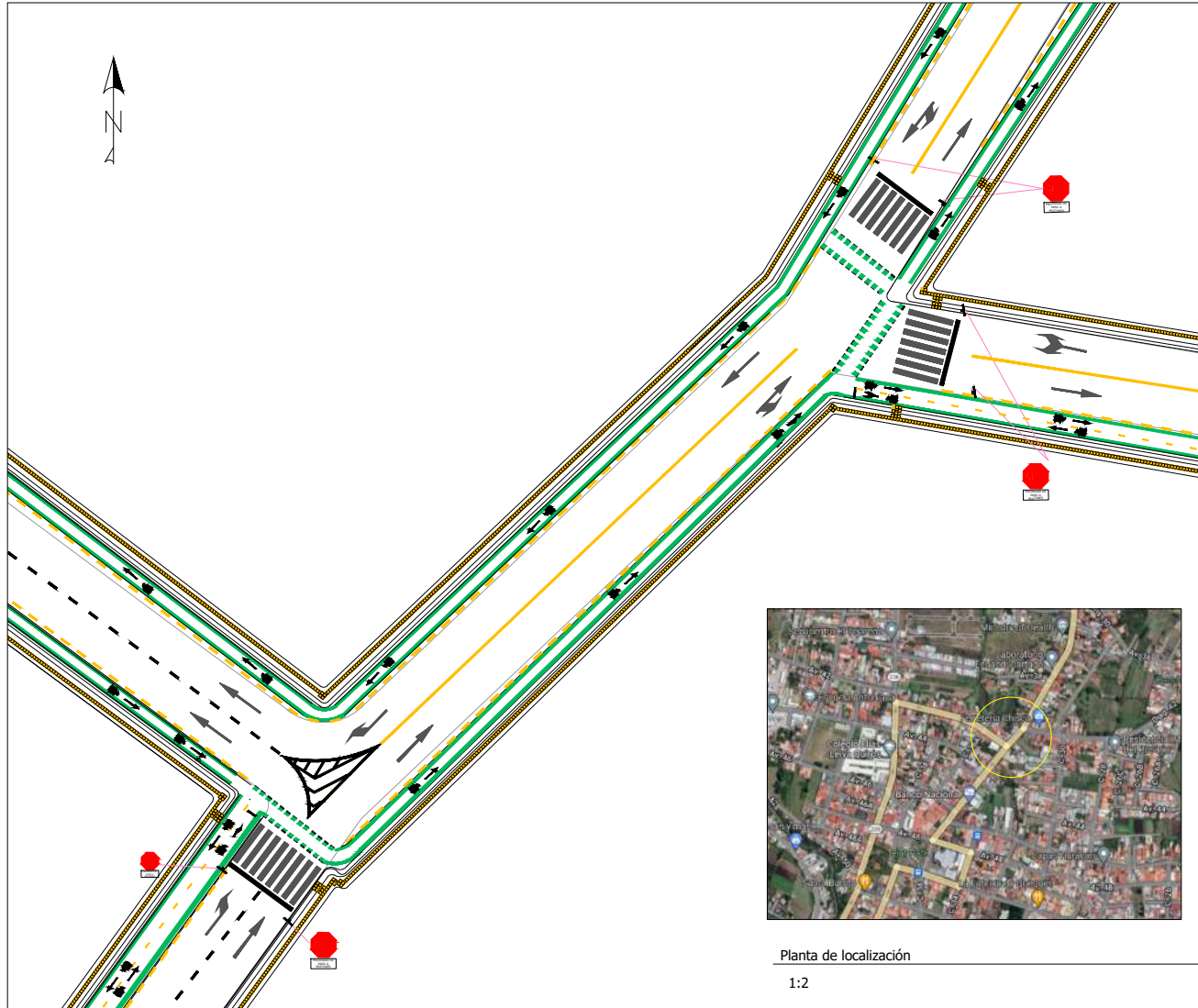
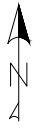
Profesor Guía:

Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

Diseño de intersección 4 en el cantón de El Guarco, coordenadas 9.841372, -83.941042

Escalas:	Fecha:	Lámina N°:
2:1	Octubre 2022	04/06



Planta de localización

1:2



Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el periodo del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Profesor Guía:

Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

Diseño de intersección 5 en el cantón de El Guarco, coordenadas 9.847422, -83.936144

Escalas:	Fecha:	Lámina N°:
2:1	Octubre 2022	05/06



TEC
Tecnológico de Costa Rica

Nombre del Proyecto

Plan maestro de infraestructura peatonal y ciclista para promover la movilidad en el cantón El Guarco, Cartago, Costa Rica para el período del 2023 - 2033

Diseñado por

Adison Brenes Ureña 2017109667
Alexandra Carranza Elizondo 2017163149

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Profesor Guía:

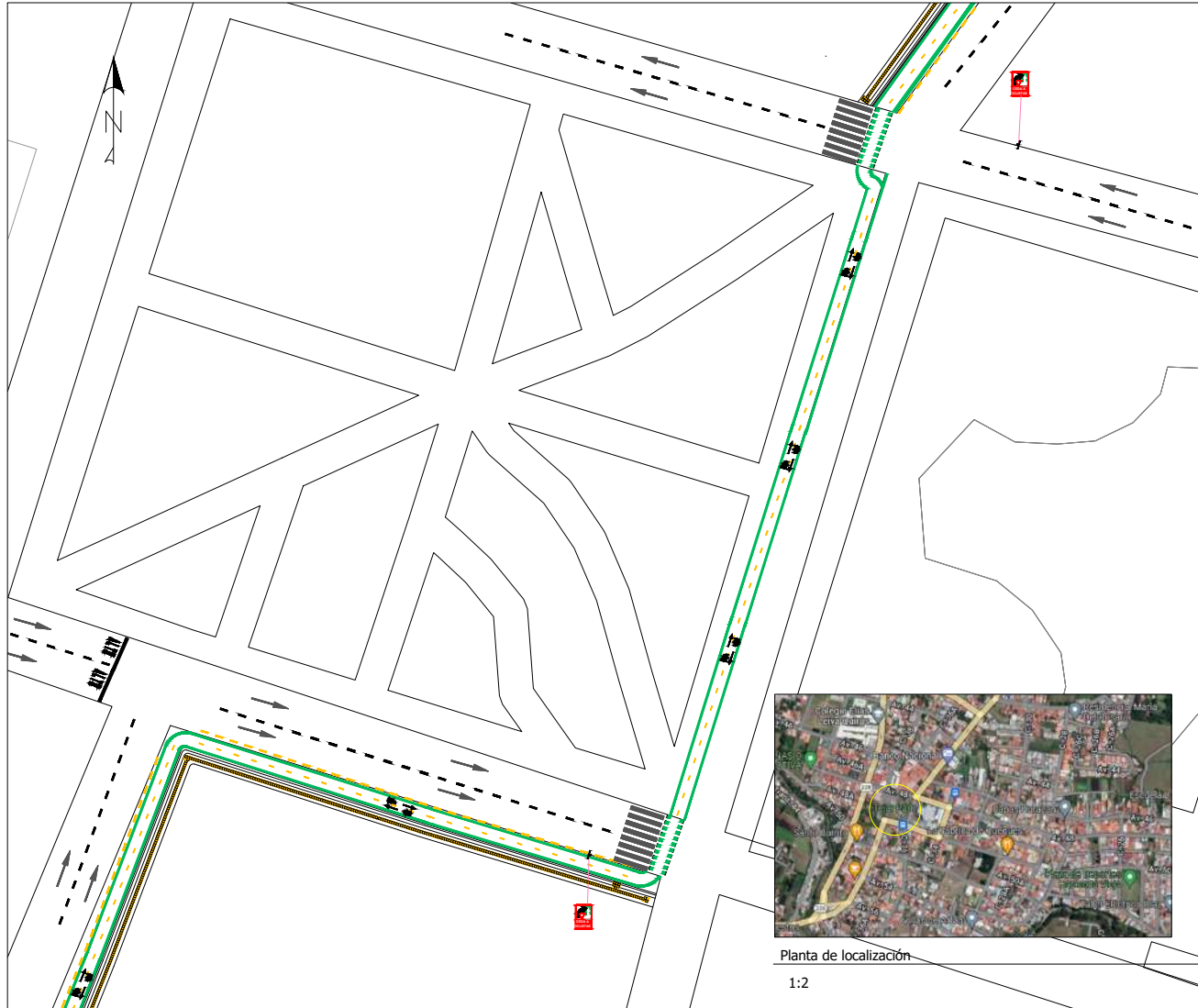
Ing. Henry Hernández Vega

Contenido:

Diseño de infraestructura ciclista en el parque de El Tejar en el cantón de El Guarco.

Escalas: Fecha: Lámina N°:

2:1 Octubre 2022 06/06



Planta de localización

1:2

Anexos















1.	Anteproyecto técnico La Lima-Quijongo.	184
2.	Clasificación de los vehículos de los datos individuales.	186
3.	Instrumento de medición de los conteos automáticos.	187
4.	Intermodalidad	189

Anexo 1. Anteproyecto técnico La Lima-Quijongo.

Para las intersecciones de la ruta nacional se consideró tomar en cuenta este proyecto que a futuro se plantea realizar. Este es el diseño geométrico donde se pueden apreciar las intersecciones, rotondas, ampliación de carriles, demás.

Anexo 2. Clasificación de los vehículos de los datos individuales.

Los datos individuales que registra el instrumento del CIVCO es con respecto al tipo de vehículo, cada uno cuenta con un número que son los mostrados en la siguiente tabla .

Class	Axles	Groups	Description	Parameters	Dominant Vehicle	Aggregate	
1	SV	2	1 OR 2	Short - Car, light Van	$d(1) \geq 1.7m, d(1) < 3.2m \ \& \ axles = 2$		Light
2	SVT	3, 4 OR 5	3	Short Towing - Trailer, Caravan, Boat, etc.	$groups = 3, d(1) \geq 2.1m, d(1) < 3.2m, d(2) \geq 2.1m \ \& \ axles = 3, 4, 5$		
3	TB2	2	2	Two axle truck or Bus	$d(1) < 3.2m \ \& \ axles = 2$		Medium
4	TB3	3	2	Three axle truck or Bus	$axles = 3 \ \& \ groups = 2$		
5	T4	>3	2	Four axle truck	$axles > 3 \ \& \ groups = 2$		
6	ART3	3	3	Three axle articulated vehicle or Rigid vehicle and trailer	$d(1) > 3.2m, axles = 3 \ \& \ groups = 3$		Heavy
7	ART4	4	>2	Four axle articulated vehicle or Rigid vehicle and trailer	$d(2) < 2.1m \ \text{or} \ d(1) < 2.1m \ \text{or} \ d(1) > 3.2m \ axles = 4 \ \& \ groups > 2$		
8	ART5	5	>2	Five axle articulated vehicle or Rigid vehicle and trailer	$d(2) < 2.1m \ \text{or} \ d(1) < 2.1m \ \text{or} \ d(1) > 3.2m \ axles = 5 \ \& \ groups > 2$		
9	ARTE	>=6	>2	Six (or more) axle articulated vehicle or Rigid vehicle and trailer	$axles = 6 \ \& \ groups > 2 \ \text{or} \ axles > 6 \ \& \ groups = 3$		
10	BD	>6	4	B-Double or Heavy truck and trailer	$groups = 4 \ \& \ axles > 6$		
11	DRT	>6	5	Double road train or Heavy truck and two trailers	$groups = 5, 6 \ \& \ axles = 6$		
12	TRT	>6	>6	Triple road train or Heavy truck and three (or more) trailers	$groups > 6 \ \& \ axles > 6$		
14	M/C	2	1 OR 2	Motorcycle	$d(1) \geq 1.28m, d(1) < 1.7m \ \& \ axles = 2$		Light
15	CYCLE	2	1 OR 2	Cycle	$d(1) < 1.28 \ \& \ axles = 2$		

(a) Clasificación de los vehículos de los datos individuales.

Fuente: Brindado por el CIVCO.

Anexo 3. Instrumento de medición de los conteos automáticos.

Es la información suministrada por el técnico del CIVCO como respaldo y garantía del equipo usado en las mediciones del proyecto.

- Marca: MetroCount
- Descripción: Vehicle Classifier System
- Precisión: El equipo detecta 3 parámetros:
 - Cantidad de vehículos (conteo)
 - Velocidad (utilizando el tiempo que demora un vehículo para generar el pulso en la primera manguera y luego el pulso en la segunda manguera, la distancia es conocida y se comenta posteriormente)
 - Clasificación vehicular de acuerdo a algún esquema utilizado (en nuestro caso el VRX, que se encuentra adjunto).



(a) Instrumento de medición de los conteos propiedad del CIVCO.

Fuente: Brindada por el técnico del CIVCO Luis Carlos Calvo.

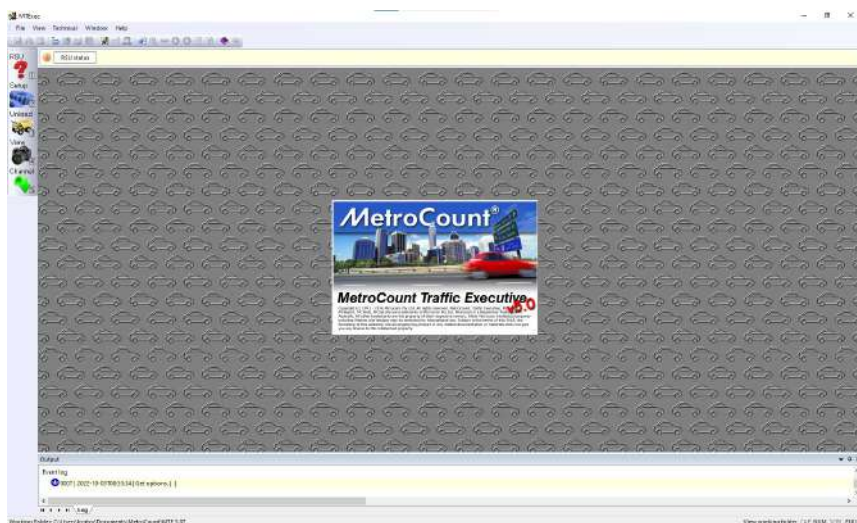
La precisión de la medición dependerá de colocar el equipo de la mejor manera posible en términos de perpendicularidad (al sentido de paso de los vehículos), paralelismo (entre las mangueras) y distancia (entre 0,70 y 1,00 metros entre las mangueras).

Se considera bien ejecutada la medición, si de la cantidad de pulso detectados por el equipo, se logran clasificar más del 95 %, por lo cual, un error de clasificación de más del 5 % considera dudosa la medición.



(b) Instrumento colocado en sitio para medir los conteos.
Fuente: Brindada por el técnico del CIVCO Luis Carlos Calvo.

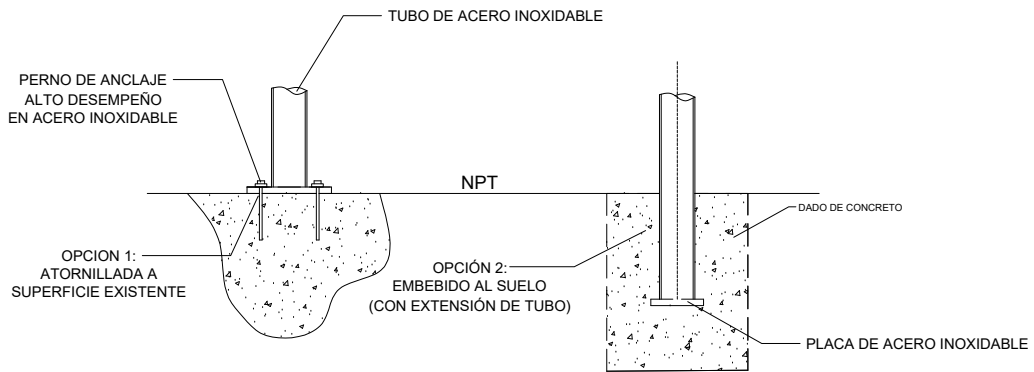
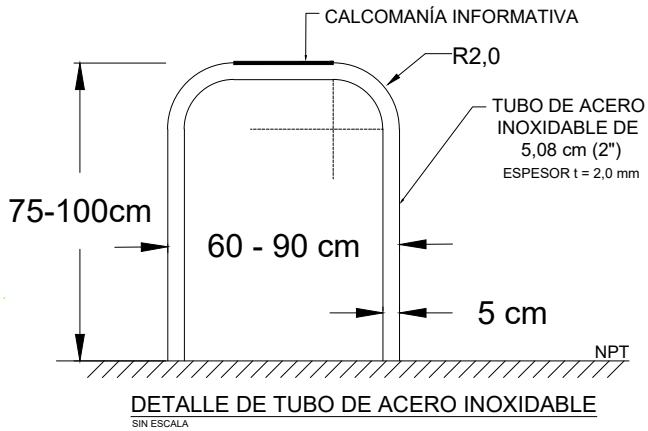
El instrumento recolecta los datos pero el análisis de los datos y la configuración del equipo se realiza mediante el uso del programa llamado MTExec.exe que es una abreviatura de MetroCount Traffic Executive, versión 5.0.7.0 Copyright © 1997-2019 MetroCount. En la figura se muestra como es el programa.



(c) Programa de configuración del equipo y análisis de datos Instrumento de medición de los conteos propiedad del CIVCO.
Fuente: Brindada por el técnico del CIVCO Luis Carlos Calvo.

Anexo 4. Intermodalidad

Se recomienda la implementación del cicloparqueo especificado en la Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista (Murillo, 2019)



PLANO N° 6:

DETALLES DE SEÑALIZACIÓN 6 - ESTACIONAMIENTO PARA BICICLETAS

DOCUMENTO:

GUÍA TÉCNICA DE DISEÑO PARA INFRAESTRUCTURA CICLISTA

EDICIÓN:

III EDICIÓN
NOVIEMBRE, 2019.

DIVISIÓN DE TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

