PLANIFICACIÓN DE LA RED DE CARRILES BICICLETA

REPORTE TÉCNICO

DESARROLLO DE RED DEFINITIVA PARA REESTRUCTURACIÓN

SECRETARÍA DE MOVILIDAD
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DE LA MOVILIDAD

Teléfono: 01(442) 238 77 00 ext.7903 y 7908
atencion.ciudadana@municipiodequeretaro.gob.mx

Contenido

	Página
Introducción	3
Resultados de las mesas de participación ciudadana para la red de carriles bicicleta	4
Ordenamiento y categorización de la participación ciudadana	6
Resultados de registros de opinión ciudadana	8
Áreas de oportunidad	8
Propuestas para ampliación de la red	9
Aspectos Positivos	10
Resumen de resultados por categoría	12
Resumen de resultados por componente	13
Evaluación de los cinco aspectos base de la estructuración de la red de carriles bicicleta	16
Observaciones	18
Proceso de restructuración de la red de carriles bicicleta	19
Indicadores	19
Red existente de carriles bici	19
Red preliminar propuesta por la Secretaría de Movilidad	21
Trazos realizados por las y los asistentes en el mapa	23
Metodología	29
Resultados	33
Resultados Adicionales	42
Asignación de viajes ciclistas	42
Corredores ciclistas	46
Puentes peatonales	51
Referencia Bibliográfica	53

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

ANEXOS I
CRITERIOS DE DISEÑO DE CARRILES BICICLETA, Versión Mayo 2020. I

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Introducción

El movernos y el decidir cómo movernos se ha vuelto un factor elemental en temas de movilidad sostenible, calidad de vida y de salud. Por ello a través del Plan Municipal de Desarrollo 2018 – 2021, se atiende desde la Secretaría de Movilidad la línea de acción 3.3, "Elaborar diagnóstico de la red de ciclovías para un adecuado mantenimiento (pintura, iluminación y reencarpetado) y la planificación de la conectividad de la red mediante estudios origen-destino de usuarios actuales y potenciales para determinar los proyectos ejecutivos que marcarán el rediseño y ampliación de la red del programa de bicicletas públicas compartidas".

El presente documento reporta los resultados de las mesas de participación ciudadana para la red de carriles bicicleta, que se llevaron a cabo a lo largo del periodo del 7 de octubre al 10 de noviembre de 2019, en las siete delegaciones del Municipio de Querétaro, así como en instituciones educativas, instalaciones de la Delegación Centro Histórico, instalaciones de la Secretaría de Movilidad y en espacios públicos como la Vía Recreativa de Avenida Constituyentes (en día domingo).

El reporte está compuesto en tres partes, el primero, los Resultados de las Mesas de Participación Ciudadana de la Red de Carriles de Bicicleta; el segundo el Proceso de Reestructuración de la Red de Carriles de Bicicleta, y el tercero, la documentación de Resultados Adicionales.

En la primera parte, los Resultados de las Mesas de Participación Ciudadana Red de Carriles Bicicleta, contiene el proceso que se siguió al terminar las mesas y comenzar a documentar la información y datos recibidos, en el que se dio un ordenamiento y categorización de la participación ciudadana, lo que permitió generar estadística descriptiva la cual está documentada como resultados, áreas de oportunidad, propuestas para ampliación de la red, aspectos positivos de las propuestas presentadas, y se muestra un resumen de resultados por categoría. Después de la documentación, se muestra un resumen de resultados por componente, y con ello se describe una evaluación de los cinco aspectos base de reestructuración de la red de carriles de bicicleta.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

En la segunda parte se describe el Proceso de Restructuración de la Red Ciclista, en el que se va mostrando cómo se fue integrando cada indicador que sirvió para llegar a la red definitiva, el caso de la red existente de carriles de bici, la red preliminar propuesta por la Secretaría de Movilidad y los trazos realizados por las y los asistentes a las mesas convocadas. Se documenta la metodología empleada y con ello los resultados principales del proceso.

La última parte del documento, documenta los Resultados Adicionales, los cuáles se integran como la asignación de viajes ciclistas a la red definitiva, la conformación de corredores ciclistas y la identificación de puentes peatonales que si se adecúan o se construyen permitirían una conexión a la red de más usuarios a la red.

Resultados de las mesas de participación ciudadana para la red de carriles bicicleta

Con el propósito de mejorar la calidad de vida de las y los habitantes del Municipio de Querétaro, y con la encomienda del Alcalde Luis Bernardo Nava Guerrero de: "escuchar, trabajar y resolver", se realizaron una serie de Mesas de Participación Ciudadana para la reestructuración de la red de carriles bicicleta del Municipio de Querétaro; donde se desarrolló el trabajo conjunto de sociedad y gobierno. Las mesas de participación generaron espacios públicos y de interacción social donde se presentó el trabajo realizado previo a la red preliminar de carriles bicicleta.

El proceso de participación ciudadana es una pieza clave para la reestructuración de la oferta de movilidad activa que el Municipio ha decidido impulsar; que da continuidad a las actividades de la Línea Base de estudios que documentan las condiciones de la infraestructura y oferta existente; así como, el análisis de las condiciones que generan los viajes de los habitantes del Municipio de Querétaro, para culminar con una propuesta objetiva de espacio vial que permita el uso conectado, seguro y ordenado de las y los usuarios actuales y potenciales de una movilidad activa.

Las Mesas de Participación Ciudadana de la Red Preliminar de Carriles Bicicleta se llevaron a cabo a lo largo del periodo del 7 de octubre al 10 de noviembre de

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

2019, en las siete delegaciones del Municipio de Querétaro, así como en instituciones educativas, instalaciones de la Delegación Centro Histórico, instalaciones de la Secretaría de Movilidad y en espacios públicos como la Vía Recreativa de Avenida Constituyentes. El proceso realizado integró un total de 1,039 registros de opinión, a través de 37 mesas de participación ciudadana. En el que asistieron y participaron, 370 personas, compuestas por 42% del sexo femenino y 58% del sexo masculino, como se observa en la Figura 1.

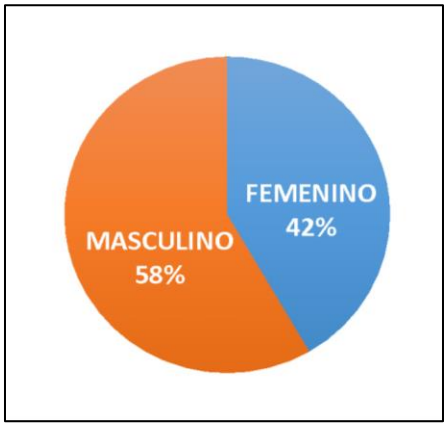

Figura 1. Distribución de asistentes acorde al sexo.
Fuente: Elaboración propia.

Las y los 370 participantes se distribuyen en las delegaciones: Centro Histórico (64%), Epigmenio González (10%), Felipe Carrillo Puerto (7%), Félix Osores Sotomayor (4%), Josefa Vergara y Hernández (8%), Santa Rosa Jáuregui (4%) y Villa Cayetano Rubio (3%).

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

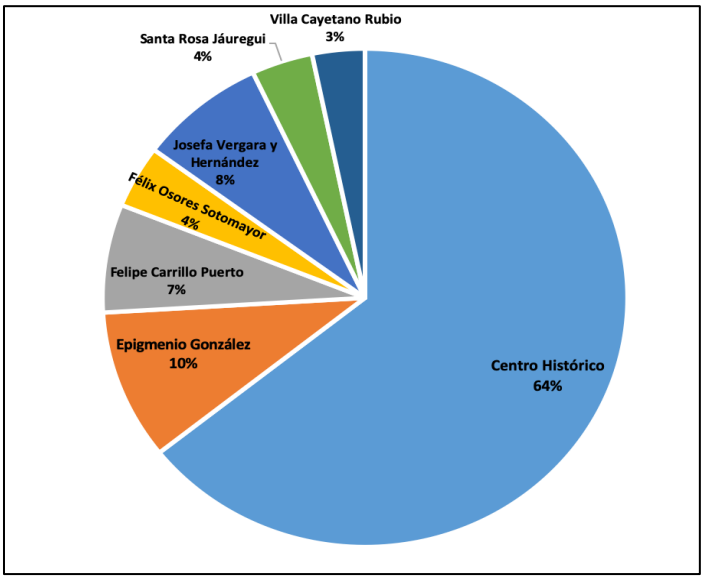

Figura 2. Distribución de asistentes a las mesas de participación ciudadana por Delegación.
Fuente: Elaboración propia.

Ordenamiento y categorización de la participación ciudadana

Los 1,039 registros de opinión ciudadana son un elemento clave en el proceso de toma de decisión para la reestructuración de la red de carriles bicicleta del Municipio de Querétaro, éstos fueron categorizados en tres áreas: 1) Área de oportunidad, 2) Aspectos positivos y 3) Propuestas para ampliación de la red ciclista; con el fin de hacerlos insumos tangibles y objetivos para los análisis de la red. Estas tres áreas a su vez se dividen en componentes, las cuales se presentan de la Tabla 1 a la Tabla 3.

Tabla 1. Componentes de aspectos positivos.

No.	Componente
1	Adecuada conectividad
2	Conservar infraestructura ciclista
3	Diseño adecuado de infraestructura ciclista

Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Tabla 2. Componentes de área de oportunidad.

No.	Componente
1	Circulación a exceso de velocidad
2	Circulación en sentido contrario
3	Cruce peligroso
4	Diseño inadecuado de arroyo vehicular
5	Diseño inadecuado de banquetas
6	Diseño inadecuado de infraestructura ciclista
7	Diseño inadecuado de señalética
8	Falta de banquetas
9	Falta de infraestructura alumbrado público
10	Falta de señalética
11	Falta infraestructura ciclista
12	Falta mantenimiento de arroyo vehicular
13	Falta mantenimiento de banquetas
14	Falta mantenimiento de infraestructura ciclista
15	Falta mantenimiento de señalética
16	Invasión de acceso vehicular
17	Invasión de la banqueta
18	Invasión de la infraestructura ciclista
19	Otro
20	Percepción de inseguridad vial
21	Percepción de seguridad pública deficiente
22	Semaforización inadecuada

Fuente: Elaboración propia, 2020.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Tabla 3. Componentes de propuestas de ampliación de la red ciclista.

No.	Componente
1	Propuesta de accesibilidad a la infraestructura
2	Propuesta de colocación de bici-estacionamientos
3	Propuesta de colocación de bicis públicas
4	Propuesta de conectividad de infraestructura ciclista
5	Propuesta de conectividad intermodal
6	Propuesta de confinamiento a infraestructura ciclista
7	Propuesta de estacionamientos en batería
8	Propuesta de infraestructura ciclista por banqueta
9	Propuesta de infraestructura ciclista por camellón
10	Propuesta de sentidos en infraestructura ciclista

Fuente: Elaboración propia.

Derivado de lo anterior, se identifica una mayoría de componentes reconocidos como áreas de oportunidad, seguido de propuestas para ampliación de la red ciclista y, por último, aspectos positivos sobre la infraestructura ciclista existente en el Municipio de Querétaro, además de aspectos positivos en relación a la red propuesta mediante las mesas de participación ciudadana.

Resultados de registros de opinión ciudadana

Áreas de oportunidad

Los resultados respecto a registros de áreas de oportunidad (Figura 3), se concentran en gran porcentaje en la Delegación Centro Histórico teniendo un total de 50 %, seguida por Epigmenio González con 12 % y posteriormente Josefa Vergara y Hernández con 10 %. Asimismo, la delegación con menor porcentaje de áreas de oportunidad es Villa Cayetano Rubio con 5 % de un total de 681 registros identificados para el Municipio de Querétaro.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

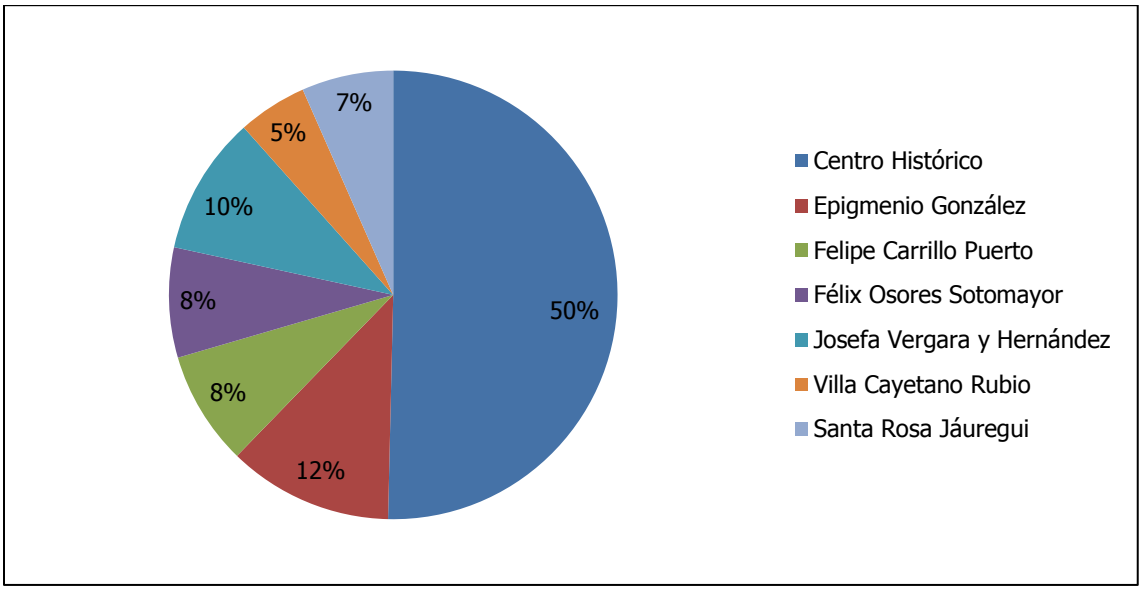

Figura 3. Porcentaje de áreas de oportunidad identificadas por Delegación Municipal.
Fuente: Elaboración propia.

Propuestas para ampliación de la red

En esta categoría se tienen 296 registros, donde se identificaron tres delegaciones con un porcentaje similar en relación a la cantidad de propuestas para ampliación de la red bicicleta, las cuales son Félix Osores Sotomayor (10 %), Villa Cayetano Rubio (9 %) y Santa Rosa Jáuregui (9 %), sin embargo, la mayor concentración de propuestas se concentra principalmente en la Delegación Centro Histórico (25 %), seguida de Epigmenio González (16 %).

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

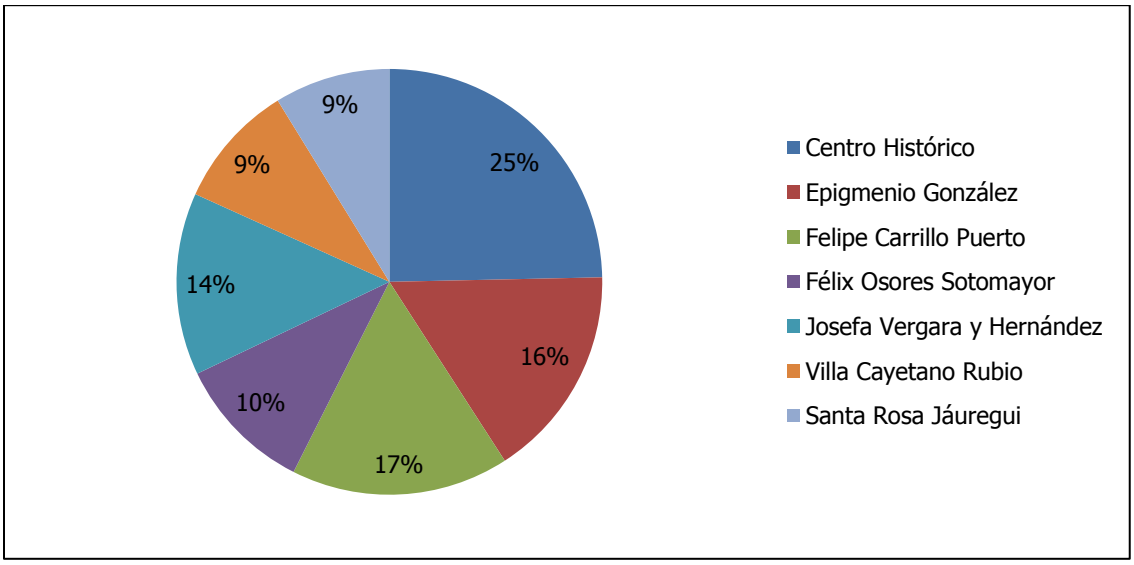

Figura 4. Porcentaje de propuestas para ampliación de la red ciclista identificadas por Delegación Municipal. Fuente: Elaboración propia.

Aspectos positivos

En este rubro se tiene un total de 62 registros, de los cuales la Delegación Centro Histórico presenta la mayor cantidad de registros identificados por las y los participantes de dicha actividad, con un registro del 53 % de aspectos positivos relacionados con el diseño preliminar de los carriles bicicleta y de la red ciclista existente. Otras demarcaciones territoriales con un alto porcentaje de apreciación en relación a dichos aspectos corresponden a Félix Osores Sotomayor (15 %) y Josefa Vergara y Hernández (10 %).

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

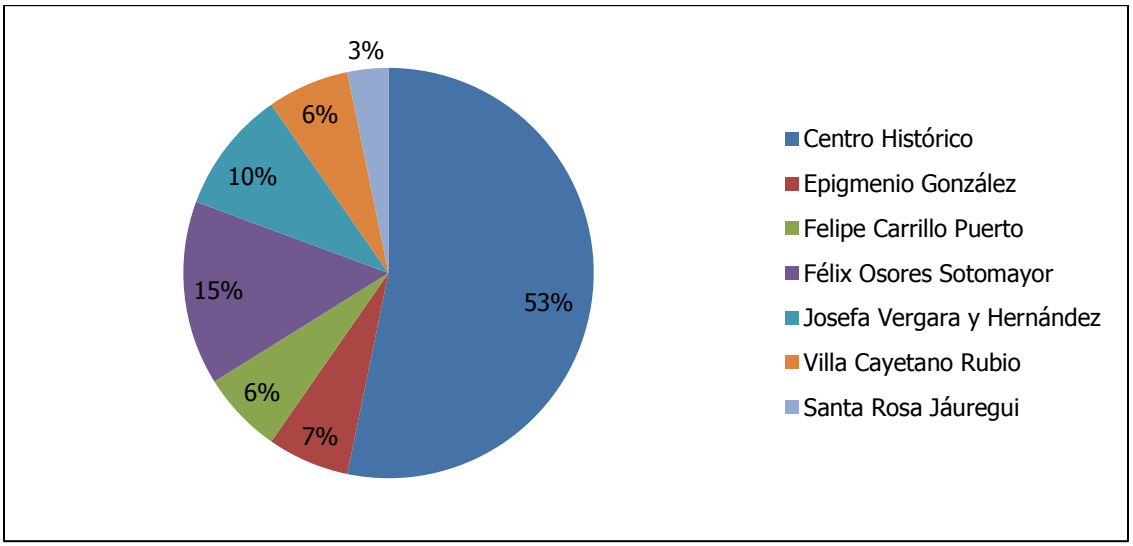

Figura 5. Porcentaje de aspectos positivos identificados por Delegación Municipal.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6 se observa el porcentaje de la red preliminar presentada por la Secretaría de Movilidad, lo que representa un 74 % de tramos de esta red que se consolidan.

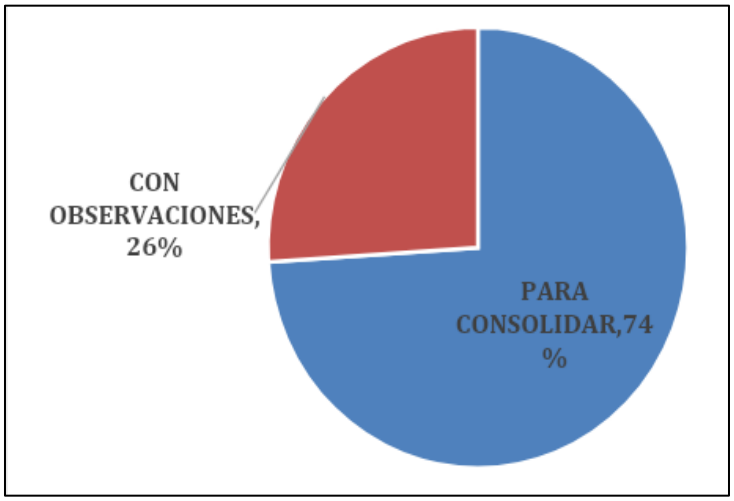

Figura 6. Tramos de la red preliminar de carriles bicicleta consolidada.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Mientras que en la Figura 7, se observa que el 71 % de la red existente de carriles bicicleta es aceptada por las y los participantes, y debe ser consolidada.

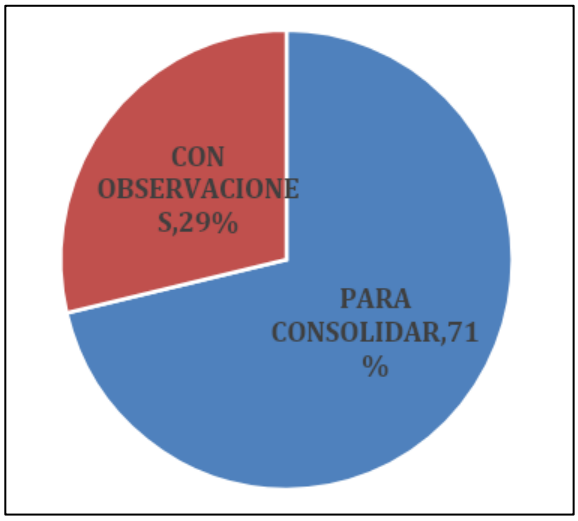

Figura 7. Tamos de la red de carriles bici existente que se consolida.
Fuente: Elaboración propia.

El conjunto de los tramos consolidados de la red preliminar y red existente genera una red ciclista conectada, que permite realizar viajes de forma continua desde cualquier punto urbano del Municipio. Por lo que es un indicador clave para la reestructuración de la red.

Resumen de resultados por categoría

Se presenta un gráfico comparativo de los resultados identificados por categoría para cada Delegación Municipal.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

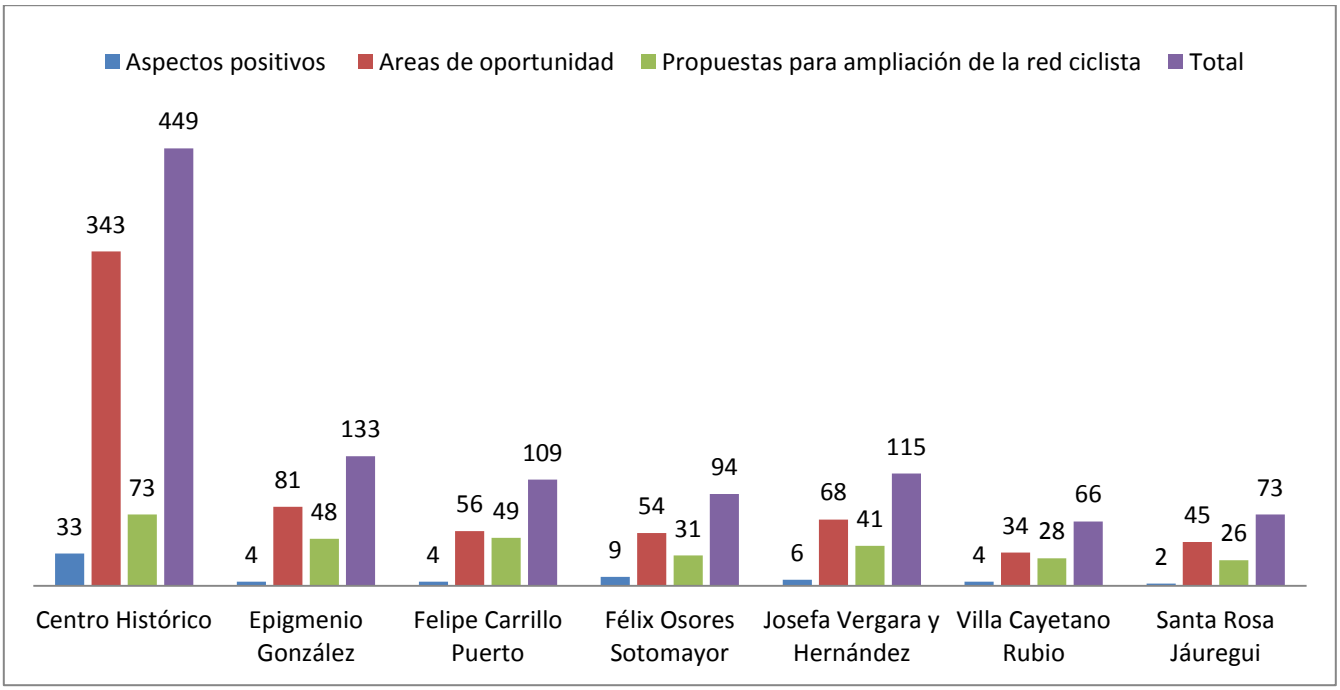

Figura 8. Tipo de Categoría por Delegación Municipal en las Mesas de Participación.
Fuente: Elaboración propia.

Resumen de resultados por componente

Se presentan los resultados en relación a los componentes identificados por cada categoría (Figura 9). Cabe mencionar que la Categoría que más participación tuvo, corresponde a las Propuestas para ampliación de la red ciclista, específicamente para el componente denominado Propuesta de conectividad de infraestructura ciclista, el cual registra un total de 232 puntos de atención en el Municipio de Querétaro, lo que corresponde al 69.5 % de la categoría de propuestas para ampliación.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

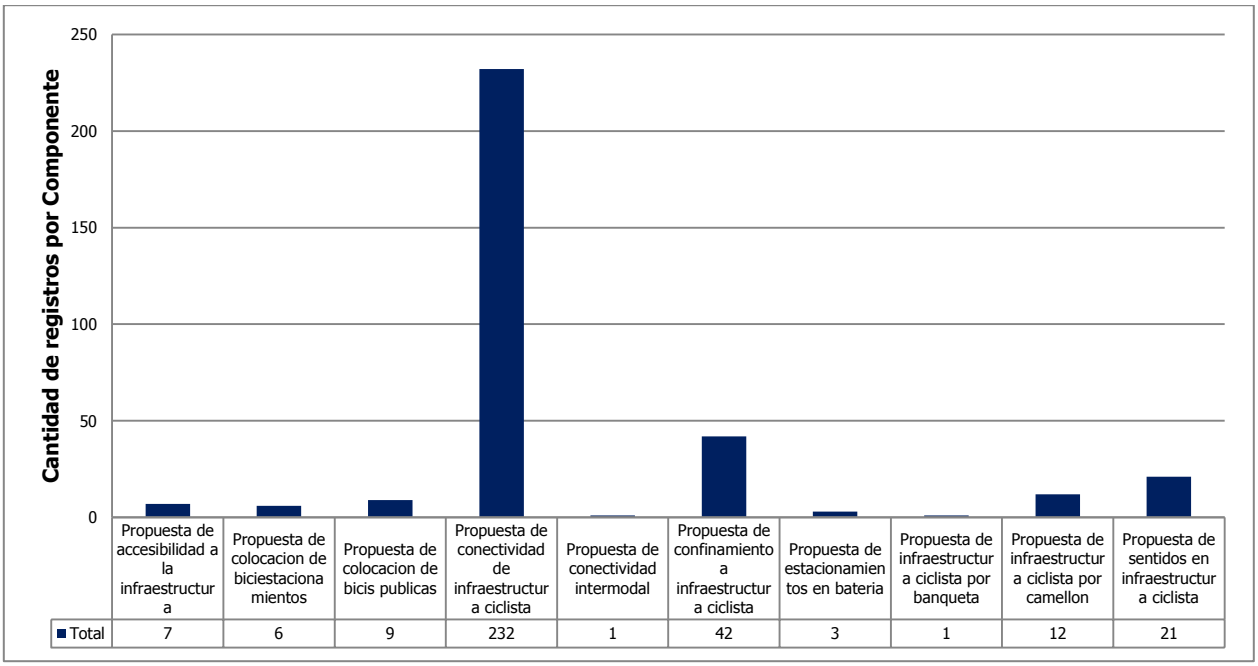

Figura 9. Resultados de registros por componente de la categoría de Propuestas de Ampliación de la Red.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la Categoría de Aspectos Positivos por Componente identifica claramente tres aspectos de la red ciclista preliminar, ellos son: Adecuada conectividad, Conservar infraestructura ciclista y Diseño adecuado de infraestructura ciclista. Cabe mencionar que el aspecto con la ponderación más alta es representado por la adecuada conectividad de la red ciclista propuesta, como se observa en la Figura 10.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

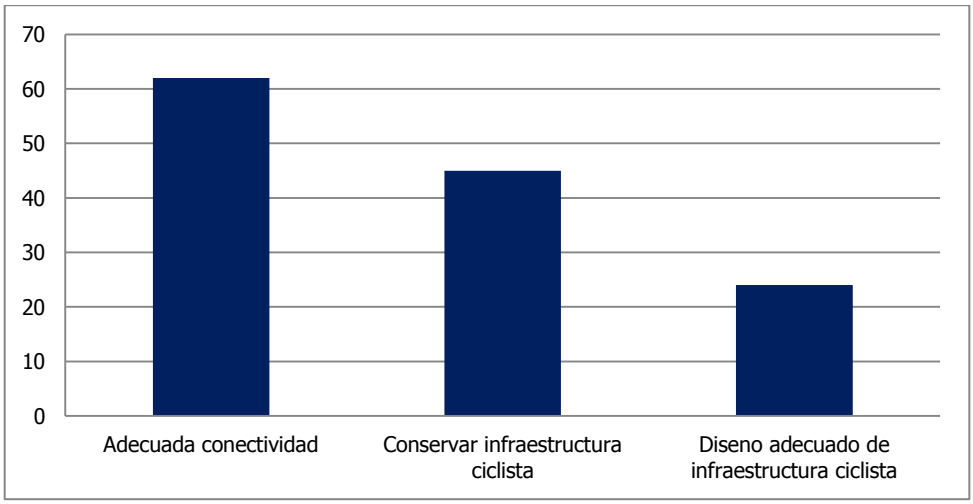

Figura 10. Resultados de registros por componente de la categoría de Aspectos Positivos. Fuente: Elaboración propia.

En ese sentido, la categoría "Áreas de Oportunidad" presentó la mayor cantidad de componentes, integrando a 22 de éstos; de los cuales el Diseño inadecuado de la infraestructura ciclista fue el más indicado, seguido por Cruces peligrosos y Diseño inadecuado y en tercer lugar la Invasión de la infraestructura ciclista. A continuación, en la Figura 11 se muestran los resultados correspondientes.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

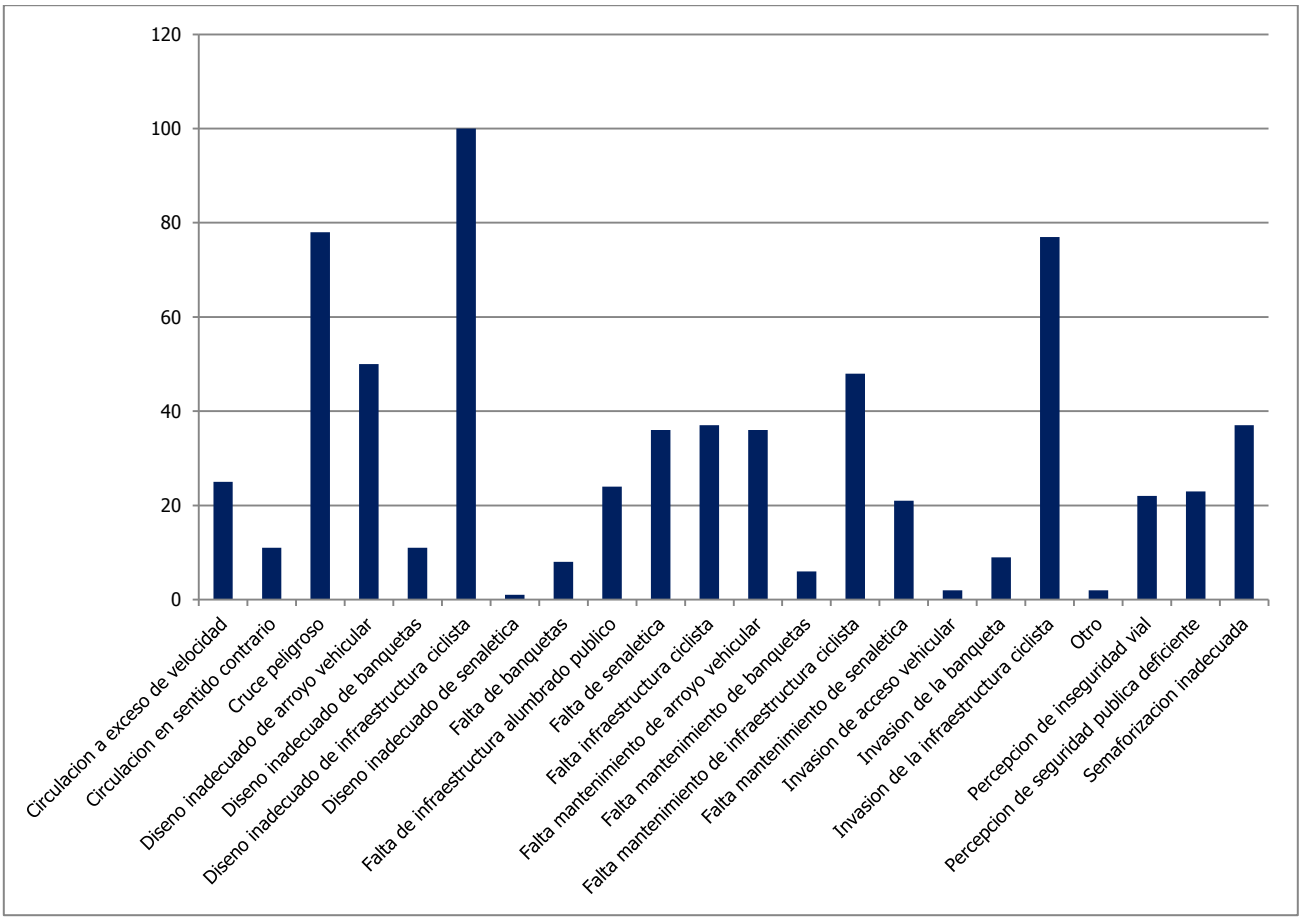

Figura 11. Resultados de registros por componente de la categoría de Áreas de Oportunidad.
Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de los cinco aspectos base de la estructuración de la red de carriles bicicleta

Con el objetivo de generar una red de carriles bicicleta conectada, ordenada y segura, se evaluó la forma en cómo las y los ciudadanos tomamos decisiones al realizar viajes en la ciudad; para eso, se tomaron en consideración cinco aspectos de evaluación a nivel macro, que permitieron adecuar una red.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Los cincos aspectos que fueron evaluados por parte de la ciudadanía que asistió a las mesas son: la distancia de la ruta, el tipo de vialidad, la seguridad vial, la pendiente o inclinación a lo largo de la ruta y la velocidad del entorno de la ruta. Esta evaluación se generó a través del Proceso de Jerarquía Analítica (PJA). La metodología de jerarquización analítica fue desarrollada durante los años setentas en la Universidad de Pennsylvania por Saaty (1982), al buscar elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuviera las características de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación (Sánchez, 2003). Saaty (1982) considera que, para la solución de un problema, el decisor transita por tres etapas: inicia con la formulación del problema, luego realiza una evaluación y finalmente selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo. Este método puede ser realizado en grupo o de manera individual, aplicándose preferentemente a problemas complejos.

Los resultados de la evaluación por parte de las y los participantes, es una decisión de selección de ruta de forma cotidiana, en la que el aspecto de Seguridad Vial (32 %) tiene el mayor peso en la toma de decisión, y a este aspecto le siguen: la pendiente o inclinación a lo largo de la ruta (25 %), y el tipo de vialidad (25 %) por el cual se selecciona la ruta.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

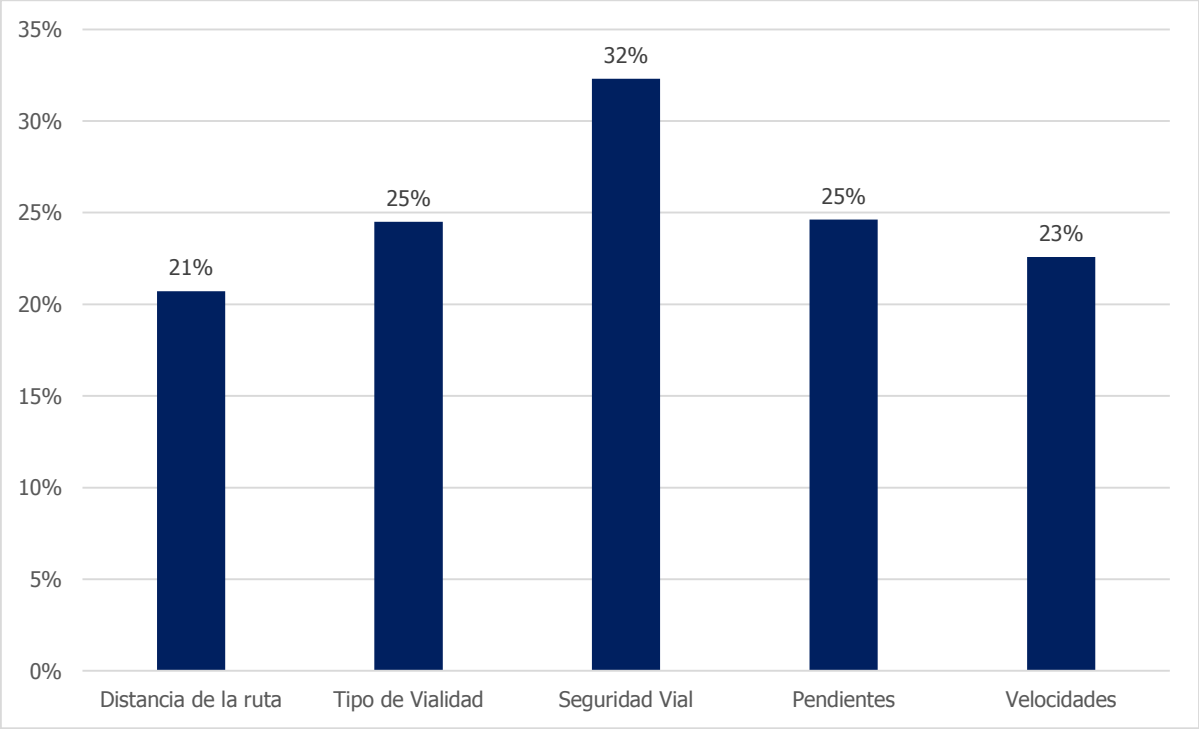

Figura 12. Resultado de la ponderación ciudadana a la comparación de aspectos que forman parte base de la selección de ruta, en lo cotidiano del ciudadano.
Fuente: Elaboración propia.

Observaciones

Durante los días de participación y en cada una de las mesas en la que se realizaron los procesos participativos con la ciudadanía, se identificaron aportaciones que describen la necesidad de movilidad en modos activos y en modos motorizados; esto ha permitido al equipo de la Secretaría de Movilidad del Municipio de Querétaro consolidar observaciones locales y puntuales (acorde a la zona de origen y destino de los viajes de los asistentes a las mesas), lo que ha originado el desarrollo de criterios de diseño de la red propuesta.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Proceso de restructuración de la red de carriles bicicleta

Considerando los estudios técnicos de la Línea Base y las opiniones de las y los ciudadanos obtenidas durante las Mesas de Participación, se desarrolló la propuesta definitiva para la restructuración de la red de carriles bicicleta dentro del Municipio de Querétaro. Para este proceso se consideró el procedimiento reportado en Larsen *et al.* (2013), quienes desarrollaron una metodología sistemática con base a la aplicación de herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica). Estas herramientas permiten realizar un análisis espacial donde se consideran datos de varias fuentes que tengan influencia con el comportamiento ciclista. La combinación de estas fuentes de información genera indicadores los cuales priorizan la localización de infraestructura ciclista.

Esta metodología permitió desarrollar un modelo considerando tres indicadores, que ayudaron a consolidar una red de carriles bicicleta que cumpla, con los resultados de análisis técnicos y la opinión de las y los ciudadanos del Municipio de Querétaro.

Indicadores

A continuación, se presenta una breve descripción de los tres indicadores considerados en la restructuración de la red.

Red existente de carriles bici

Se consideró la red existente (Figura 13) de carriles bici del Municipio, de la cual la Secretaría de Movilidad tiene registrado un total de 304.57 kilómetros direccionales, debido a que es la infraestructura actual por la que se desplazan los usuarios ciclistas, día tras día. Así mismo, durante las mesas de participación, dicha red fue sujeta a varias observaciones que ayudaron a comprender las preferencias de las y los usuarios, y para consolidar algunos tramos.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

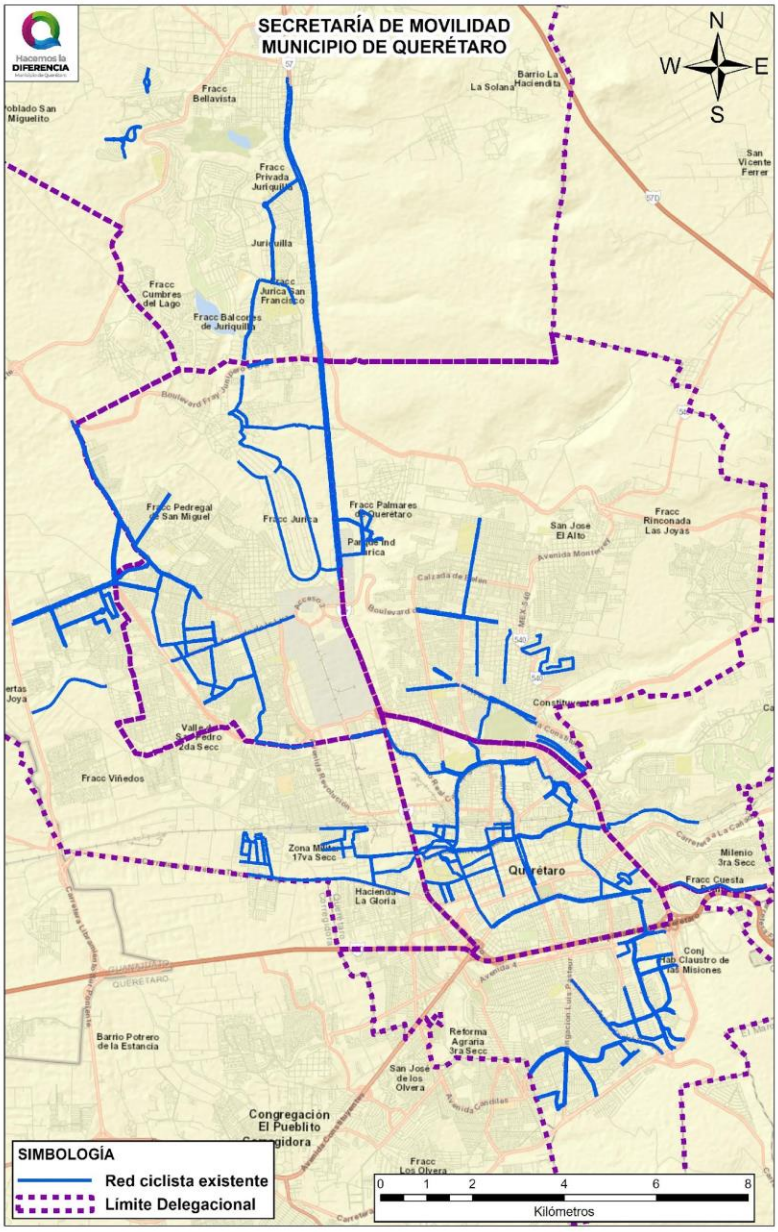

Figura 13. Red existente de carriles bici del Municipio de Querétaro.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Red preliminar propuesta por la Secretaría de Movilidad

La red consta de 215.31 kilómetros y fue propuesta por parte de la Secretaría de Movilidad del municipio de Querétaro (Figura 14); la cual se generó considerando una Línea Base de estudios técnicos elaborados en 2019, los cuales son:

I. Levantamiento de condiciones de infraestructura de la red ciclista existente.
II. Auditorías de seguridad vial, a seis principales corredores de carriles bicicleta existentes.
III. Aforos en 71 puntos sobre la red ciclista existente.
IV. Registro del sistema QroBici, comprendido desde el 22 de agosto de 2018 hasta el 21 de octubre de 2018.
V. Estudio de movilidad, con base a datos de encuesta origen-destino.
VI. Expansión del sistema de bici pública "QroBici".

Estos seis estudios tienen el objetivo de mejorar la conectividad de la red existente, al considerar la seguridad como aspecto principal y que satisfaga la mayor cantidad de viajes en bicicleta que se realizan dentro del Municipio.

Al igual que la red existente, esta red fue sujeta a diversas observaciones de la ciudadanía durante las mesas de participación, evidenciando aspectos positivos y áreas de oportunidad que esta red presenta para las y los usuarios.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

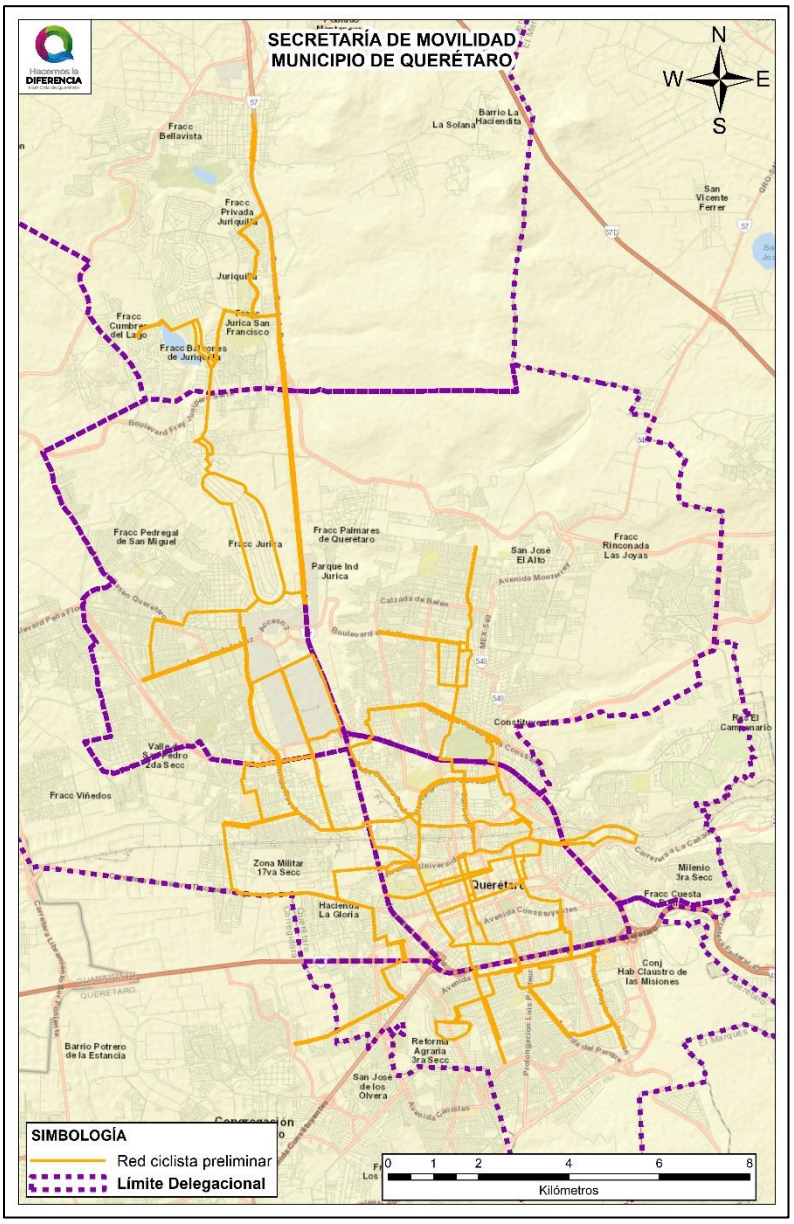

Figura 14. Red preliminar de carriles bici para el Municipio de Querétaro.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Trazos realizados por las y los asistentes en el mapa

Estos trazos fueron realizados en el transcurso de cada una de las mesas de participación realizadas en las siete delegaciones del Municipio de Querétaro por parte de la ciudadanía. Posteriormente fueron digitalizados y georreferenciados, dentro de un software SIG. Dichos trazos se dividieron en las categorías:

- Aspectos positivos;
- Áreas de oportunidad y
- Propuesta de ampliación de la red.

Cada uno de estos aspectos se considera de importancia al momento de consolidar la red definitiva, pues representan las rutas que los ciclistas usan para llegar a su destino, aunque algunas de ellas presenten problemáticas. En la Figura 15 se observan los tramos de la red preliminar y existente, seleccionados por la ciudadanía, que han de ser consolidados pues desde su perspectiva permiten una mejor conectividad.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

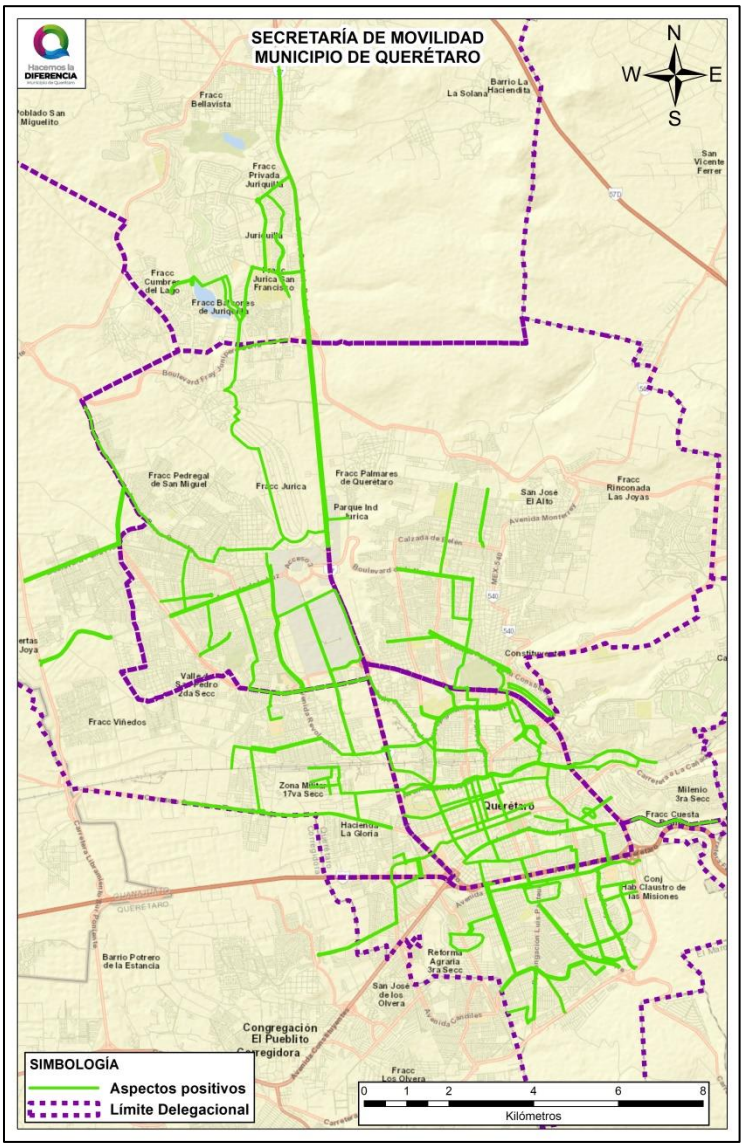

Figura 15. Aspectos positivos de tramos de red ciclista.
Fuente: Elaboración propia.

Los tramos de la red que presentan áreas de oportunidad (Figura 16), fueron considerados en el análisis pues permiten validar las partes de la red que son utilizadas, a pesar de presentar áreas de mejoras.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

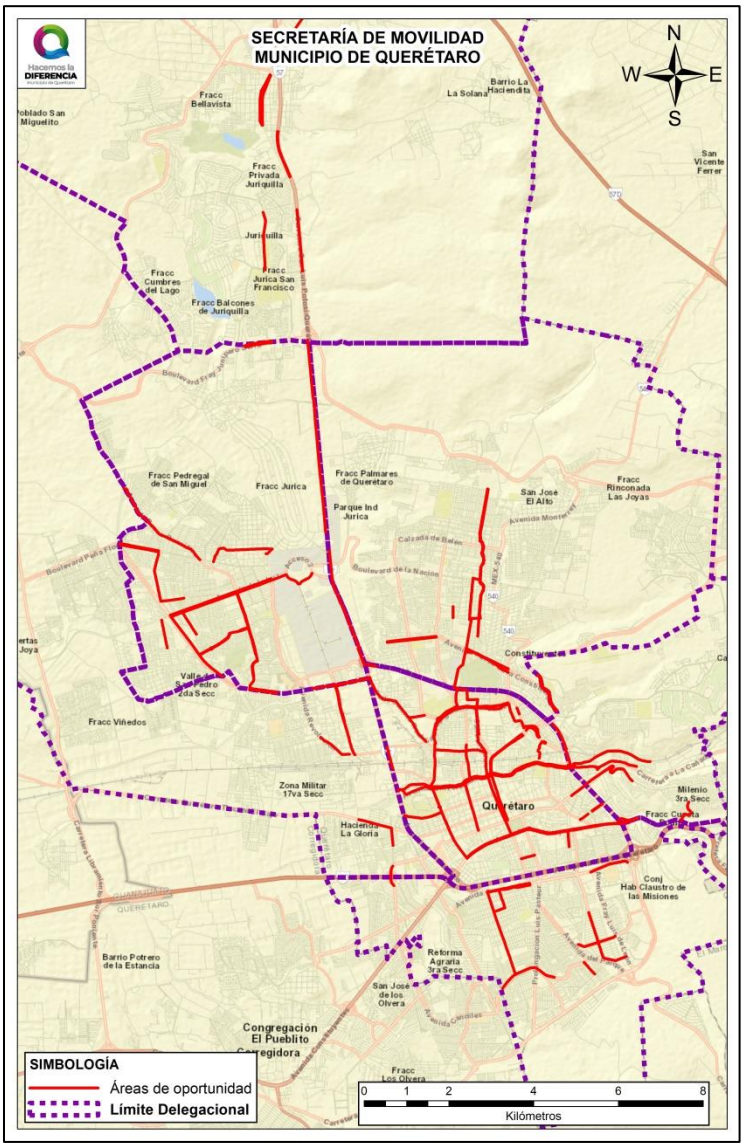

Figura 16. Tramos con áreas de oportunidad.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se muestra en la Figura 17, con los tramos propuestos por la ciudadanía como alternativa de rutas ciclistas o como posible ampliación de la red que no fue considerada inicialmente en la red preliminar.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

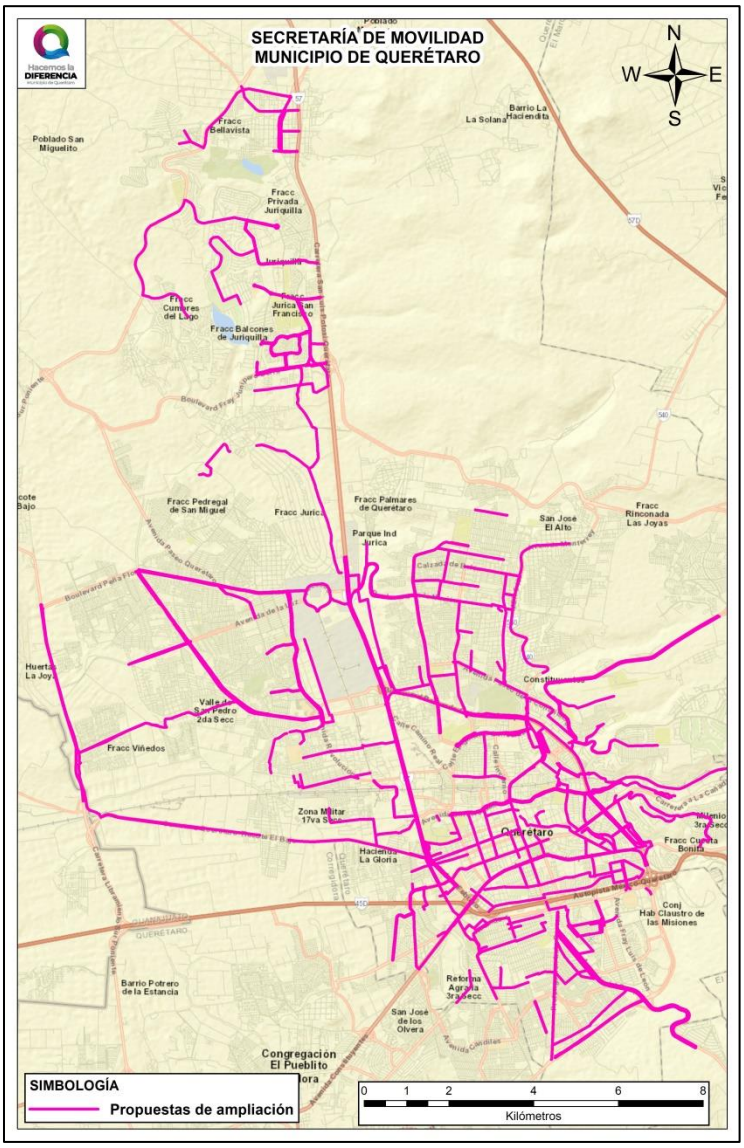

Figura 17. Tramos propuestos para ampliación.
Fuente: Elaboración propia.

Los tramos propuestos para ampliación, fueron analizados posteriormente considerando dos puntos: los resultados del Proceso de Jerarquía Analítica y el impacto vial existente. Por un lado, el PJA permitió conocer, de acuerdo a los tramos propuestos por las y los participantes, cual fue el tipo de ruta que prefiere

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

la mayoría. Por otro lado, se analizó el impacto vial, para evitar aquellos corredores que presentan un gran flujo vehicular y donde la velocidad es alta, pues pueden ser un riesgo hacia las y los usuarios, además de buscar que la red de carriles bicicleta sea integral con los otros modos de transporte.

Como resultado final del análisis se creó una jerarquización de los tramos de ampliación propuestos por la ciudadanía, la cual se muestra en la Figura 18.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

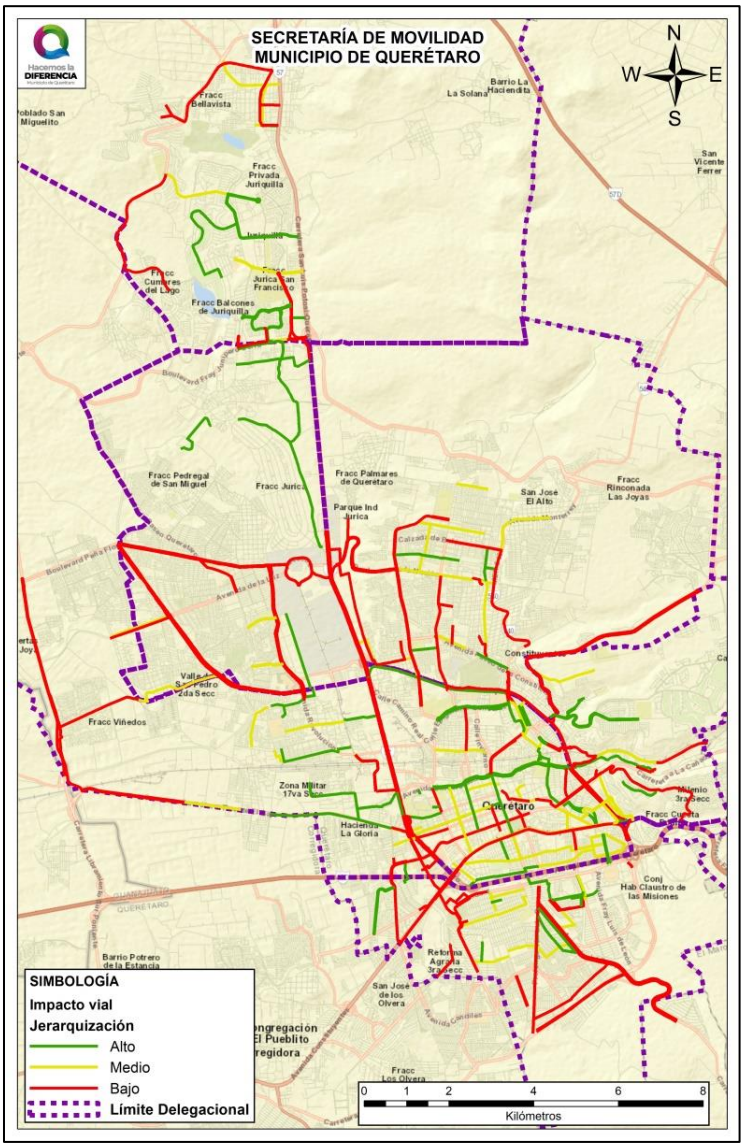

Figura 18. Jerarquización de tramos propuestos por las y los participantes.
Fuente: Elaboración propia.

La jerarquización permitió observar qué opciones de las propuestas ciudadanas siguen las necesidades establecidas por la mayoría de los participantes de las mesas y por la técnica. Cabe mencionar, que a pesar de que algunos tramos propuestos no resultaron viables, aún así, forman parte de la red para

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

restructuración. Lo anterior se debe a que son las únicas rutas que permiten generar conectividad a una zona específica del Municipio de Querétaro.

Metodología

Utilizando los indicadores descritos en las secciones previas, se prosigue a analizar espacialmente la combinación de éstos, para con ello determinar la localización más adecuada de infraestructura ciclista. Se utilizó un software de SIG, el cual posee las herramientas necesarias para aplicar la metodología propia y desarrollada para el caso de Querétaro, respecto a la de Larsen *et al.* (2013).

El modelo se definió empleando la herramienta denominada *Model Builder*, la cual permite desarrollar un flujo de trabajo, que ejecuta a su vez una combinación de otras herramientas, generando finalmente un método robusto que analiza la información de entrada. El esquema de dicho modelo se puede observar en la Figura 19; así mismo, se distingue cómo el modelo utiliza tres herramientas para el análisis: la Distancia Euclidiana, la Reclasificación del Ráster y la Superposición Ponderada.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

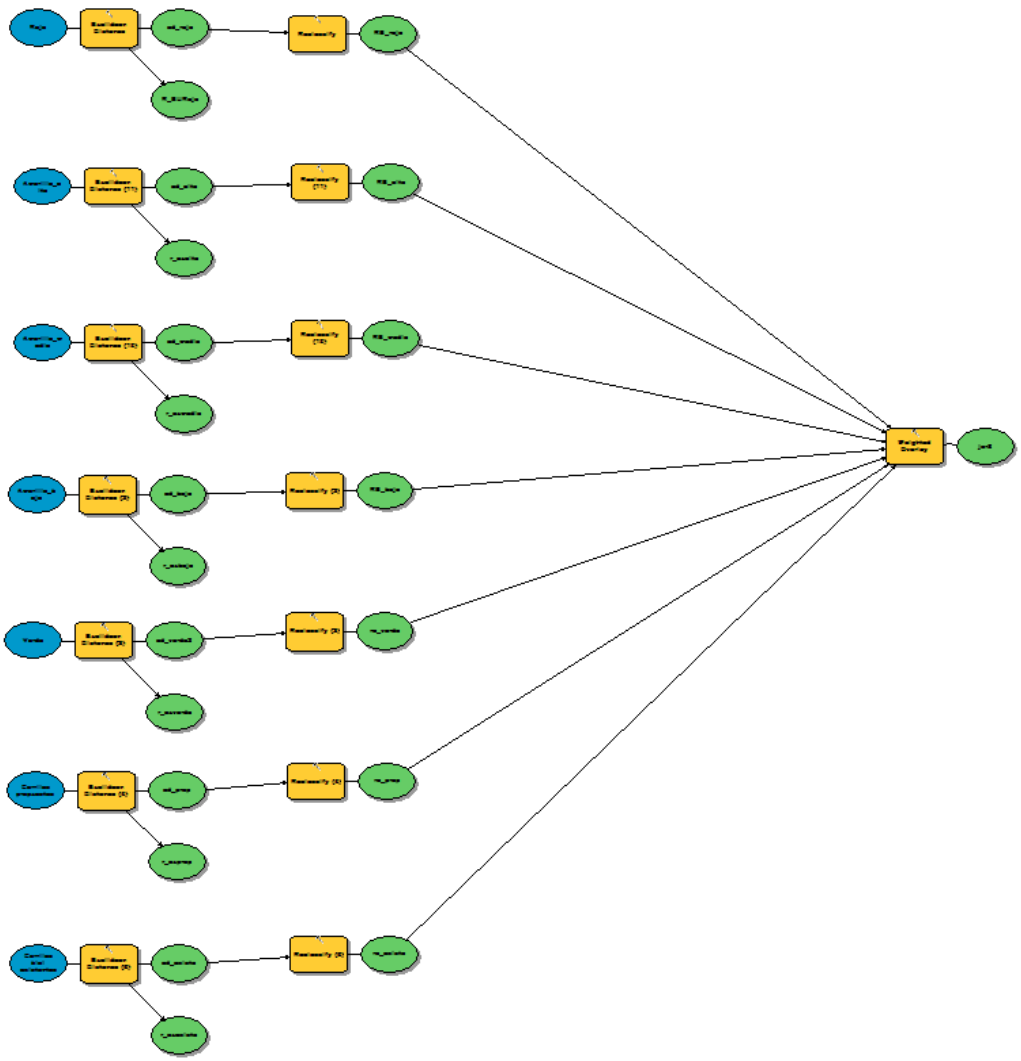

Figura 19. Flujo de trabajo para análisis espacial.
Fuente: Elaboración propia.

Este modelo crea como resultado final un ráster donde se pondera qué zonas son prioritarias para la implementación de infraestructura ciclista, respecto a la influencia de los indicadores usados. Para este caso específico dicha influencia se propuso tomando en cuenta la perspectiva del usuario ciclista, la cual se presenta en la Tabla 4.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Tabla 4. Porcentajes de influencia para ponderación

Indicador	% de influencia	Campo
Áreas de oportunidad	10	VALUE
Propuesta de ampliación	25	VALUE
Aspectos positivos	30	VALUE
Red existente	10	VALUE
Red preliminar	25	VALUE

Fuente: Elaboración propia.

Al ejecutar el modelo con estas consideraciones se generó el ráster presentado en la Figura 20. Dicho ráster muestra mediante celdas y colores la ubicación con prioridad para la existencia de carriles bicicleta, teniendo en cuenta todos los parámetros previos (opinión ciudadana, estudios técnicos, ubicación de estaciones de expansión de QroBici, entre otros).

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

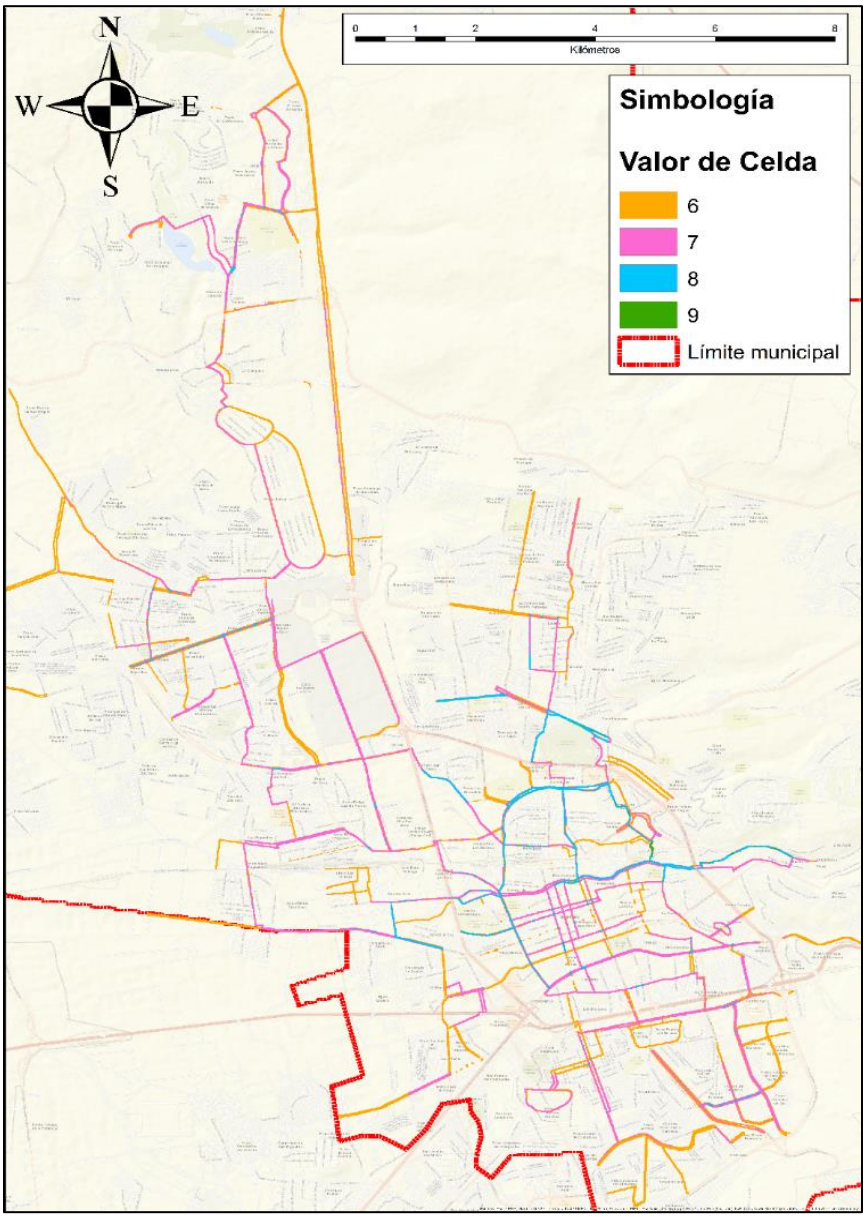

Figura 20. Resultado del análisis espacial (ponderación).
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el mapa anterior cada una de las celdas cuenta con un color distinto, de tal forma que las celdas de color verde representan un nivel mayor de

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

consolidación de los carriles, mientras que las celdas naranjas representan una baja consolidación. Este análisis permite tomar decisiones más certeras de donde ha de existir infraestructura ciclista (carril bicicleta) en el Municipio, considerando los cinco indicadores, que incluyen el análisis técnico y la opinión de las y los participantes de las mesas.

Resultados

El proceso descrito en la sección anterior, permitió generar una red ciclista integral y conectada, que cumple con lo necesario para brindar un traslado eficiente y seguro, tomando en consideración el trabajo conjunto de ciudadanía y gobierno. A esta red se le denominó "Red definitiva para reestructuración" de carriles bicicleta del Municipio de Querétaro, y se presenta en la Figura 21.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

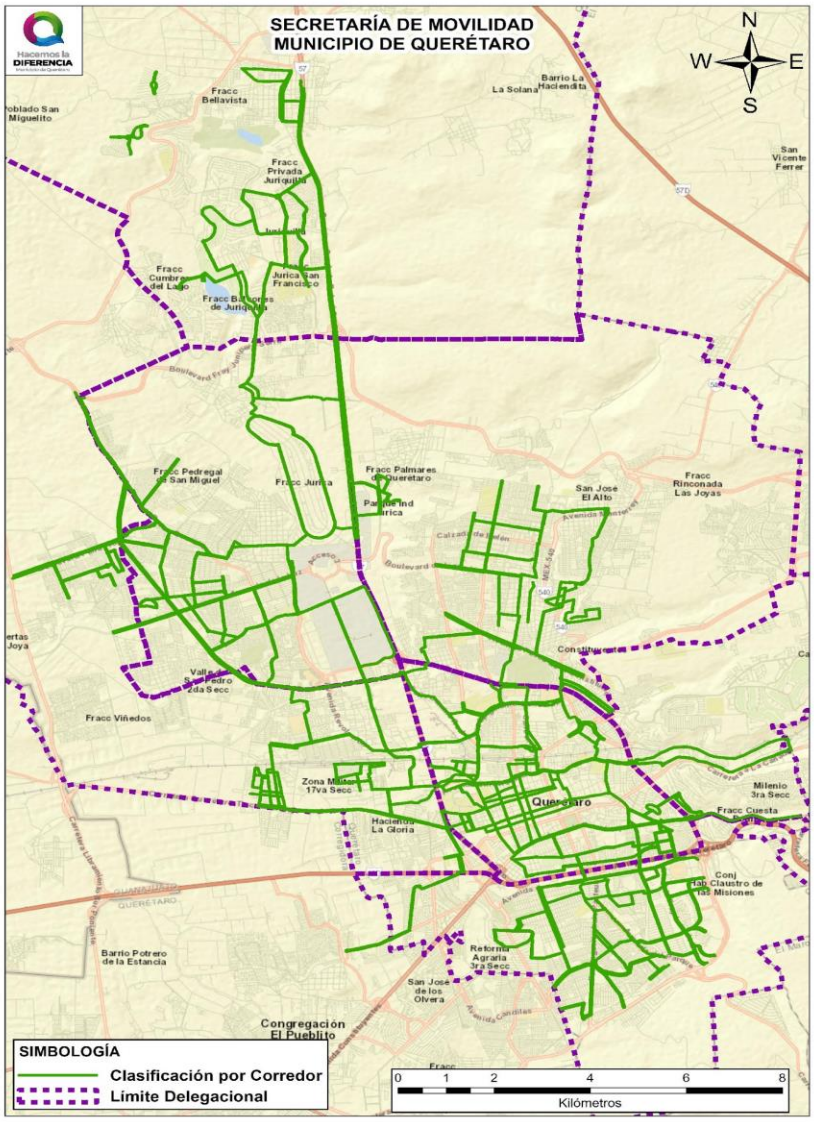

Figura 21. Red definitiva para restructuración de carriles bicicleta.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

La "Red definitiva para reestructuración" posee una longitud total de 478.39 kilómetros aproximadamente; esta distancia se calculó mediante campos vectoriales de vialidades, además que se consideró el carril bicicleta por sentido. Por ejemplo, Av. Universidad posee dos cuerpos de carril bicicleta, por lo cual se

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

consideran ambas distancias, es decir, la longitud del carril norte y del sur se suman.

Esta red definitiva para reestructuración se divide en tres categorías: rehabilitación, nueva infraestructura y reubicación de infraestructura. Estas categorías se pueden observar en la Figura 22. La rehabilitación de los carriles existentes busca mejorar el estado de la red existente, la red rehabilitada consta de 237.22 kilómetros direccionales. Mientras que los carriles nuevos tienen como objetivo mejorar la conectividad de la red, permitiendo un traslado a la mayor parte de la ciudad de forma segura y eficiente en bicicleta, siendo un total de 241.17 kilómetros de este tipo. Finalmente, los carriles reubicados, con un total de 67.35 kilómetros direccionales, éstos indican los tramos que se trasladarán desde una vialidad hacia otra, la nueva ubicación está representada por la nueva red que se recomienda ser construida.

Es importante mencionar, que las longitudes previamente mencionadas pueden variar una vez se realicen levantamientos topográficos y visitas en sitio.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

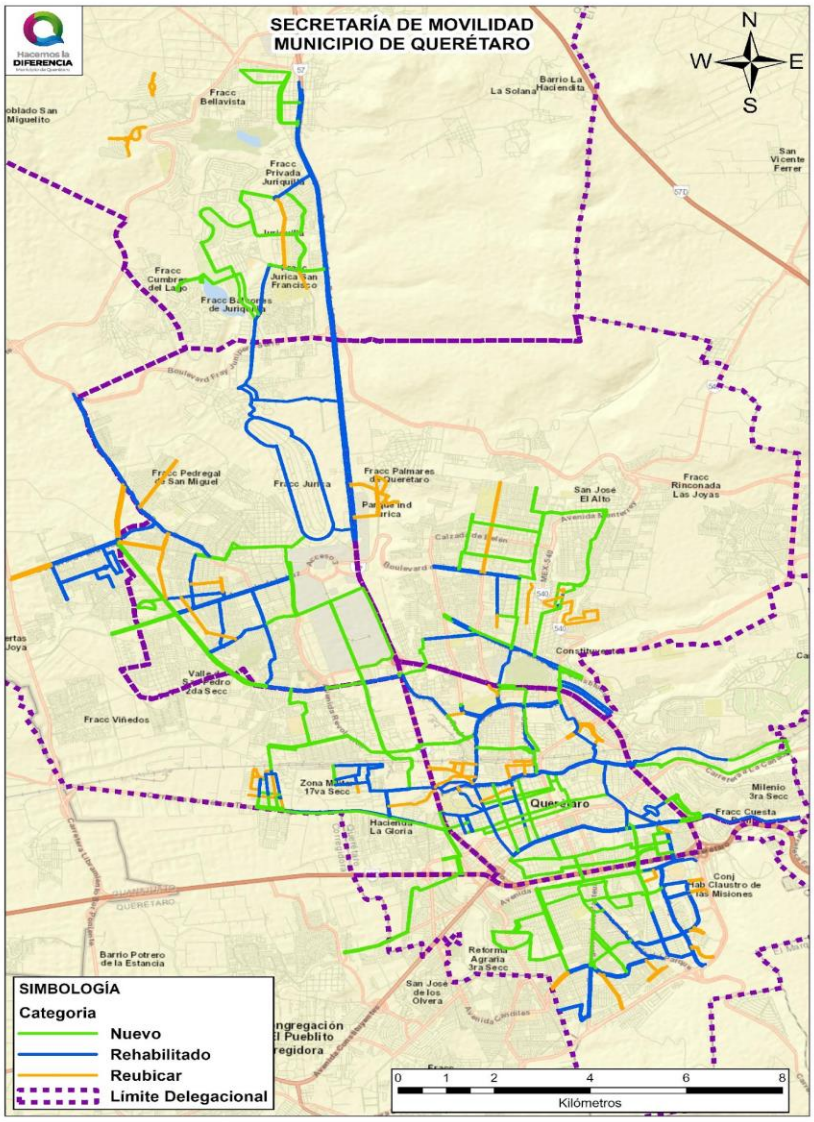

Figura 22. Categorías de Red definitiva para reestructuración.
Fuente: Elaboración propia.

La reestructuración de esta red permitirá mejorar la movilidad del Municipio, al brindar otro modo de transporte que permita a las y los usuarios de bicicleta desplazarse y acceder a sus necesidades, presentando las fortalezas mostradas en la Tabla 5.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Tabla 5. Fortalezas de la red definitiva para la reestructuración.

NO.	Fortalezas
1	Seguridad vial
2	Conectividad dentro del Municipio
3	Aumentar el número de usuarios
4	Disminuir el uso de transportes motorizados
5	Atender la mayor cantidad de viajes

Fuente: Elaboración propia.

Como paso final para la restructuración se propone una configuración de tipo de carril bicicleta a cada uno de los tramos que conforman la red definitiva para reestructuración, en la Figura 23 se presenta el mapa en donde se puede observar el tipo de carril bicicleta propuesto. Cabe mencionar que esta configuración puede variar una vez se realicen levantamientos de campo y topográficos.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

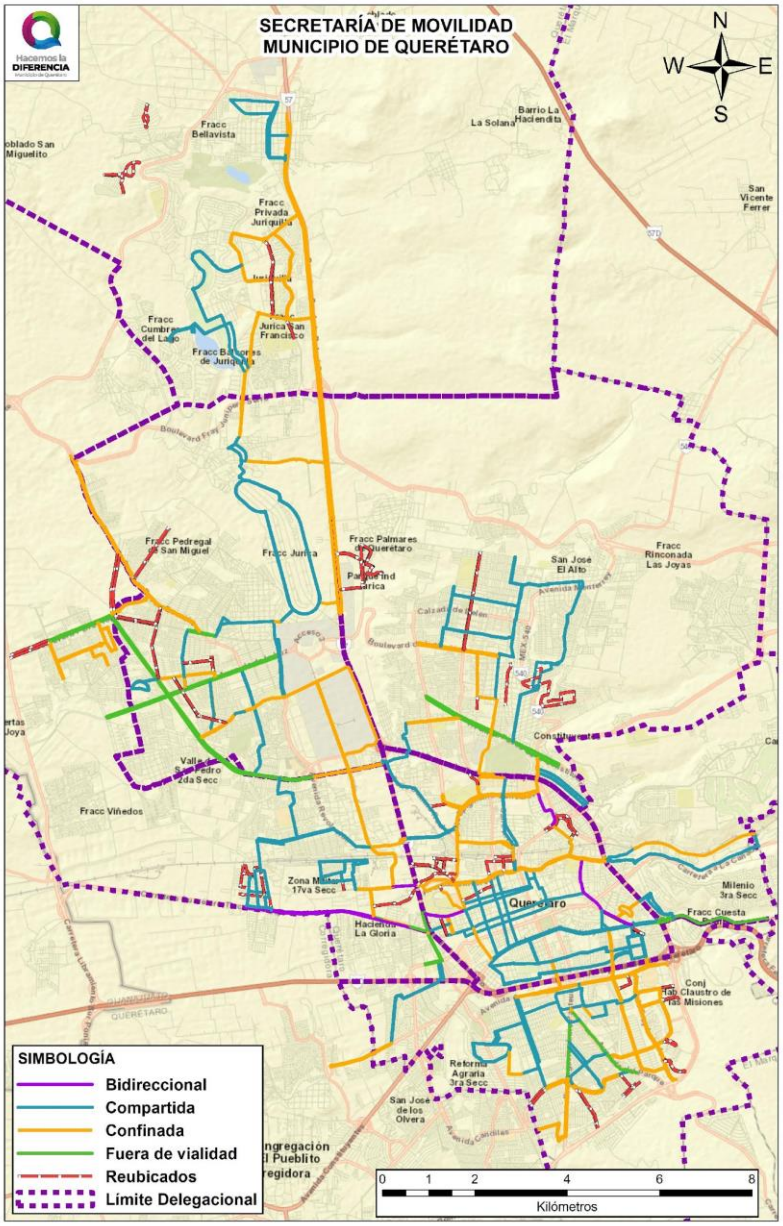

Figura 23.Configuración/tipo de carril bicicleta.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

La red ciclista presenta diversa tipología en su longitud, es decir, el tipo de sección del carril bici varía en referencia a lo siguiente:

a) Carril confinado. Estos carriles tienen como propósito separar el flujo de ciclistas de la circulación de vehículos motorizados, ubicados en el arroyo vehicular. Este carril debe ser unidireccional, con el mismo sentido de circulación que está establecido en la vialidad elegida.

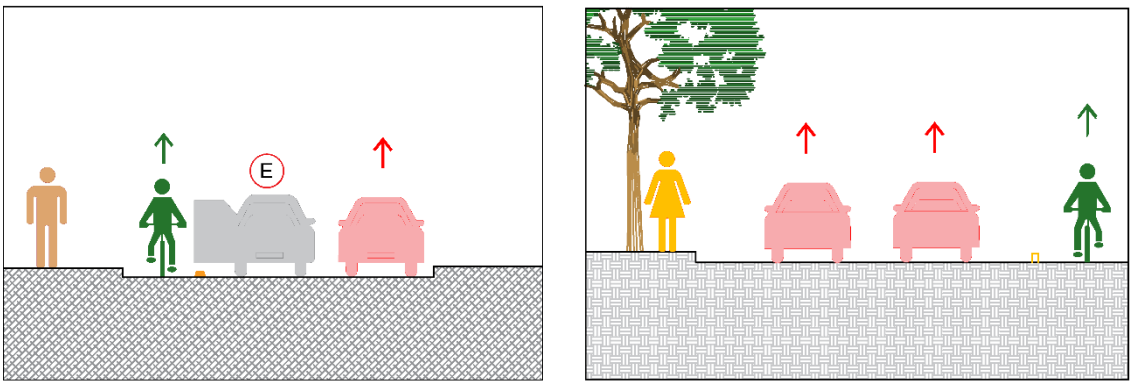

Figura 24. Ejemplo de carriles ciclistas confinados.
Fuente: Elaboración propia.

b) Carril fuera de vialidad. Son aquellos que se encuentran ubicados fuera del arroyo vehicular, y pueden estar en banqueta o en camellón.

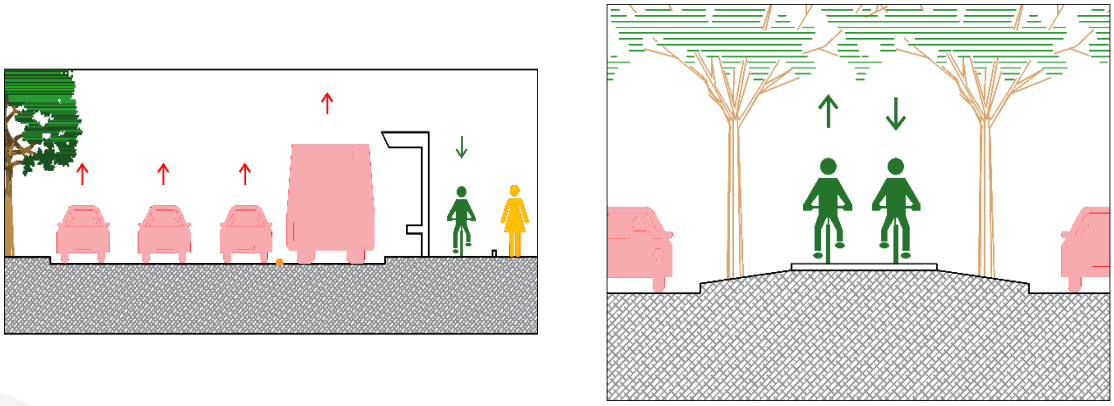

Figura 25. Ejemplo de carriles bici fuera de vialidad.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

c) Carril compartido. Los carriles compartidos permiten mezclar el flujo ciclista con el flujo vehicular motorizado, buscando la prioridad de circulación del primero que es el de mayor vulnerabilidad. Esto mediante señalética vertical y horizontal, así como de estrategias en el control de velocidad que permitan el desplazamiento seguro de las y los usuarios ciclistas.

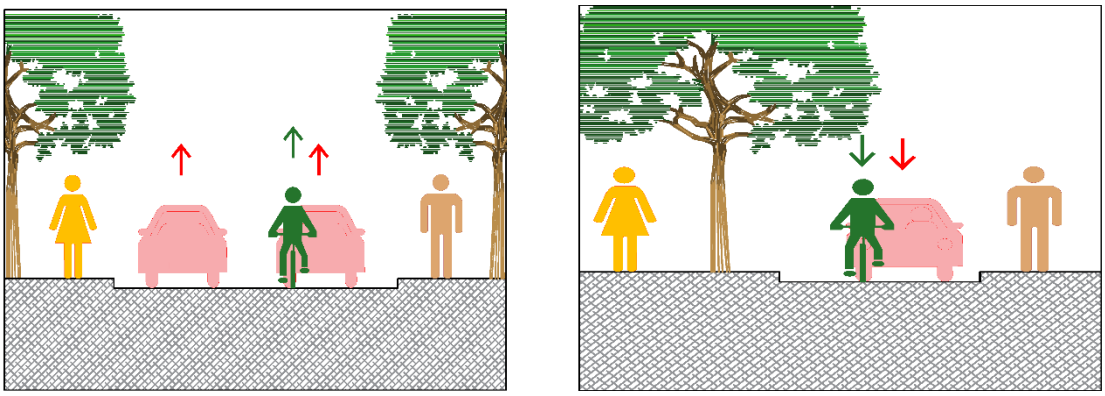

Figura 26. Ejemplo de carril bici fuera de vialidad.
Fuente: Elaboración propia.

d) Carril Bidireccional. Este tipo de carril es segregado y protegido del flujo motorizado dentro del arroyo vehicular, a diferencia del carril confinado considera un flujo ciclista bidireccional sin importar el sentido de la vialidad.

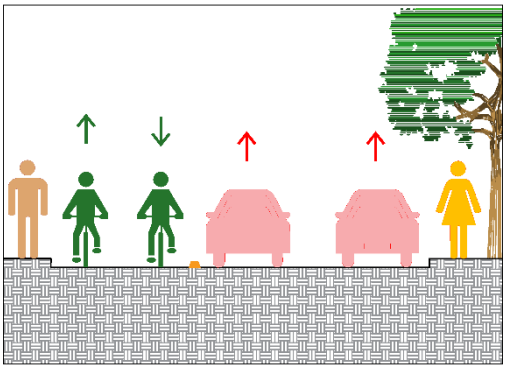

Figura 27. Ejemplo de carril bici bidireccional.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

El diseño de cada uno de estos tipos de carriles bicicleta se realiza mediante la implantación de criterios desarrollados por la Secretaría de Movilidad del Municipio de Querétaro (ANEXO 1), tales como:

a) Elementos de confinamiento.
b) Dispositivos de control de velocidad.
c) Señalamientos horizontales y verticales.
d) Entre otros más.

Cada uno de estos elementos es detallado en los criterios de diseño, los cuales fueron elaborados considerando los siguientes manuales y recomendaciones nacionales e internacionales.

i. Manual de Ciclo-Ciudades, Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México.
ii. Manual de Calles, Secretaría Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, México.
iii. Manual de Disseny de Carrilis Bici de Barcelona, Ajuntament de Barcelona, España.
iv. Global Street Desing Guide, National Association of City Transportation Officials, Estados Unidos.
v. Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas, C.R.O.W., Holanda.
vi. Separated Bike Lane. Planning & Desing Guide, Massachusetts Department of Transportation. Estados Unidos.
vii. Entre otros.

Algunos ejemplos de los criterios de diseño se observan en la Figura 28 y Figura 29.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

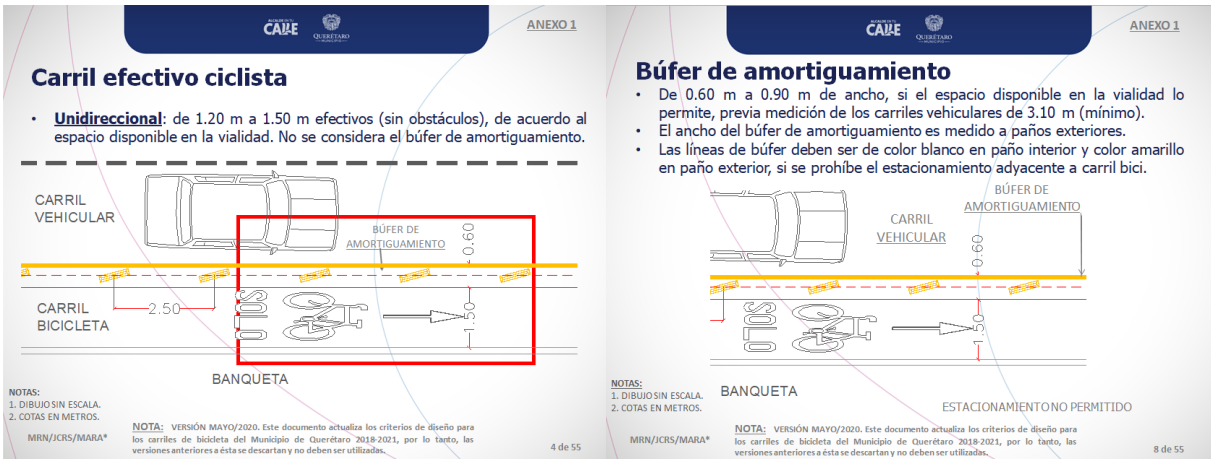

Figura 28. Primer ejemplo de criterio de diseño.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

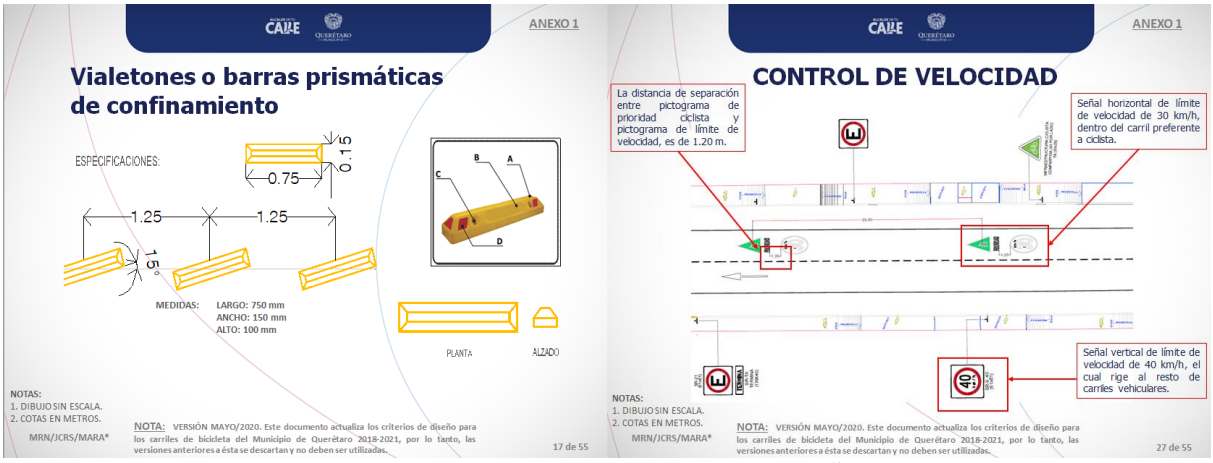

Figura 29. Segundo ejemplo de criterios de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados Adicionales

Asignación de viajes ciclistas

Una vez se obtuvo la red definitiva para reestructuración, se procedió a realizar una asignación de viajes sobre la red; con el objetivo de estimar el comportamiento que tendrán las y los usuarios ciclistas con la nueva infraestructura. Esta asignación se realizó utilizando la encuesta origen-destino

realizada a ciclistas, en 2016, por *SteerDavis*, que forma parte de un estudio de movilidad realizado para el Municipio de Querétaro. Considerando dicha encuesta se estimó la matriz origen destino, que fue trabajada en un software SIG especializado en el análisis, planificación y gestión del transporte. El primer resultado del análisis de la matriz son líneas de deseo (Figura 30), las cuales representan el origen y destino de viajes definidos por el usuario, donde el grosor de la línea representa la demanda del viaje.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

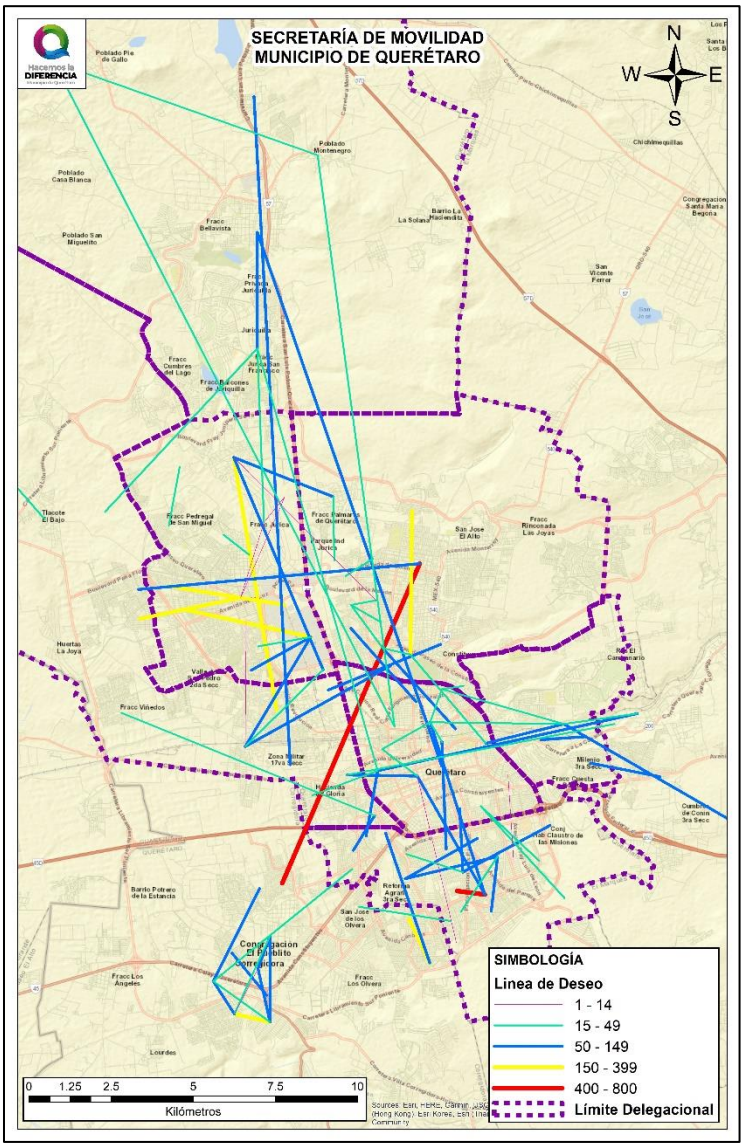

Figura 30. Líneas de deseo, con base en encuesta origen-destino 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se asignó la demanda de viajes sobre la red definitiva para reestructuración de carriles bicicleta; el resultado se presenta en la Figura 31.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Esta asignación de viajes permite generar otro método de priorización, buscando qué tramos de la red han de ser atendidos primero, tanto en diseño como en ejecución.

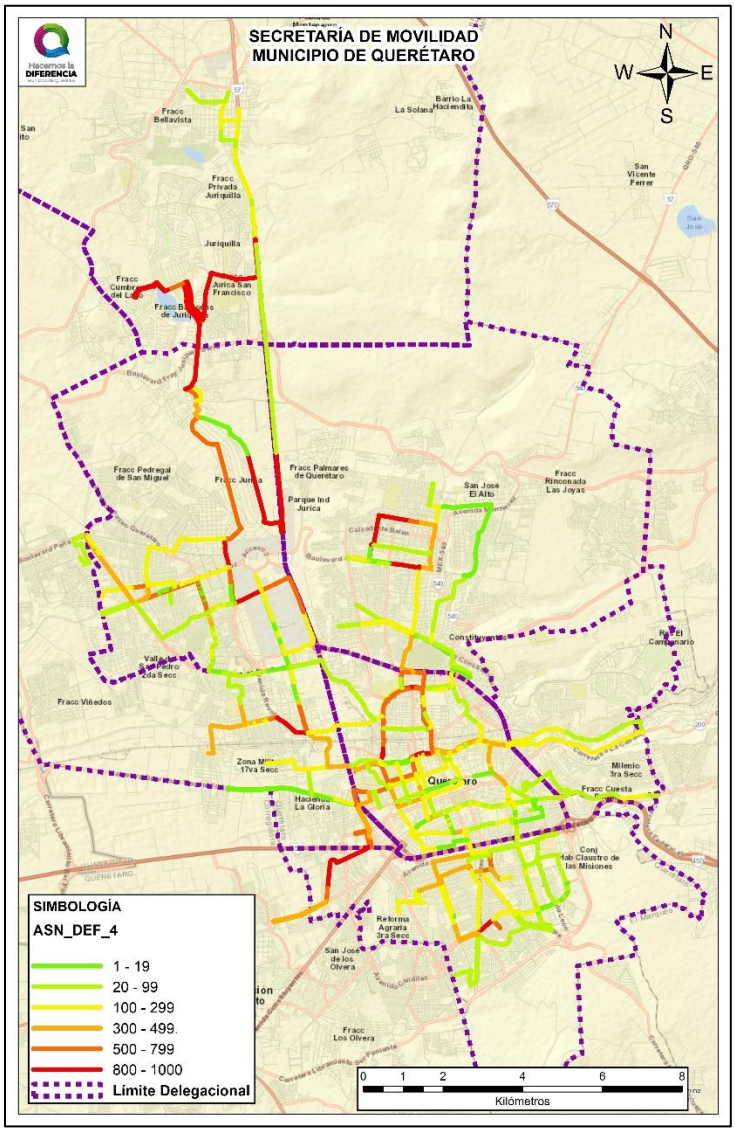

Figura 31. Asignación de viajes ciclistas sobre la red definitiva para la reestructuración (viajes diarios).
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Como se observa en la Figura 31, la distribución de viajes en toda la red es variable, representada por un rango de colores. Existen algunos tramos donde los viajes estimados son de entre 1-19 diarios (color verde), mientras que otros tramos presentan viajes estimados superiores a los 800 viajes diarios (color rojo). Es esta variación respecto al número de viajes que se desplazan por los tramos de la red, lo que permite priorizar y agrupar en clases toda la red ciclista.

Corredores ciclistas

Como se mencionaba, se generó una clasificación que agrupa la red definitiva para reestructuración, con el fin de facilitar el diseño del proyecto y su ejecución. Para ello se tomaron en cuenta cuatro aspectos para dicha categorización:

- Tramos de la red que tuvieran más de 100 viajes diarios.
- Tramos que brindarán conectividad a la mayor cantidad de ciclistas.
- Se agruparon según las características de la zona donde se encontraban, por ejemplo, el corredor universitario tiene como principal atractor la Universidad Autónoma de Querétaro y el Instituto Tecnológico Nacional de Querétaro.
- Si el carril es nuevo, rehabilitado o reubicado.

Esta clasificación permitió crear 16 corredores, que se observan en la Figura 32 y en la Tabla 6.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

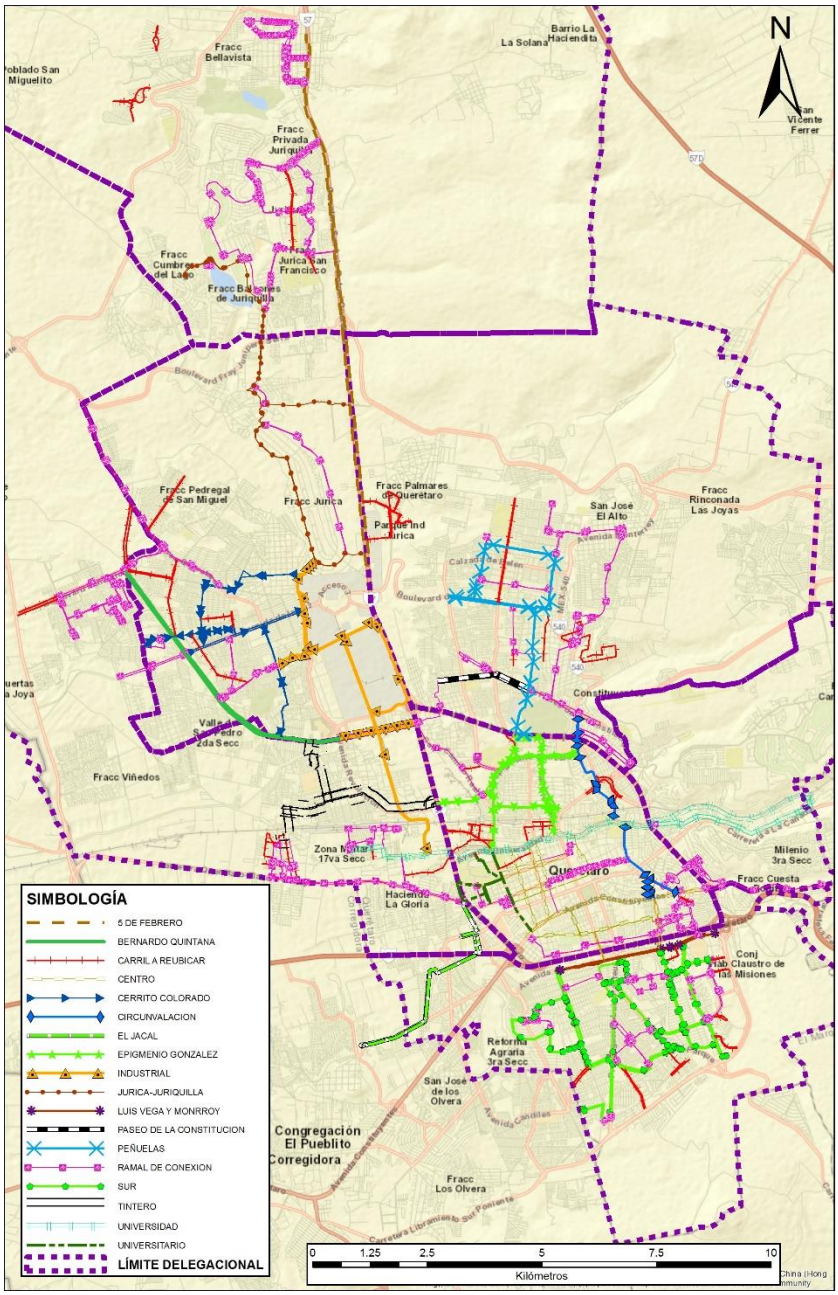

Figura 32. Corredores ciclistas.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Tabla 6. Corredores ciclistas

No.	Corredores
1	SUR
2	LUIS VEGA Y MONROY
3	CENTRO
4	CIRCUNVALACIÓN
5	UNIVERSITARIO
6	EL JACAL
7	TINTERO
8	UNIVERSIDAD
9	INDUSTRIAL
10	BERNARDO QUINTANA
11	CERRITO COLORADO
12	JURICA-JURIQUILLA
13	5 DE FEBRERO
14	EPIGMENIO GONZÁLEZ
15	PEÑUELAS
16	PASEO DE LA CONSTITUCIÓN

Fuente: Elaboración propia.

Además de estos 16 corredores, se tienen tramos de carriles bicicleta denominados "Ramal de conexión" y "Carril a reubicar", los cuales tienen una función especial. Los ramales de conexión son aquellos tramos de la red que presentan menos de 100 viajes al día, por lo que su diseño y construcción no es de alta prioridad. Referente a los carriles a reubicar, son aquellos tramos sin uso y a los cuales no se les dará rehabilitación, serán reubicados a otras zonas donde con mayor afluencia ciclista; es decir, en lugar de rehabilitarlos se construirán tramos nuevos dónde se requieren.

El resto, de los 16 corredores, representan tramos troncales que permiten realizar la mayor cantidad de viajes en el Municipio de Querétaro. De estos 16 corredores, se eligieron cinco como prioritarios; esta elección se realizó mediante una comparativa entre los resultados del análisis espacial y la asignación de viajes sobre la red definitiva para reestructuración (Figura 33).

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

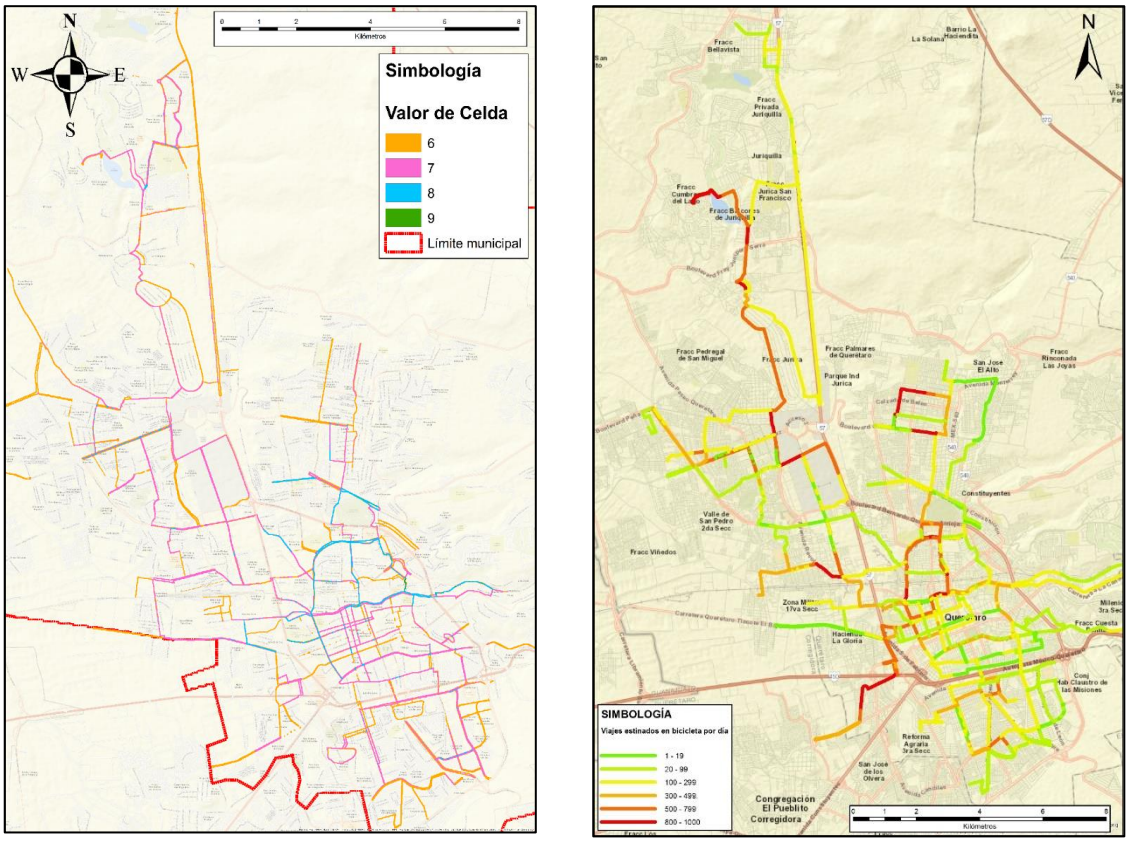

Figura 33. Comparativa de análisis espacial versus los viajes ciclistas diarios.
Fuente: Elaboración propia.

Al observar ambos datos, es posible identificar los corredores de mayor importancia, en términos de desplazamientos, información técnica y consulta ciudadana; los cuales son:

1. Corredor Universitario
2. Corredor Epigmenio González
3. Corredor Universidad
4. Corredor Circunvalación
5. Corredor Industrial

Son estos cinco corredores (Figura 34), los cuales serán atendidos primero en diseño y futura construcción.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

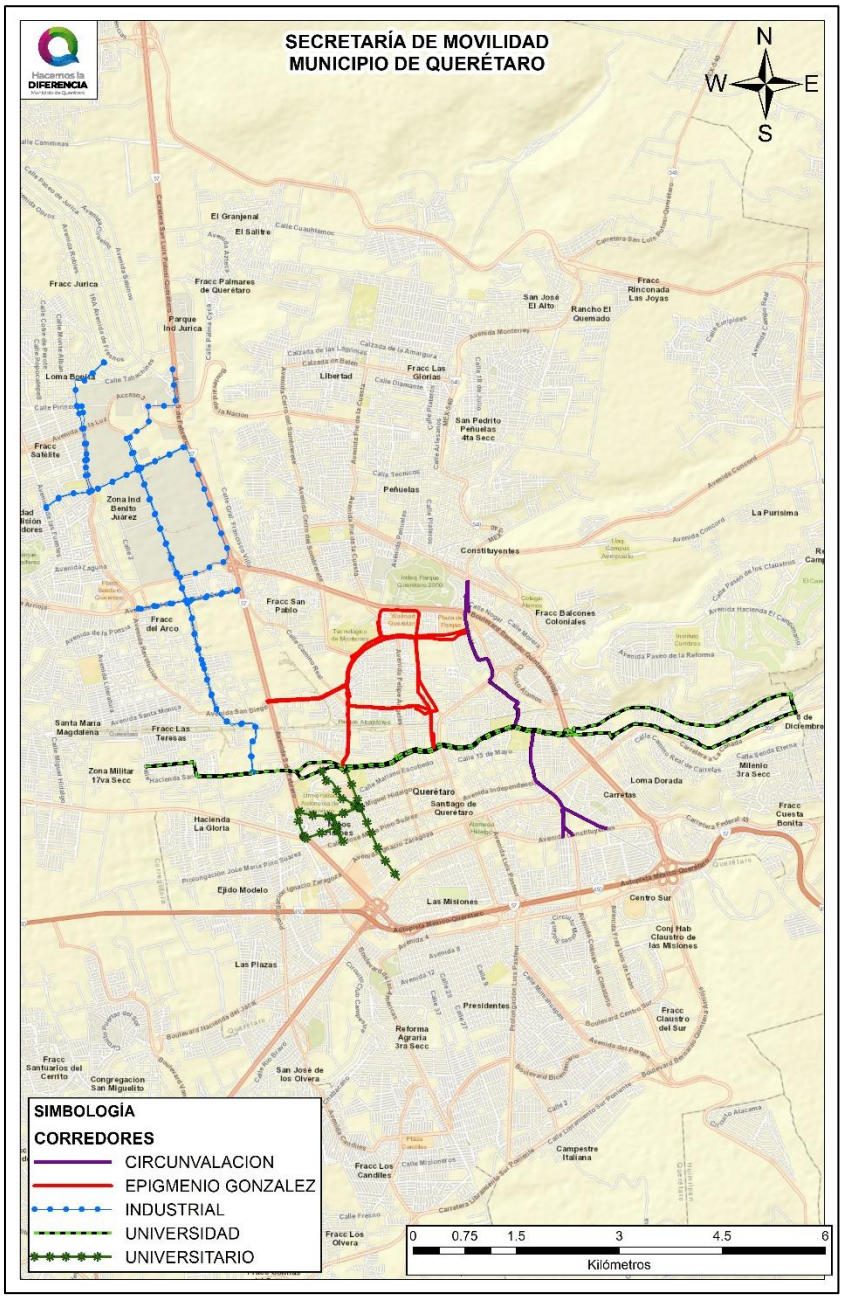

Figura 34. Corredores prioritarios.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Puentes peatonales

Durante la evaluación y el análisis de la restructuración de la red se observó que existen puntos clave para conexión, los cuales se realizan utilizando infraestructura especial, como son los puentes peatonales, los cuales permiten cruzar arterias principales a flujo continuo o autopistas que son imposibles de cruzar a nivel. Es por ello que para la restructuración de la red de carriles bicicleta del Municipio de Querétaro se identificaron aquellos puentes necesarios que permitan conectar dos o más zonas de destino o corredores de carriles bicicleta (Figura 35). De la misma forma se evaluaron dichos puentes para validar su estado y operación.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

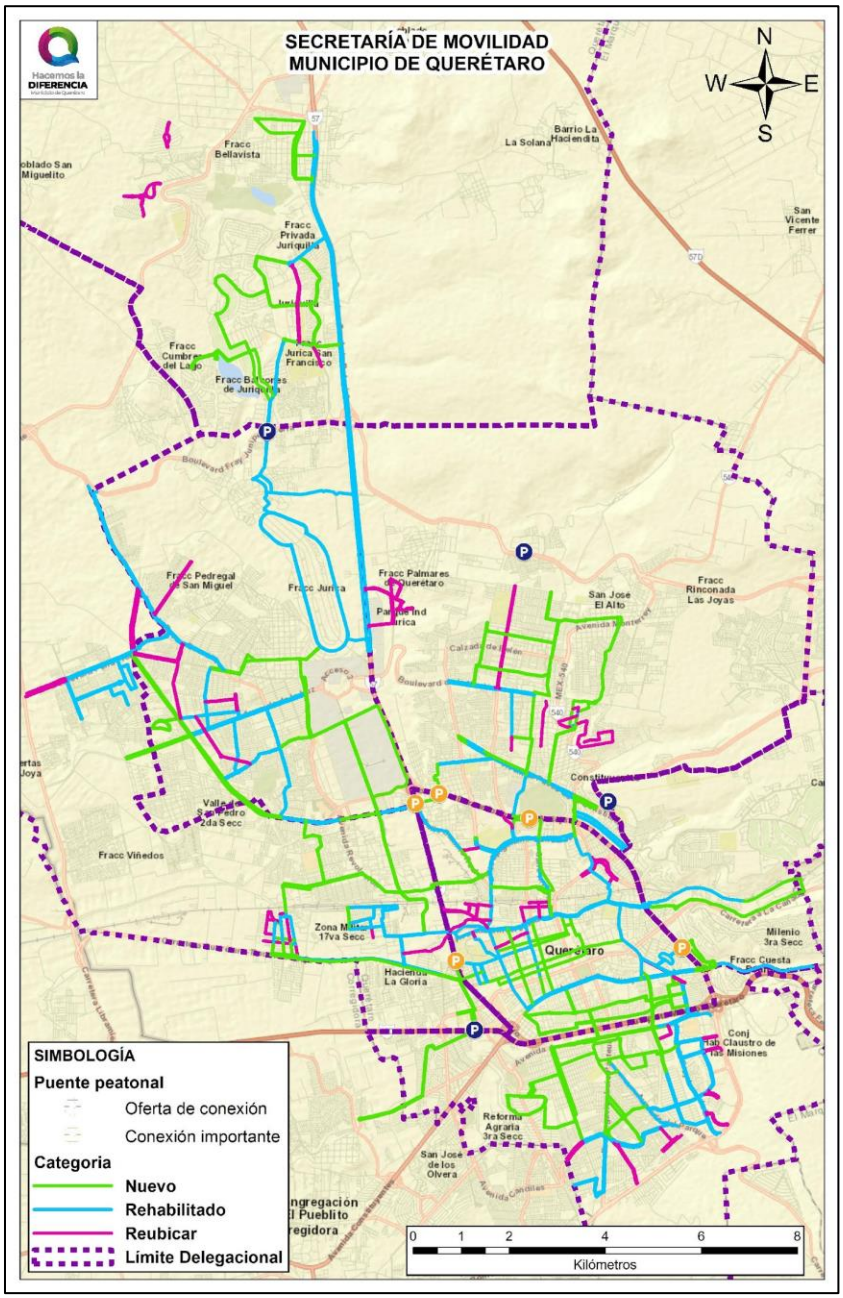

Figura 35. Puentes peatonales de conexión.
Fuente: Elaboración propia.

CENTRO CÍVICO,
Blvd. Bernardo Quintana 10 000
Fracc. Centro Sur, Querétaro, Qro., C.P. 76090

Como se observa en la Figura 35, existen nueve puentes peatonales que ayudan al cruce peatonal y ciclista, de los cuales algunos de ellos no cuentan con la estructura necesaria para su desempeño en la red ciclista, por lo que es necesario comenzar un plan de renovación para corregir la problemática que cada uno de ellos presentan. Para facilitar dicho plan, se determinaron cinco de los puentes más importantes, estos puentes se muestran en la Figura 35 con un símbolo color amarillo. Estos cinco puentes son especialmente importantes pues generan una conectividad noreste-noroeste y norte-sur que de otro modo no sería posible.

Cabe mencionar que estos puentes serán compartidos entre peatones y ciclistas, por ello, en el caso de construcción de nuevos puentes, se deberá considerar un ancho mayor en la sección para que se permita la circulación separada de peatones y ciclistas. Mientras en el caso de puentes existentes que cuentan con la infraestructura adecuada se indicará mediante señalamiento, que el cruce sea sin montar en bicicleta, buscando con ello la seguridad de ambos usuarios.

Referencias bibliográficas

Ajuntament de Barcelona (2016). Manual de Disseny de Carrilis Bici de Barcelona (2016). Direcció de Serveis de Mobilitat, España.

C.R.O.W. (2016). Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas, Holanda.

ITDP (2011). Manual de Ciclo-Ciudades, Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México.

Larsen, J., Patterson, Z., & El-Geneidy, A. (2013). Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure. International Journal of Sustainable Transportation, 7(4), 299-317.

MassDOT (2015). Separated Bike Lane: Planning & Desing Guide. Massachusetts Department of Transportation. Estados Unidos de América.

Municipio de Querétaro (2018). Plan Municipal de Desarrollo, 2018 – 2021. H. Ayuntamiento de Querétaro, 2018 -2021. Sitio Web: municipiodequeretaro.gob.mx/plan-municipal-de-desarrollo-2018-2021/

NACTO (2016). Global Street Desing Guide. National Association of City Transportation Officials, Estados Unidos de América.

Sánchez, Gabriel (2003). Técnicas participativas para la planeación. Fundación ICA. 342 pp.

Saaty, T. (1982). Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decision in a Complex World. Belmont: Lifetime Learning Publications.

SEDATU (2019). Manual de Calles. Secretaría Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, México.

ANEXOS

CRITERIOS DE DISEÑO DE CARRILES BICICLETA, Versión Mayo 2020.