



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-USVT-001-2021

Evaluación de movilidad peatonal y ciclista en la intersección de las Garantías Sociales

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica

Mayo, 2021



1. Informe LM-PI-USVT-001-2021		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Evaluación de movilidad peatonal y ciclista en la intersección de las Garantías Sociales		4. Fecha del Informe Mayo, 2021
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen Este informe toma como estudio de caso la nueva intersección de las Garantías Sociales entre las rutas nacionales 39 y 215 para analizar la movilidad peatonal y ciclista. Se analiza la infraestructura peatonal existente a partir de las recomendaciones internacionales sobre el diseño de rotondas que integran a todos los usuarios viales, en conjunto con información de campo: aforos, análisis de trayectorias de peatones y ciclistas, velocidad de operación del tráfico automotor y observaciones de las interacciones entre los diferentes usuarios. Todo ello permite concluir sobre la necesidad de contar en todos los proyectos viales con estudios integrales de movilidad, bajo un abordaje interdisciplinario, para un adecuado diseño de la infraestructura y, en general, de todo el espacio público en el área de influencia del proyecto.		
10. Palabras clave Movilidad segura, peatones, ciclistas, seguridad vial, rotonda.	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 35
13. Preparado por: Ing. Javier Zamora Rojas, MScE Coordinador Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR	14. Revisado por: Ing. Stephan Rodríguez Shum, MSc Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR	
Fecha: 19/05/2021	Fecha: 19/05/2021	
15. Aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc. Coordinadora Programa Infraestructura del Transporte, LanammeUCR		
Fecha: 19/05/2021		



Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3. ESTUDIO DE CASO: INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES	5
3.1. Descripción general del sitio.....	5
3.2. Conceptos y buenas prácticas de movilidad segura	7
Movilidad segura y sostenible.....	7
Peatones en rotondas.....	8
Ciclistas en rotondas	10
3.3. Recolección de observaciones y datos en campo.....	11
Cámaras viales.....	11
Distancias de pasos peatonales a circunferencia externa de la rotonda	11
Longitud de recorrido peatonal alrededor de la rotonda.....	12
Velocidades de circulación del tráfico automotor	13
Aforos peatonales, ciclistas y de vehículos automotores	14
Trayectorias peatonales y ciclistas.....	16
Observaciones generales sobre peatones y ciclistas.....	17
Observaciones sobre la interacción entre conductores y peatones.....	20
3.4. Análisis de movilidad y seguridad vial.....	21
Sobre el diseño y ubicación de los pasos peatonales de acera continua.....	22
Sobre la pacificación vial de la rotonda y sus vías secundarias y rampas.....	27
Sobre la movilidad ciclista.....	28
4. DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES	31
5. RECOMENDACIONES.....	33
6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	34



1. INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana es sin dudas uno de los grandes retos que tenemos en nuestras ciudades. Las personas requieren satisfacer sus necesidades básicas de estudio, trabajo y alimentación, entre otras; donde la movilidad es el eje central de todas estas actividades. Basta con percibir el efecto que ha tenido la actual pandemia en la movilidad de la ciudadanía; por ejemplo, el efecto de las medidas de restricción vehicular que el Gobierno se ha visto forzado a implementar, las cuales han generado impactos tanto positivos como negativos.

Uno de los retos más importantes para la movilidad segura es la infraestructura vial para las personas que se desplazan a pie y en bicicleta. En nuestro país, la infraestructura vial para vehículos automotores ha sido la prioridad durante muchas décadas, mientras que, la infraestructura peatonal se ha visto fuertemente rezagada y la ciclista muy limitado o incluso inexistente. No obstante, en los últimos años se ha ido afianzando poco a poco un cambio de paradigmas en torno a la movilidad, lo cual ha sido prueba de que los cambios son posibles. Muchos cambios son notorios; pero es más lo que aún hace falta mejorar en los proyectos viales y de transformación del espacio público.

Este informe busca analizar aspectos clave en la movilidad peatonal y ciclista en zonas urbanas, tomando como estudio de caso la infraestructura recientemente concluida en la intersección a desnivel de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional 39. Es importante resaltar que este no es un estudio integral de movilidad, sino que más bien busca brindar evidencias y criterios sustentados sobre la urgente necesidad de incluir obligatoriamente estudios de movilidad, bajo un enfoque integral e interdisciplinario, como parte obligatoria de los estudios preliminares para cualquier proyecto que incida en el espacio vial y, en general, en el espacio público, basado en las necesidades de movilidad de las personas.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

El LanammeUCR, a través de su Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), ha solicitado reiteradamente los estudios de movilidad para todos los proyectos de nueva obra vial de los últimos años: ampliación del corredor Cañas - Liberia (R.N. 1), construcción del puente sobre el río Virilla (R.N. 32), intersección de las Garantías Sociales (R.N. 39), intersección de Guadalupe (R.N. 39), paso a desnivel e intersección La Bandera (R.N. 39), corredor Circunvalación Norte (R.N. 39), ampliación de Río Frío a Limón (R.N. 32), proyecto vial Taras – La Lima (R.N. 2), ampliación del corredor Barranca – Limonal (R.N. 1), ampliación del corredor Limonal – Cañas (R.N. 1), entre otros. En ninguno de estos proyectos se ha evidenciado la

Informe LM-PI-USVT-001-2021	Mayo, 2021	Página 4 de 35
-----------------------------	------------	----------------



existencia de estudios integrales de movilidad, como estudio base para la toma de decisiones en cuanto a infraestructura peatonal y ciclista, prioritariamente. En pocos de estos proyectos se ha recibido información sobre conteos peatonales y ciclistas; sin embargo, en algunos casos esto se ha llevado a cabo incluso en una etapa posterior a la definición y escogencia de la infraestructura peatonal, sobre todo para justificar los sitios para la construcción de puentes peatonales. En algunos proyectos primero se seleccionaron los sitios para la ubicación de los puentes peatonales y luego se realizaron conteos peatonales para su justificación; lo cual es un proceso inverso al deseado.

En términos generales, los diseños de estos proyectos han seguido una visión prioritariamente carrocentrista. La mayoría de estos proyectos han incluido en sus diseños infraestructura peatonal y ciclista; sin embargo, estos no necesariamente han surgido a raíz de las necesidades reales de movilidad de las personas, ni a partir de estudios específicos. El LanammeUCR ha enviado observaciones a los diseños de estos proyectos y ha enfatizado sobre la necesidad de contar con estudios de movilidad para un adecuado diseño de las facilidades peatonales y ciclistas, que permitan desplazamientos seguros, continuos, cómodos, directos y atractivos, bajo una visión de movilidad inclusiva y sostenible. Sin embargo, cuando ya están los diseños finales planteados, son pocos los ajustes que se pueden lograr para mejorar la infraestructura peatonal y ciclista.

3. ESTUDIO DE CASO: INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES

La intersección a desnivel de las Garantías Sociales fue inaugurada recientemente, mostrando como resultado una infraestructura moderna, con flujos vehiculares a desnivel; esto con el fin de ayudar a mitigar los problemas de congestión vehicular en el sector. Sin embargo, ante la ausencia de estudios de movilidad en etapas preliminares del proyecto, los diseños de infraestructura peatonal evidencian oportunidades de mejora, las cuales se analizan y se discuten en este informe. Por otra parte, la infraestructura ciclista fue completamente inexistente en este proyecto, lo cual también se aborda en el documento.

3.1. Descripción general del sitio

La intersección de las Garantías Sociales forma parte del anillo vial Circunvalación Sur, Ruta Nacional 39, hacia el sureste del centro de San José. En este punto, Circunvalación Sur cruza la Ruta Nacional 215, la cual es una radial de alto flujo vehicular que conecta puntos importantes de la capital, tal como Plaza Víquez hacia el oeste y Zapote hacia el este, hasta unirse con la Ruta Nacional 2 a la altura de La Galera.

Informe LM-PI-USVT-001-2021	Mayo, 2021	Página 5 de 35
-----------------------------	------------	----------------



En la Figura 1 se observa la rotonda de las Garantías Sociales, tal como lucía en el año 2018 y como luce actualmente tras haberse construido el paso a desnivel bajo la rotonda, en la Ruta Nacional 39. Resulta evidente la mejora en la infraestructura vial, así como en las condiciones de circulación vehicular.



Figura 1. Intersección Garantías Sociales, año 2018 (izquierda) y año 2021 (derecha)
Nota: Imágenes tomadas de Google Earth, 2018 (izquierda) y 2021 (derecha).

En cuanto a infraestructura peatonal, se incluyeron pasos peatonales de acera continua (a nivel de la acera), todos ellos interconectados por medio de aceras con diseño inclusivo. En la Figura 2 se resalta el recorrido peatonal alrededor de la intersección, esto sin considerar los tramos de acera que se prolongan en los cuatro accesos o ramales de la intersección.



Figura 2. Recorrido peatonal alrededor de la intersección de las Garantías Sociales con pasos peatonales de acera continua.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.



Tal como se observa en dicha figura, en color amarillo se resalta el recorrido en general y en color rojo se resaltan los pasos peatonales de acera continua sobre las vías principales: Ruta Nacional 39 y Ruta Nacional 215, para un total de 11 pasos.

3.2. Conceptos y buenas prácticas de movilidad segura

Movilidad segura y sostenible

El término movilidad segura se ha popularizado en los últimos años, como un concepto más integral al de la seguridad vial, que busca responder a las necesidades de las personas y a su derecho de desplazarse por el espacio público y de disfrutarlo. A partir de este concepto, surge la pirámide de movilidad segura y sostenible, en se busca el equilibrio de los diferentes actores viales en cuanto a su derecho a moverse de forma segura por el espacio público y en cuanto a procurar una movilidad sostenible con el medio ambiente, es decir, favoreciendo los modos de movilidad activa, de allí que la pirámide la encabezan las personas peatonas y las personas ciclistas (Figura 3). Posteriormente la prioridad la tiene el transporte público, seguido de las personas motociclistas, dada su alta exposición al riesgo y a las altas tasas de siniestralidad. Finalmente, los vehículos pesados y los demás vehículos automotores particulares.

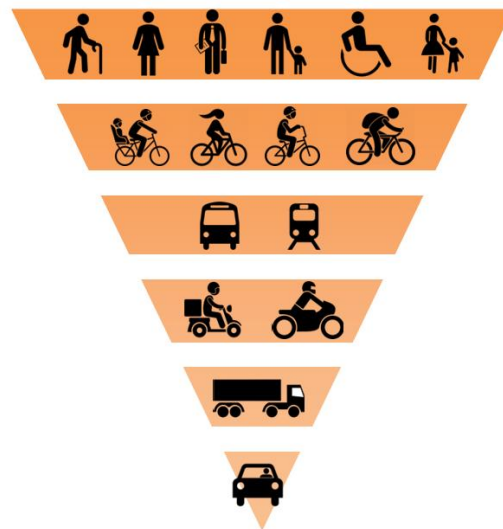


Figura 3. Pirámide de movilidad segura y sostenible.

Nota: Elaboración propia a partir de ETSC, 2019 e ITDP, 2011.



Esta propuesta de movilidad debe introducirse fuertemente en la gestión de proyectos viales y, en general, de cualquier proyecto que tenga un impacto directo en el espacio público, incluyendo el espacio vial, al cual tenemos derecho todas las personas. De allí la necesidad de contar con estudios integrales de movilidad para todo proyecto vial, como parte fundamental en la conceptualización y gestión de proyectos.

Peatones en rotondas

Diversos estudios a nivel mundial han demostrado la reducción de los puntos de conflicto vehicular en las rotondas en comparación con intersecciones convencionales. Esto también se cumple a nivel de la seguridad de peatones, siempre que la rotonda esté adecuadamente diseñada para estas personas. Es mucho el conocimiento a nivel mundial que se ha generado en torno al diseño de infraestructura peatonal en rotondas, por lo que existe una gran cantidad de referencias y evidencia al respecto.

Por ejemplo, uno de los puntos clave en el diseño es dónde se deben de colocar los pasos peatonales con respecto a la circunferencia externa de la rotonda. Esto no siempre resulta evidente, ya que hay una serie de variables a contemplar: el tipo de rotonda, la configuración de carriles en cada acceso, el tránsito vehicular automotor, las velocidades de circulación vehicular, el flujo peatonal, las líneas de deseo peatonal, los usos de suelo en el área de influencia de la rotonda, entre otros aspectos técnicos, sociales, ambientales y culturales.

La recomendación por parte de la NCHRP de Estados Unidos es colocar los pasos peatonales en distancias equivalentes a longitudes promedio de vehículos livianos, esto con el fin de procurar que los pasos no queden invadidos por vehículos antes de ingresar a la rotonda (ver Figura 4).

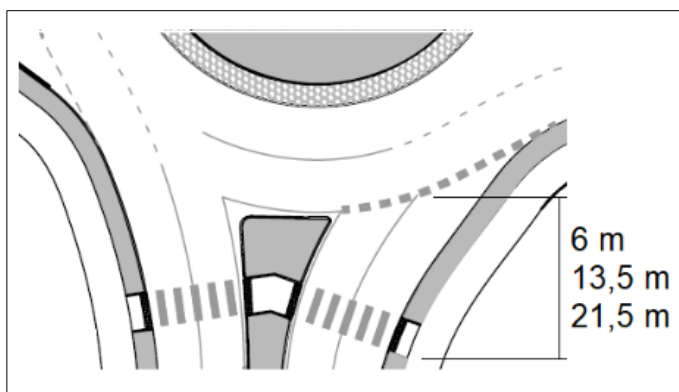


Figura 4. Distancias recomendadas para colocación de pasos peatonales con respecto a la circunferencia externa de la rotonda.

Nota: Modificado de NCHRP, 2010.

Tal como se observa en la Figura 4, la distancia mínima recomendada es de 6 m, equivalente al espacio de un vehículo liviano en el área de almacenamiento de previo al



ingreso propiamente al área de la rotonda. Podría ser conveniente bajo ciertas circunstancias aumentar esta distancia de forma equivalente a 2 o 3 vehículos; es decir, a distancias aproximadas de 13,5 m y 21,5 m, respectivamente, lo cual considera un espacio aproximado de 1,5 m entre vehículos. (NCHRP, 2010)

Sin embargo, ¿de qué dependen estas distancias?, ¿por qué varían de una rotonda a otra? Tal como se mencionó anteriormente, las facilidades peatonales deben de responder a una necesidad de movilidad y apegarse lo más posible a las líneas de deseo de los peatones; de allí que los valores de la NCHRP y de muchos otros manuales sirven como referencia, pero estos deben de analizarse cuidadosamente.

Por ejemplo, hay variables muy sensibles para un peatón, tal como la distancia aceptada para hacer un viaje caminando, así como el tiempo de caminata (ver Tabla 1). Los estudios realizados a nivel internacional han logrado determinar mínimos y máximos de distancias aceptadas, las cuales han reportado en promedio distancias mínimas de aproximadamente 500 m y distancias máximas de aproximadamente 1300 m, para un promedio de aproximadamente 1000 m, es decir, 1 km. Por su parte, el tiempo mínimo ronda en 8 min y el tiempo máximo en 18 min, para un promedio de aproximadamente 13 min. A su vez, estas variables se relacionan con la velocidad al caminar, la cual se ve influida por la persona en sí, el tipo de viaje, la infraestructura, el clima, entre otros. De allí que los estudios reflejan velocidades mínimas de aproximadamente 68 m/min y velocidades máximas de aproximadamente 90 m/min, para un promedio aproximado de 76,8 m/min. (Fernández, 2017)

Tabla 1. *Distancias, tiempos y velocidades de las personas peatonas según estudios*

Variable	Promedio de valores mínimos	Promedio de valores máximos	Promedio total
Distancia	574 m	1343 m	1077 m
Tiempo	8 min	18 min	13 min
Velocidad	67,5 m/min	90,4 m/min	76,8 m/min

Nota: Elaboración propia a partir del resumen de 16 referencias de Fernández, 2017.

Estas y otras variables deben de analizarse en el estudio de movilidad, ya que las personas siempre van a tener la tendencia a disminuir el tiempo de caminata y, por ende, la distancia, optando así por la ruta más directa, es decir, siguiendo las líneas de deseo. En muchos casos el criterio de ruta más directa puede incluso ser más relevante que el de ruta más segura, como parte del proceso de decisión y aceptación del riesgo por parte de la persona. Por ello, la planificación de la infraestructura peatonal debe buscar optimizar los recorridos peatonales de manera que, la ruta más directa sea también la más segura, entre otros atributos importantes en la movilidad peatonal.

Informe LM-PI-USVT-001-2021	Mayo, 2021	Página 9 de 35
-----------------------------	------------	----------------



Ciclistas en rotondas

Diversos estudios a nivel mundial han demostrado también la reducción de los puntos de conflicto para las personas ciclistas en las rotondas en comparación con intersecciones convencionales, considerando un diseño adecuado de la rotonda para estas personas usuarias.

De igual forma que para la infraestructura peatonal, se deben de considerar muchos factores. Por ejemplo, en rotondas de bajo tránsito (menor a 6000 vpd), no se recomienda una segregación del ciclista, sino una integración, es decir, que la rotonda sea un espacio compartido. El uso de ciclocarriles generalmente no se recomienda debido que, al no haber separación física, sino únicamente demarcación vial, fácilmente puede haber invasión por parte de los vehículos automotores, sobre todo por parte de vehículos pesados. Por su parte, los diseños de rotonda con ciclovía segregada son altamente utilizados en países como Holanda, en donde existen diversas consideraciones de diseño según la prioridad la tenga el vehículo automotor o la persona ciclista; lo cual a su vez depende del tipo de rotonda y su configuración de carriles, su entorno (uso de suelo), los flujos de usuarios (vehículos automotores y ciclistas), las velocidades de circulación, entre otros. En rotondas de un carril de entrada y salida, por ejemplo, se han propuesto las dos siguientes configuraciones de la Figura 5.

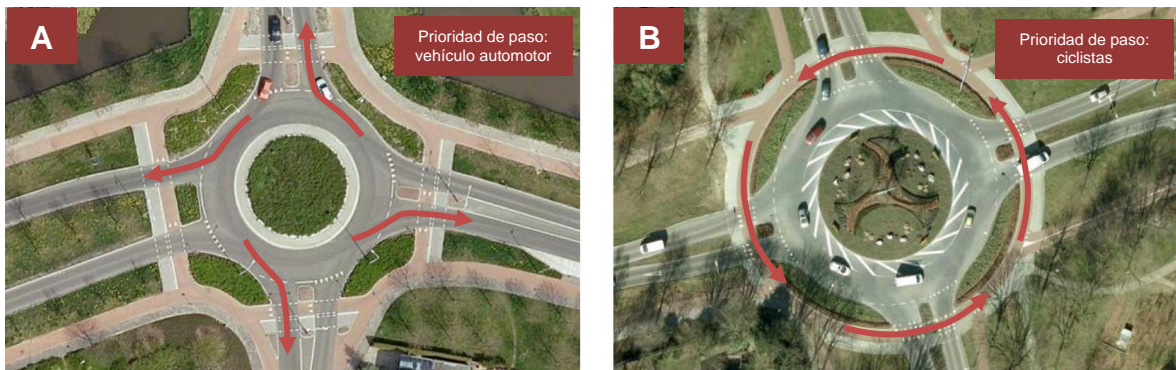


Figura 5. Ciclovía segregada en rotonda de un carril de entrada y salida, con prioridad de paso para el vehículo automotor (configuración A) o prioridad para la persona ciclista (configuración B).

Nota: Tomado de <https://bicycledutch.wordpress.com>.

En la Figura 5 no solo cambia la demarcación y señalización vial para indicar la prioridad de paso, sino que el diseño geométrico de la rotonda y de la ciclovía segregada cambian también, bajo una filosofía de diseño autoexplicativo. El diseño circular de la ciclovía segregada de la configuración B invita al ciclista a no detenerse, mientras que la configuración A lo invita a hacer un giro y ceder el paso a los vehículos automotores.



De igual forma, los manuales de diseño de cicloinfraestructura de países como Estados Unidos proponen otros tipos de configuraciones, considerando satisfacer las necesidades de los ciclistas y proveerles la mayor seguridad posible (NCHRP, 2010). Configuraciones diferentes se proponen para minirrotondas, rotondas de 1 carril o rotondas de 2 o más carriles; rotondas urbanas o rurales; rotondas de bajo, mediano o alto flujo vehicular automotor y flujo ciclista; entre otras variables a considerar.

3.3. *Recolección de observaciones y datos en campo*

A partir de visitas a la nueva intersección de las Garantías Sociales, se tomaron una serie de datos, tal como medición de distancias y recorridos peatonales, así como velocidades de circulación del tráfico automotor. Además, se recabaron observaciones, tanto a partir de las visitas de campo, como a través de cámaras viales.

Cámaras viales

Dos cámaras viales CountCam2 fueron colocadas durante un periodo de 48 horas, entre el 9 y 11 febrero del 2021. Los detalles se muestran en la Figura 6.



Figura 6. Colocación de cámaras viales y sus ángulos de visión y alcance aproximados.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

Distancias de pasos peatonales a circunferencia externa de la rotonda

En la Figura 7 se observan las distancias de los pasos peatonales de acera continua, sobre las rutas nacionales 39 y 215, con respecto a la circunferencia externa de la rotonda.



Figura 7. Distancias de pasos peatonales de acera continua a circunferencia externa de la rotonda
Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

Longitud de recorrido peatonal alrededor de la rotonda

En la Figura 8 se muestra el recorrido peatonal alrededor de la rotonda, sin considerar los tramos de acera que se prolongan en cada uno de los cuatro accesos o ramales de la intersección, esto para efectos del análisis que se realizará posteriormente. Tal como se observa en la figura, el recorrido completo tiene una longitud total de 934 m.

De esta longitud, aproximadamente 104 m corresponden a los pasos peatonales de acera continua y 830 m corresponden a las aceras, al cruce de islas de canalización y dos pasos peatonales a nivel de calzada en dos vías secundarias.



Figura 8. Recorrido peatonal alrededor de la intersección de las Garantías Sociales con pasos peatonales de acera continua.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

Velocidades de circulación del tráfico automotor

En la Figura 9 se muestran los puntos y sentidos del flujo vehicular donde se tomaron mediciones de velocidades de circulación, así como el valor calculado de velocidad de operación del tráfico automotor para estos 4 puntos. (Ver detalles en Tabla 2.)



Figura 9. Medición de velocidades de operación (V_{P85}) con radares portátiles en 4 puntos.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.



La Tabla 2 resume los datos de velocidad de circulación medidos en campo y el cálculo de las respectivas velocidades de operación. Nótese que las velocidades vehiculares V_1 , V_3 y V_4 son de salida de la rotonda, mientras que la velocidad V_2 es de entrada a la rotonda por una de las rampas de ingreso.

Tabla 2. Cálculo de velocidades de operación del tráfico automotor

V_1 (km/h)		V_2 (km/h)		V_3 (km/h)		V_4 (km/h)	
35	29	60	66	35	32	45	42
39	21	56	58	32	37	43	48
37	31	51	55	29	29	51	45
39	35	61	63	37	29	53	34
32	34	37	72	31	37	40	35
37	42	47	56	40	31	40	35
29	39	74	77	39	32	37	34
26	40	55	53	37	35	34	39
35	37	60	72	34	40	37	35
42	34	61	58	34	51	43	31
37	50	71	55	35	35	35	31
35	31	47	60	40	37	37	37
40	34	48	51	32	34	35	37
35	34	50	63	37	43	42	34
40	37	66	50	40	32	40	37
37	40	48	56	35	31	42	35
37	37	55	40	34	32	37	27
32	31	51	68	37	39	35	35
35	35	80	55	40	34	29	39
31	39	64	56	58	32	39	29
N = 40	$V_{1,p} = 35.5$	N = 40	$V_{2,p} = 58.2$	N = 40	$V_{3,p} = 36.0$	N = 40	$V_{4,p} = 37.8$
$V_{1,P85} = 40.0$		$V_{2,P85} = 70.6$		$V_{3,P85} = 40.0$		$V_{4,P85} = 43.0$	

Nota: N es el número de muestra (datos de velocidad de circulación recopilados), V_p es la velocidad promedio calculada y V_{P85} es la velocidad de operación calculada a partir del percentil 85 de los datos.

Aforos peatonales, ciclistas y de vehículos automotores

Tal como se mencionó al inicio, este informe no busca analizar ampliamente toda la movilidad de la intersección; por ello, solo se realizaron aforos en uno de las vías del acceso noreste hacia la rotonda, esto con el fin de contar con una idea de los flujos de usuarios vulnerables en relación con los flujos de vehículos automotores.



La Figura 10 muestra el área de alcance de los aforos peatonales, ciclistas y de vehículos automotores que se efectuaron a partir de una de las cámaras viales, en el acceso noreste hacia la rotonda.



Figura 10. Área de alcance de los aforos peatonales, ciclistas y vehiculares en el acceso noreste a la rotonda el día 10 de febrero del 2021, de 6:00 a.m. a 8:00 p.m. (14 horas de conteos).

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

La Tabla 3 resume los aforos realizados a partir de una de las cámaras viales. Se realizaron con cortes cada 15 minutos, sin embargo, para este informe se presentan de forma horaria, junto con los totales en la última fila.

Tal como se observa, en el periodo de 6:00 a.m. a 8:00 p.m. (14 horas) se registraron 9410 vehículos automotores de cuatro y más ruedas. La cantidad de motocicletas fue de 1285; lo cual corresponde a un 12 % del total de vehículos automotores. Con base en los factores de expansión para todo tipo de vehículo en una zona urbana de la Gran Área Metropolitana, determinados por Magaña (2014), se estima que el tránsito promedio diario (TPD) en el acceso noreste hacia la rotonda es de 12749 vehículos automotores por día.

Por otra parte, en el periodo de 14 horas se contabilizaron 201 peatones cruzando por el paso peatonal a nivel de acera, más 17 peatones que cruzaron parcial o totalmente fuera del paso peatonal; es decir, cercano a un 8 % del total de personas peatonas. También se contabilizaron 80 personas ciclistas, de los cuales 69 (86,2 %) compartieron la vía con los vehículos automotores, mientras que 11 (13,8 %) utilizaron el paso peatonal.



Tabla 3. Aforos peatonales, ciclistas y vehiculares en acceso noreste a la rotonda

Hora	Vehículos automotores (4+ ruedas)	Motocicletas	Peatones (Por paso peatonal)	Peatones (Fuera paso peatonal)	Ciclistas (sobre la vía)	Ciclistas (sobre paso peatonal)
6:00–7:00	343	56	14	2	7	2
7:00–8:00	532	90	14	0	3	1
8:00–9:00	552	57	11	2	3	0
9:00–10:00	606	82	11	0	2	0
10:00–11:00	629	91	16	0	2	2
11:00–12:00	629	101	15	2	4	0
12:00–13:00	595	95	12	3	8	2
13:00–14:00	642	109	9	0	1	0
14:00–15:00	727	93	19	0	7	0
15:00–16:00	810	127	17	5	8	0
16:00–17:00	1114	140	14	0	8	3
17:00–18:00	995	123	19	0	5	1
18:00–19:00	735	56	22	2	5	0
19:00–20:00	501	65	8	1	6	0
Total	9410	1285	201	17	69	11

Trayectorias peatonales y ciclistas

Como parte de las observaciones en campo y a través de los videos de las cámaras viales, se determinaron las principales trayectorias peatonales y ciclistas para el acceso noreste de la intersección de las Garantías Sociales, con el fin de analizar la forma en que estos usuarios vulnerables se están movilizand o a través de la intersección.

En cuanto a peatones, es evidente que los pasos peatonales que se construyeron, así como los tramos de acera protegidos por barreras rígidas de concreto (sobre las vigas superiores del viaducto), obligan a las personas a realizar un cierto recorrido para atravesar la intersección de forma segura; sin embargo, esto no quiere decir que esta sea la ruta más directa para los peatones, ni que responda a las líneas de deseo peatonal si no existiesen estas barreras físicas. A pesar de estas barreras, se identificaron otras trayectorias peatonales (ver Figura 11), las cuales son más congruentes con las posibles líneas de deseo peatonal en ciertos puntos, pero que actualmente generan un riesgo para la persona, ya que están fuera de la infraestructura peatonal construida.

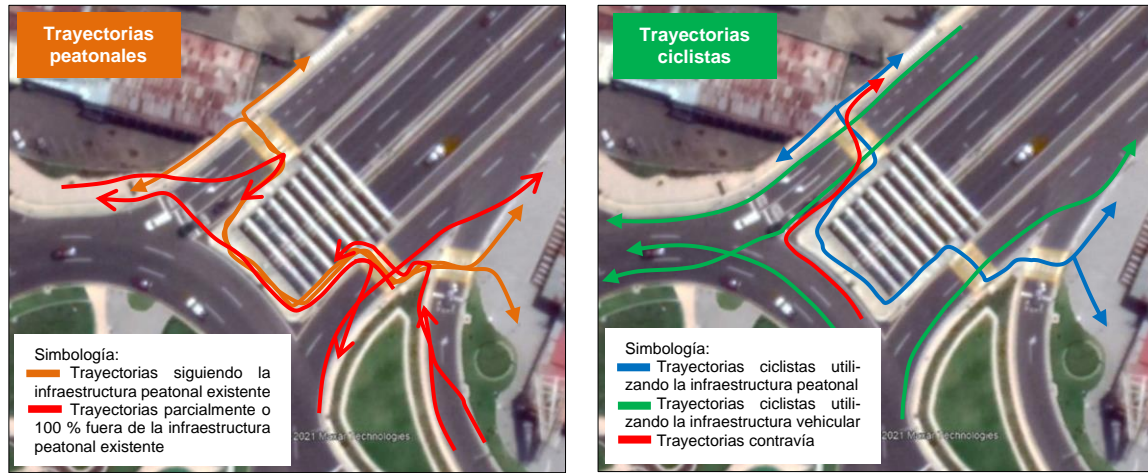


Figura 11. Trayectorias peatonales (izq.) y ciclistas (der.) en acceso noreste de la intersección.
 Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

En cuanto a ciclistas, no se diseñó ninguna facilidad para estos usuarios vulnerables, pese a que es una rotonda multicarril de alto flujo vehicular, lo cual eleva el riesgo de conflictos y siniestralidad para estos usuarios. Por lo tanto, en la Figura 11 se registraron las trayectorias ciclistas que se evidenciaron, tanto aquellas en que la persona ciclista hace uso de la infraestructura peatonal existente (montada en la bicicleta), así como las trayectorias en que la persona ciclista está compartiendo el espacio con los vehículos automotores, e incluso una maniobra contravía. Si bien es cierto la bicicleta también es un vehículo, no hay ningún tipo de adaptación, ni demarcación, ni señalización que indique que es un espacio compartido vehículo automotor – bicicleta.

Observaciones generales sobre peatones y ciclistas

En las siguientes figuras se muestran fotografías de diferentes usuarios vulnerables en las cercanías del acceso noreste de la intersección de las Garantías Sociales; esto con el fin de evidenciar ciertas necesidades de las personas, ciertos comportamientos y usos de la infraestructura existente, entre otras particularidades.

En cuanto a movilidad peatonal, algunas personas hacen uso estricto de la infraestructura peatonal construida, como se observa en la Figura 12, indistintamente de si responde o no a su trayectoria natural de caminata de no existir ciertas barreras físicas que impiden otro tipo de recorridos.



Figura 12. Secuencia de una persona utilizando la infraestructura peatonal construida.

En la Figura 13 se muestran diferentes personas y grupos de personas utilizando la infraestructura peatonal construida, todas ellas con diferentes motivos y necesidades de viaje. Por ejemplo, en la fotografía A se observan 2 personas haciendo deporte, en la fotografía B una persona en silla de ruedas, en la fotografía C un grupo de 4 estudiantes, en la fotografía D una mamá con su bebé en coche, en la fotografía E otro grupo de estudiantes y en la fotografía F una persona paseando a su perro.



Figura 13. Personas con necesidades particulares de movilidad utilizando los pasos peatonales.



Por otra parte, se identificaron otras personas realizando trayectorias diferentes al recorrido de la infraestructura peatonal construida; es decir, siguiendo las trayectorias que se mostraron en la Figura 11.

La Figura 14 muestra fotografías de estas trayectorias; por ejemplo, en las fotografías A, B, C y D las personas cruzan la vía en diagonal, saliéndose de la infraestructura peatonal construida. Por su parte, la secuencia fotográfica E muestra a una persona caminando sobre el borde externo del carril vehicular, sin hacer uso de la acera provista ni de los pasos peatonales.



Figura 14. Personas peatonas realizando trayectorias fuera de la infraestructura peatonal provista.

En cuanto a movilidad ciclista, algunas personas hacen uso de la infraestructura peatonal construida, como se observa en la fotografía A de la Figura 15; esto ante la ausencia de infraestructura ciclista exclusiva para estos usuarios. Otros ciclistas se exponen al tránsito vehicular automotor y comparten la vía como cualquier otro vehículo, como se observa en las fotografías B y C de la Figura 15.



Figura 15. Ciclistas utilizando la infraestructura peatonal o compartiendo la vía con otros vehículos.

Observaciones sobre la interacción entre conductores y peatones

En la Figura 16 se observan casos de la interacción entre conductores de vehículo automotor y peatones. Esto forma parte de los procesos de culturalización que se deben de ir fomentando en nuestro país, donde cada vez más se le brinde respeto al peatón y al ciclista como usuarios viales que encabezan la pirámide de movilidad segura y sostenible. El diseño de pasos peatonales a nivel de acera, o de acera continua, sirven a su vez de reductores de velocidad, además que resultan bastante notorios debido a su color amarillo con la senda peatonal tipo cebrá con franjas blancas, además de la señalización vertical.



Figura 16. Interacción entre conductores y peatones en los pasos peatonales.

En la fotografía de la izquierda, el peatón debe cruzar 11 metros, correspondiente a tres carriles vehiculares. Es decir, en caso de tráfico constante de vehículos, al menos 3 conductores deben de detenerse y cederle el paso a la persona que cruza a pie. En la fotografía de la derecha son dos carriles, para un ancho de 8,5 m aproximadamente.



Por otra parte, la Figura 17 evidencia que muchos conductores no ceden el paso a los peatones aun con suficiente distancia y tiempo para frenar. En caso de exceso de velocidad, otros conductores no logran identificar a la persona que intenta cruzar.



Figura 17. Interacción entre conductores y peatones en los pasos peatonales.

3.4. Análisis de movilidad y seguridad vial

En resumen, los datos y evidencias recopiladas a través de las visitas a campo y de las cámaras viales fueron:

- Distancias de los pasos peatonales de acera continua con respecto a la circunferencia externa de la rotonda (Figura 7).
- Longitud del recorrido peatonal alrededor de la rotonda (Figura 8).
- Velocidades de circulación del tráfico automotor en 4 puntos: una rampa de entrada a la rotonda y 3 trayectorias de salida de la rotonda (Figura 9 y Tabla 2).
- Aforos peatonales, ciclistas y vehiculares (Figura 10 y Tabla 3).
- Trayectorias peatonales y ciclistas (Figura 11).
- Observaciones generales sobre peatones y su comportamiento en cuanto al uso de la infraestructura (Figuras 12, 13 y 14).
- Observaciones generales sobre ciclistas y su comportamiento en cuanto al uso de la infraestructura (Figura 15).
- Observaciones sobre la interacción entre conductores y peatones (Figuras 16 y 17).



A partir de esta información, se analizan los siguientes aspectos puntuales:

Sobre el diseño y ubicación de los pasos peatonales de acera continua

Tal como se mencionó al inicio del informe, es a través de un estudio integral de movilidad que se determinan los lugares apropiados para implementar pasos peatonales, que respondan a los sitios de mayor cruce peatonal, es decir, a las líneas de deseo. Esto además está estrechamente ligado al uso del suelo, es decir, a los diferentes generadores y atractores de viaje en la zona y, a la organización e infraestructura de transporte público.

En el proyecto de la intersección de las Garantías Sociales se desconocen los criterios que se utilizaron para la ubicación de estos pasos peatonales, ante la ausencia de un estudio de movilidad que nos pudieran facilitar. Sin embargo, para efectos de análisis comparativo, se retoman las distancias de cada uno de estos pasos peatonales de acera continua con respecto a la circunferencia externa de la rotonda (Figura 18).



Figura 18. Distancias de los pasos peatonales de acera continua con respecto a la circunferencia externa de la rotonda.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

En la Figura 4 se había explicado que la distancia recomendada por NCHRP (2010) es de 6 m, equivalente al espacio de un vehículo liviano promedio. Adicionalmente se brindan dos alternativas: las distancias de 13,5 m y 21,5 m, las cuales equivalen al espacio de 2 y 3



vehículos livianos promedio, respectivamente, considerando una separación entre ellos de 1,5 m.

Tal como se observa en la Figura 18, solo los pasos peatonales del acceso noreste de la rotonda estarían dentro de estos valores recomendados por la NCHRP (2010), los cuales se basan no solo en la seguridad para la persona que cruza, sino que también minimiza las distancias de cruce alrededor de una rotonda. Específicamente en el paso peatonal que está a 20 metros de la rotonda, se observa claramente, en la foto del recuadro, el espacio equivalente a 3 vehículos livianos. Otros pasos peatonales están en un rango entre 35 m y 54 m (equivalente a 5 y 8 vehículos livianos, respectivamente) y los más alejados llegan a distancias de 151 m y 158 m en el acceso este de la rotonda, donde se pueden almacenar aproximadamente entre 20 y 22 vehículos livianos.

Por lo tanto, para efectos comparativos de distancias recorridas y tiempos de caminata, se toma como recomendación la distancia de 6 m (NCHRP, 2010) de cada paso peatonal de acera continua con respecto a la circunferencia externa de la rotonda, lo cual se muestra en la Figura 19 como caso hipotético de estudio.



Figura 19. Comparación de ubicación de pasos peatonales de acera continua en la actualidad con respecto a la recomendación de 6 metros con respecto a la circunferencia externa de la rotonda.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.



Tal como se observa en la Figura 19, el recorrido actual tiene una longitud de 934 m, lo cual a la velocidad promedio de caminata de la Tabla 1, de 76,8 m/min, tomaría aproximadamente 12,2 min. Con el caso hipotético de los pasos peatonales ubicados a 6 m de la rotonda, la longitud se reduciría a 362 m, bajo el mismo supuesto de velocidad de caminata de 76,8 m/min, el tiempo de caminata se reduciría a solo 4,7 min. Es decir, tanto la longitud como el tiempo de caminata tendrían una reducción del 61 % aproximadamente, con respecto a la infraestructura actualmente construida.

El circuito de infraestructura peatonal alrededor de la rotonda en el caso hipotético de la Figura 19 (en color azul y celeste), se apega a varias de las trayectorias que actualmente realizan algunos peatones, quienes buscan reducir sus tiempos de caminata, por lo que buscan rutas más directas. En la Figura 20 retomamos dichas trayectorias y se muestra la fotografía a la derecha de algunas personas que incluso se brincan la barrera de concreto, con tal de movilizarse por una ruta más directa.

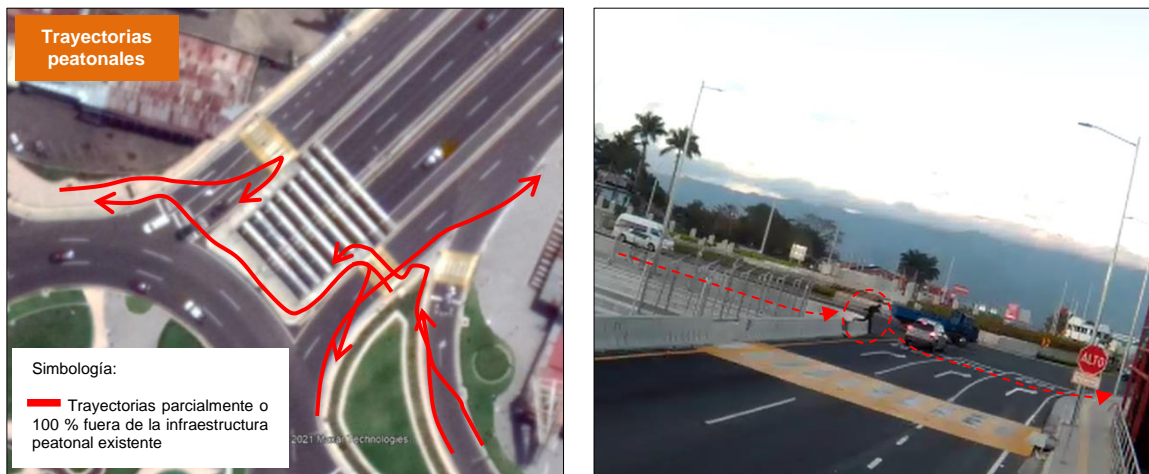


Figura 20. Trayectorias peatonales en acceso noreste de la intersección que están parcialmente o totalmente fuera de la infraestructura peatonal existente.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021 (imagen izquierda).

Es importante aclarar que la infraestructura peatonal no necesariamente va a poder satisfacer las necesidades de movilidad de todas las personas, por lo que siempre habrá un porcentaje de trayectorias fuera de la infraestructura; sin embargo, una infraestructura peatonal diseñada con base en estudios integrales de movilidad busca minimizar las probabilidades de que eso ocurra.



Siguiendo con el análisis del caso hipotético y considerando las distancias y tiempos promedio de caminata que muestran los estudios internacionales con respecto a lo que la mayoría de las personas estarían dispuestas a caminar (resumido en la Tabla 1), se retoma que la distancia promedio es de 1077 m y el tiempo promedio es de 13 min. Para comprender más el efecto que tiene la ubicación de la infraestructura peatonal en un posible trayecto a pie, se propone el caso de la Figura 21.



Figura 21. Comparación de un recorrido peatonal de un punto A a un punto B utilizando la infraestructura actual con respecto a otro diseño hipotético con los pasos peatonales a 6 m de la rotonda y una readecuación del diseño de las islas y aceras de conectividad.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

En este ejemplo, la persona sale del punto A y se dirige hacia el local comercial del punto B; lo cual es un recorrido corto en comparación con otros atractores o generadores de viajes en esta zona. Considerando la infraestructura actual, la caminata es de aproximadamente 531 m. En el caso hipotético de los pasos peatonales a 6 m de la rotonda con una adecuación de las aceras y de las islas para que brinden una mejor continuidad a las trayectorias, el recorrido sería de aproximadamente 284 m; o sea, una reducción del 47 %.



Las trayectorias peatonales que se retomaron en la Figura 20 evidencian que toda la infraestructura peatonal debe responder a las necesidades de movilidad; es decir, no solo la ubicación de los pasos peatonales, sino el mismo diseño de las aceras y de las islas, las cuales deben de posibilitar recorridos más directos, considerando las rutas más naturales para los peatones, unido a un diseño urbanístico y paisajístico atractivo.

Por lo tanto, en el caso de que un estudio de movilidad hubiese confirmado que 6 m hubiese sido la distancia ideal de los pasos peatonales con respecto a la rotonda (para esta rotonda en particular), es muy posible que se hubiesen requerido otros pasos peatonales en diversos puntos de los diferentes accesos a la rotonda, tal como se de manera ilustrativa en la Figura 22 como posibles puntos de estudio para la movilidad peatonal.

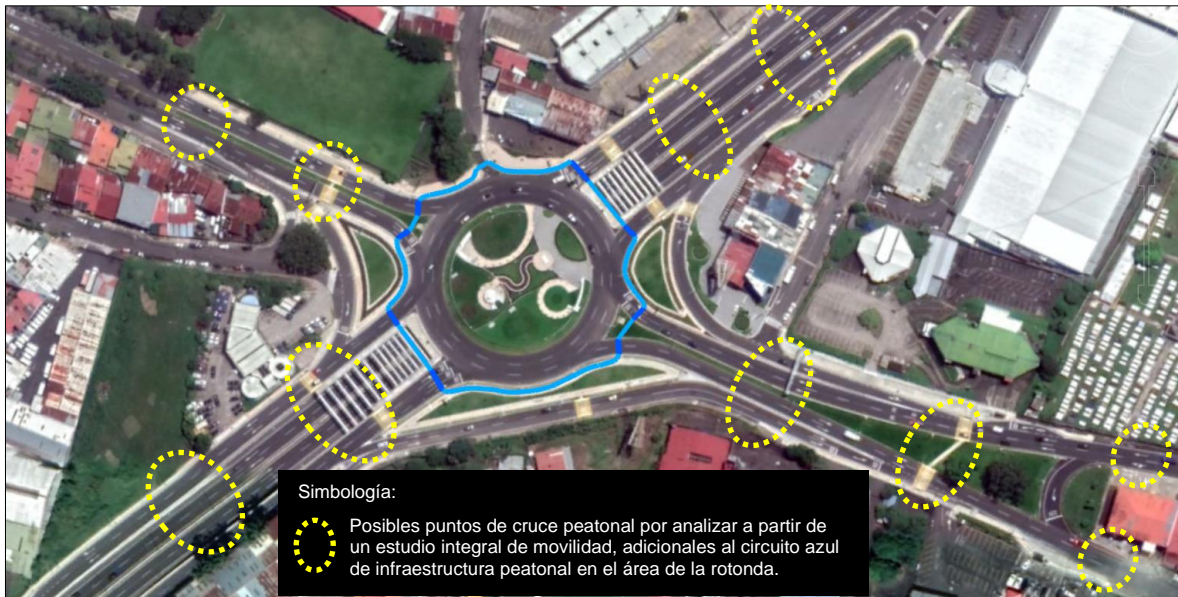


Figura 22. Posibles puntos de cruce peatonal que podrían donde se podrían justificar pasos peatonales adicionales al circuito de infraestructura peatonal en el área de la rotonda, a manera ilustrativa, los cuales se analizarían y definirían a partir del estudio integral de movilidad.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

Además, se resalta que más pasos peatonales en las rampas o vías de acceso y salida de la rotonda serían de alta importancia para gestionar mejor las velocidades de circulación del tráfico automotor, ya que como se había indicado anteriormente, las velocidades medidas en el acceso noreste hacia la rotonda revelaron una velocidad de operación de 70 km/h, la cual no es congruente con un ambiente más pacificado dada la interacción con otras personas usuarias de la vía.



Sobre la pacificación vial de la rotonda y sus vías secundarias y rampas

Tal como se indicó en el apartado anterior, es sobre la Ruta Nacional 215 y sobre las rampas de acceso y salida de la rotonda sobre la Ruta Nacional 39 que surgen las necesidades de movilidad de las personas a pie y en bicicleta en este sector; por lo tanto, estas son las vías que abarcaría el estudio de movilidad con el fin de diseñar y proveer la infraestructura peatonal y ciclista más adecuada. La Figura 23 nos muestra el área que idealmente debe de estar pacificada, en contraposición con el paso inferior de la Ruta Nacional 39 el cual moviliza un denso tráfico vehicular a mayores velocidades; lo cual justificó en primera instancia la construcción del paso a desnivel.



Figura 23. Área con necesidad de pacificación vial en contraposición con la Ruta Nacional 39 que moviliza exclusivamente tráfico vehicular automotor a mayores velocidades.

Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021.

Retomando las velocidades de operación a partir de datos recabados para este informe (documentados en la Figura 9 y Tabla 2), estas son inconsistentes con una zona que debería tender a la pacificación vial. Por ejemplo, las velocidades de operación del tráfico automotor en tres de las cuatro salidas principales de la rotonda oscilaron entre 40 y 43 km/h; no obstante, la velocidad ideal en una rotonda debería de ser de 30 km/h, sobre todo en zona urbana donde hay flujos peatonales y ciclistas que incluso comparten el mismo espacio vial.



Uno de los puntos clave para la gestión de velocidades dentro de la rotonda es su diseño geométrico. Entre más amplios sean los radios de diseño de la rotonda, los conductores tendrán una menor necesidad de reducir la velocidad una vez que ingresan. Por lo tanto, un diseño de rotonda con radios más reducidos (sin afectar su funcionalidad con respecto a los vehículos de diseño) propicia menores velocidades de circulación a lo interno de la rotonda y, por ende, menores velocidades de circulación en las salidas de la rotonda, donde de forma inmediata se encontrarán los conductores con los pasos peatonales.

Por otra parte, la velocidad de operación calculada para la rampa noreste de ingreso a la rotonda (ver Figura 9 y Tabla 2) fue de 70 km/h, en el tramo antes de llegar al paso peatonal de acera continua. Esta velocidad aumenta el riesgo de que un conductor no logre frenar a tiempo ante una persona cruzando o dispuesta a cruzar por el paso peatonal, o bien, que no logre ni siquiera visualizar a la persona. Esta velocidad es más del doble de la velocidad deseada en la aproximación a una rotonda.

Por lo tanto, volviendo a lo comentado en el apartado anterior, es posible que un estudio integral de movilidad hubiese justificado el diseño de más pasos peatonales de acera continua en diversos sectores de los cuatro accesos principales a la rotonda, lo cual no solo brindaría mayores opciones y redundancia para la infraestructura peatonal, sino que, además, ayudarían significativamente a pacificar el tráfico vehicular en un tramo de aproximación a la rotonda de al menos unos 100 m o 150 m; esto en cada uno de los cuatro accesos principales.

Sobre la movilidad ciclista

En cuanto a la movilidad ciclista, el diseño de la nueva intersección no consideró infraestructura segregada para estos usuarios, ni tampoco demarcó posibles espacios compartidos entre bicicletas y vehículos automotores. Retomando en la Figura 24 las trayectorias ciclistas, se evidencia que hay ciclistas que prefieren utilizar la infraestructura peatonal para cruzar la intersección, sea porque coincide más con su ruta (generalmente la más directa), o bien, porque la persona se siente más segura, a diferencia de compartir la vía con los vehículos automotores propiamente en la rotonda. La Figura 24, además, muestra una trayectoria contravía, la cual se identificó en tempranas horas de la mañana, cuando el tránsito vehicular por el acceso noreste a la rotonda era aún bajo. A pesar de no ser una trayectoria frecuente, esto refuerza el hecho de que no se diseñó infraestructura ciclista para este proyecto vial.

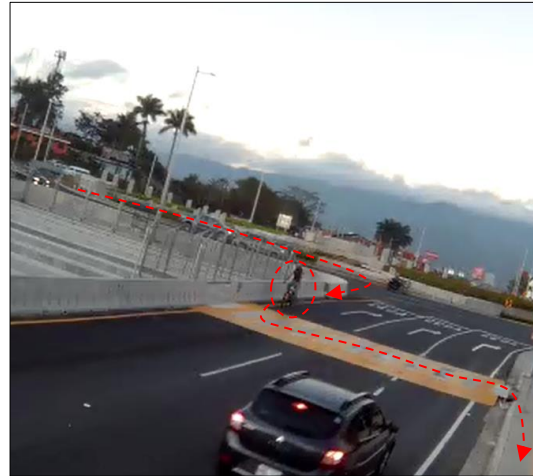


Figura 24. Diversidad de trayectorias ciclistas cercanas al acceso noreste de la intersección.
 Nota: Generado a partir de imagen de Google Earth, 2021 (imagen izquierda).

Como se observa en la Figura 25, otros ciclistas (quizás más experimentados) deciden compartir la vía y realizar las mismas trayectorias de los vehículos automotores, a pesar de que no hay ningún tipo de demarcación ni señalización que fomenten el uso compartido de la infraestructura vehicular.



Figura 25. Ciclista compartiendo la vía con los vehículos automotores dentro de la rotonda.



Otro aspecto que se observa en la fotografía, que notoriamente se evidencia en campo, es que el tercer carril de la rotonda (carril externo) permanece continuamente muy subutilizado. Esto se evidencia en la Figura 26, donde se observa que el vehículo está detenido a mitad del carril externo haciendo la maniobra de ceda.

Analizando la configuración de carriles de la rotonda, se verifica que las cuatro salidas principales de la rotonda cuentan con dos carriles; sin embargo, en el caso de las cuatro entradas principales, dos tienen dos carriles (sobre la Ruta Nacional 215) y las otras dos tienen tres carriles (sobre la Ruta Nacional 39, viniendo desde Paso Ancho y desde San Pedro). Si estas dos entradas se hubieran dejado también a dos carriles, se hubiera vuelto innecesario el tercer carril dentro de la rotonda; esto posiblemente sin alterar significativamente ni los niveles de servicio de la rotonda ni ninguno de los demás parámetros funcionales.



Figura 26. Intrusión de vehículo hasta la mitad del carril externo de la rotonda para realizar maniobra de ceda.

Todo lo anterior lleva a pensar que había disponibilidad suficiente de espacio para considerar a la persona ciclista dentro del diseño de la intersección, ya sea de forma segregada o integrada, analizando la opción más apropiada y segura para estos usuarios, lo cual a su vez dependería de la cantidad de flujo vehicular y de las velocidades, entre otros factores a considerar y analizar como parte del estudio de movilidad.



4. DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES

Con este análisis de la nueva intersección de las Garantías Sociales, realizado a manera de estudio de caso, se analizaron aspectos puntuales entorno a la movilidad peatonal y ciclista, tanto a partir de observaciones de campo, incluyendo las trayectorias de las personas e interacciones entre los diferentes usuarios viales, así como, a partir de un muestreo de datos recopilados, incluyendo distancias de caminata, velocidades de circulación del tráfico automotor y, aforos de peatones, ciclistas y tráfico automotor. Con toda la información de campo en conjunto con las evidencias que proporciona la literatura internacional, sobre todo en el tema de movilidad e intersecciones tipo rotonda, se analizaron detalles claves de la movilidad peatonal y ciclista dadas las condiciones actuales de la nueva infraestructura recién inaugurada.

En cuanto a la movilidad peatonal, la identificación de trayectorias peatonales y otras observaciones en campo permitió analizar la ubicación (distancia) actual de los pasos peatonales de acera continua con respecto a la rotonda, los cuales se destaca que entre más alejados estén de la rotonda, mayor probabilidad hay de que no sean utilizados por las personas, esto según se ha evidenciado en estudios y guías internacionales. Tal y como fue discutido, las personas a pie valoran significativamente sus tiempos y distancias de caminata, por lo que la infraestructura peatonal debe diseñarse con el mayor apego posible a las rutas naturales de las personas; es decir, a las líneas de deseo peatonal. Las distancias de los pasos peatonales recomendados por la literatura internacional permitieron comparar un escenario hipotético en relación con el escenario actual, donde se evidenció una disminución significativa de las distancias y tiempos de caminata para el primer escenario, esto a partir de posibles recorridos peatonales.

Asimismo, se discutió el hecho de que a través de un análisis integral de movilidad la Administración pudo haber identificado muchas otras necesidades de cruce peatonal a lo largo de los cuatro accesos principales a la rotonda; lo cual, a su vez, hubiese tenido un mayor impacto en la reducción de velocidades en los ingresos y salidas de la rotonda. Con ello se generaría una solución más integral a la movilidad peatonal, en un ambiente vial más pacificado. La velocidad de operación en el ingreso noreste a la rotonda fue de 70 km/h, según las mediciones efectuadas en campo, lo cual confirma las altas velocidades que se pueden presentar en los accesos a la rotonda, donde se comparte la vía con otros usuarios viales vulnerables. Esto aumenta la fricción y exposición al riesgo en la interacción vehículo automotor – peatón y, por ende, la probabilidad de ocurrencia de siniestros viales.

En relación con la movilidad ciclista, es claro que la nueva intersección de las Garantías Sociales no dio respuesta a estos usuarios vulnerables. Tal como se comentó en el análisis, el tercer carril (carril externo) de la rotonda se observa altamente subutilizado; espacio que

Informe LM-PI-USVT-001-2021	Mayo, 2021	Página 31 de 35
-----------------------------	------------	-----------------



pudo haberse utilizado para un diseño de rotonda con infraestructura ciclista segregada, a nivel de anillo externo a los carriles para vehículos automotores, con pasos ciclistas contiguos a los pasos peatonales en cada uno de los accesos.

Como un escenario alternativo por valorar en la etapa de diseños preliminares, también se pudo haber planteado un diseño de rotonda con radios de giro que redujeran más las velocidades de operación dentro de la rotonda. En la situación actual, se midieron velocidades de operación de aproximadamente 40 km/h dentro de la rotonda, por lo que un diseño con una geometría diferente podría reducir las velocidades de operación al menos a 30 km/h, la cual es una velocidad compatible con las personas ciclistas. De asegurarse bajas velocidades de operación (máximo 30 km/h) se vuelve viable un espacio compartido, siempre y cuando no se comprometa la seguridad de la persona ciclista dadas las múltiples maniobras que pueden darse a lo interno de la rotonda y en sus ingresos y salidas.

Bajo el escenario actual, las trayectorias ciclistas y demás observaciones de campo ejemplifican cómo las personas en bicicleta han tenido que optar por el uso de la infraestructura vehicular o el de la infraestructura peatonal, incluso una combinación de ambas, sopesando así su seguridad versus la ruta más corta o más directa; esto ante la ausencia de facilidades para ellas y ellos.

Por lo tanto, como conclusión general de este informe, se establece la necesidad de contar con estudios integrales de movilidad desde las etapas de factibilidad de los proyectos, donde se plantee un análisis detallado con un abordaje interdisciplinario sobre el desplazamiento y necesidades de movilidad de las personas por el espacio vial y, en general, por el espacio público en el área de influencia del proyecto.

A partir de estos estudios de movilidad como base, se generarían mejores propuestas de infraestructura desde los diseños preliminares, que respondan a las necesidades reales de todas las personas usuarias de la vía; sobre todo aquellas más vulnerables. De esta forma es que se logra operativizar la pirámide de movilidad segura y sostenible, en favor de los usuarios vulnerables y de los medios de movilidad activa. Esta forma de gestión permite el proceso de abandono del modelo carrocentrista obsoleto que ha imperado en nuestro país por décadas, pero siempre brindando soluciones a los problemas de congestión vial en la ciudad, logrando así un equilibrio, es decir, lo que actualmente conocemos como democratización del espacio público.



5. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones de este informe y de todo lo observado en los más recientes proyectos de nueva obra vial que ha venido desarrollando el Ministerio de Obras Públicas, se recomienda a la Administración incluir dentro de los estudios de factibilidad de los proyectos viales, estudios integrales de movilidad que brinden insumos para la viabilidad de los proyectos para todas las personas usuarias de la vía y para las comunidades en el área de influencia del proyecto, de tal manera que, se realicen diseños preliminares y diseños finales adecuados, donde se conceptualice de forma oportuna una infraestructura vial y un espacio público congruente con las necesidades de movilidad de las personas, potenciando el uso del espacio pública de forma segura.

Dada la vulnerabilidad física de las personas, los estudios preliminares deben enfatizar en la movilidad de peatones y ciclistas, en su condición de usuarios vulnerables, y en la necesidad de priorizar las intervenciones en favor de la movilidad activa; es decir, bajo un enfoque de movilidad segura y sostenible. Especial atención deberá también prestarse a los motociclistas, los cuales forman parte de los vehículos motorizados; sin embargo, son actualmente en Costa Rica el usuario vial más vulnerable, lo cual fácilmente se comprueba con los altos índices de siniestralidad, encabezando las listas de fallecidos y heridos graves.

De forma más puntual, se recomienda que los estudios integrales de movilidad consideren como mínimo los siguientes aspectos bajo la filosofía de diseño sensible al contexto:

- Definir una metodología y un proceso de recopilación de información, que permita establecer el inventario de la infraestructura peatonal y ciclista existente, aforos y encuestas de movilidad para estos usuarios, trayectorias y patrones de movilidad, análisis de usos del suelo para identificar los principales atractores y generadores de viajes, análisis de movilidad asociados al transporte público, análisis de percepción y otros estudios cualitativos; todo ello bajo la coordinación de un equipo interdisciplinario al menos conformado por un profesional experto en seguridad vial y movilidad, un profesional del área social y un profesional del área ambiental, según la naturaleza propia del proyecto y el objetivo que busca.
- Desarrollar con las comunidades una estrategia de trabajo inicial para lograr un mayor beneficio social, a partir de un proyecto con enfoque de movilidad segura, inclusiva y sostenible; por lo que se deben incorporar a los diferentes actores en el proceso de gestión del proyecto, desde su etapa de anteproyecto hasta la entrada en operación.
- Tomar como base el estudio integral de movilidad que se está recomendando para la conceptualización y diseño de las facilidades peatonales y ciclistas del proyecto, incluyendo su articulación con el transporte público, que considere las necesidades de movilidad de las personas, tanto los usuarios de la vía como de los vecinos de las comunidades dentro del área de influencia del proyecto.

Informe LM-PI-USVT-001-2021	Mayo, 2021	Página 33 de 35
-----------------------------	------------	-----------------



6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Araya, E. T. (2015). *Guía de diseño de facilidades peatonales con un caso de estudio en el distrito de San Pedro de Montes de Oca* (Trabajo Final de Graduación). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

CROW. (2011). *Manual de diseño para el tráfico de bicicletas*. Recuperado de: <http://distrítopaseomundial.com/Proyecto/Archivos/Manual%20de%20Diseno%20Tráfico%20de%20Bicicletas.pdf>

Departamento de Transporte de Pennsylvania. (2012). *Pennsylvania's Traffic Calming Handbook*. Pennsylvania.

European Transport Safety Council. (2019). *Safer roads, safer cities: how to improve urban road safety in the UE*. Celtes, Bruselas.

Fernández, A. G. (2017). *Análisis de la movilidad peatonal y caracterización de peatones en el centro de Guadalupe de Goicoechea como caso de estudio y aplicación* (Trabajo Final de Graduación). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Recuperado de: <https://issuu.com/maiesbian/docs/344953224-ciudades-para-la-gente-ja>

ITDP. (2018). Peatones primero. Recuperado de: https://go.itdp.org/display/public/ITDP+Resources+on+Child-friendly+Transport+and+Planning?preview=/93094025/93094107/TOD_printable.pdf

LanammeUCR. (2018). *Análisis de movilidad del acceso de la Facultad de Ciencias Sociales en la Finca 2 de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

LanammeUCR. (2019). *Manual de seguridad vial y movilidad segura*. Manuscrito en preparación. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Magaña, J. (2014). *Determinación de patrones típicos de distribución temporal de tránsito en Costa Rica* (Trabajo Final de Graduación). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Muñoz, M. (2016). *Metodología para establecer las variables que influyen en la selección de los cruces peatonales en Bogotá, caso de estudio localidad de Engativá* (Trabajo Final de Graduación, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: <https://xdocs.cz/doc/metodologia-para-ubicacion-de-cruces-peatonales-vod4056de9o6>

National Association of City Transportation Officials. (2016). *Guía Global de Diseño de calles*. Recuperado de: <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide-es/>

NCHRP. (2010). *Roundabouts: An Informational Guide*. Recuperado de: <https://nacto.org/docs/usdg/nchrprpt672.pdf>