
ESTUDIO APLICACION GUIA AASHTO 2000 PARA EL DISEÑO DE ROTONDAS EN CHILE

Guillermo Thenoux Z.

Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, cod. 22, Chile
Tel: (56-2)-6864245, Fax: (56-2)-6864806
e-mail: gthenoux@ing.puc.cl

Rodrigo Villasante L.

Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, cod. 22, Chile
Tel: (56-2)-6864245, Fax: (56-2)-6864806
e-mail: rodrigovillasante@hotmail.com

RESUMEN

El trabajo presenta un estudio de la aplicación del nuevo manual de diseño de rotondas de la AASHTO 2002 “Rotondas: Una Guía Informativa”. Esta nueva guía es un compendio de la experiencia de varios países Europeos y Norte América. La guía cubre la totalidad de los aspectos de diseño de rotondas e introduce nuevos criterios y recomendaciones muchos de los cuales no se detallan en los manuales Chilenos. El objetivo del trabajo es comprobar que mediante el uso adecuado del manual, se puede optimizar significativamente el actual diseño de rotondas en Chile y mejorar su operación. El estudio se realiza en rotondas existentes de la ciudad de Santiago. Para evaluar y comparar los diseños existentes respecto a diseños virtuales realizados en Autocad, se utilizó el software aaSIDRA-2 que permitió evaluar el comportamiento de varios parámetros operacionales y ambientales pre y post rediseño de las rotondas de acuerdo a la guía AASHTO 2002. El estudio enfatiza la necesidad de adoptar cambios en las actuales normas de diseño geométrico de rotondas en Chile y no pretende modelar las rotondas que se estudiaron.

1. INTRODUCCION

A nivel internacional, la utilización de rotondas con diseños modernos ha permitido lograr grandes avances en la eficiencia del sistema de transporte urbano en términos del aumento de seguridad, capacidad, disminución de las demoras y la contaminación. El diseño geométrico de éstas se basa en la consistencia de velocidades dentro de la rotonda, lo cual se logra por medio de la utilización de adecuados diámetros del círculo inscrito, de radios de entrada y salida, de anchos de accesos y número de vías de circulación.

En Chile, la experiencia que se ha tenido en el uso rotondas no ha sido siempre una buena solución para los problemas de tráfico. Esto se debe a que no se utilizan estándares básicos de diseño que no permitan homogeneizar y aplicar correctamente los diseños de este tipo de soluciones viales. Esto último, junto con dificultar aun más la vía de acción para la correcta aplicabilidad de las rotondas, ha producido un problema adicional relacionado a la educación implícita que se le ha dado a los usuarios en el uso de estas. Los usuarios no son capaces de enfrentarlas de forma confiada una rotonda Chilena, debido a la gran heterogeneidad de soluciones entre una y otra, lo cual junto con diseños erráticos son las principales causas de los problemas de funcionalidad, congestión y seguridad existentes. En el año 2000, la Federal Highway Administration publicó una guía de diseño de rotondas en cuya confección participaron importantes diseñadores de Europa, Australia y Estados Unidos (**Roundabouts: An Informational Guide**, FHWA-RD-00-067.) En esta guía se resumen los conceptos más modernos de diseño y es considerada internacionalmente como un compendio completo de diseño de rotondas. Está guía fue traducida por los autores y luego aplicada en diversos diseños nacionales lo que ha permitido extraer conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento del diseño geométrico de las rotondas en Chile.

El propósito de este trabajo es dar a conocer los puntos más importantes del nuevo manual de la FHWA “Rotondas: Una Guía Informativa”, con el fin de promover su uso como guía de diseño de rotondas para nuestro país. El objetivo es comprobar que mediante el uso adecuado del manual, se pueden producirse resultados óptimos de diseño de rotondas modernas que solucionen de manera eficiente el problema para el que han sido diseñadas.

2. ALCANCES GENERALES DE LA GUIA AASHTO

La guía considera para el diseño geométrico de rotondas, un importante número de aspectos entre los cuales se destacan los siguientes:

- Consideraciones multimodales: peatones, ciclistas, vehículos grandes, buses, vehículos de emergencia y cruce de rieles
- Consideraciones de flujo: demora y almacenamiento de colas, demora de los movimientos principales, progresión de semáforos
- Educación de los usuarios de rotondas. Recomendaciones de diseño para la seguridad
- Requerimientos espaciales
- Diseño de la señalización vertical y horizontal e iluminación
- Consideraciones de la señalética urbana, consideraciones de la señalética rural y suburbana
- Factores ambientales y estética

- Consideraciones legales
- Planificación y control de tráfico para la construcción
- Evaluación económica
- Costos de construcción operación y manutención

La guía describe además, las operaciones de tráfico en las rotondas, donde se analiza el comportamiento del conductor y los elementos geométricos y define el concepto de capacidad de una rotonda. Se listan los datos requeridos para evaluar el desempeño de una rotonda. Se presenta un método para estimar la capacidad de cinco de las seis configuraciones básicas de las rotondas que la guía identifica. Se describen las medidas de efectividad usadas para determinar el desempeño de una rotonda y un método para estimar estas medidas dentro de las que se encuentran el grado de saturación, la demora y el largo de cola.

Con relación al diseño geométrico propiamente tal, se describen los principios de diseño fundamentales dentro de todas las categorías de rotondas. Ellos son las velocidades a través de la rotonda (que incluye los perfiles de velocidad, la velocidad de diseño, la trayectoria de los vehículos y la consistencia de velocidades), el vehículo de diseño, los usuarios no motorizados de diseño y la alineación de los accesos en las entradas. Se presentan parámetros específicos y guías para el diseño de cada elemento geométrico de una rotonda. Estos elementos son: diámetro del círculo inscrito, ancho de entrada, ancho de la vía de circulación, isla central, curvas de entrada, curvas de salida, localización y tratamiento de cruces peatonales, islas separadoras, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de intersección, consideraciones verticales, provisiones para bicicletas, tratamientos de veredas, consideraciones de estacionamiento y localización de paraderos de buses, y carriles de bypass para virajes a la derecha (Figura 1 y 2). Se detallan elementos especiales para las rotondas de dos carriles, rotondas rurales y mini rotondas. Para las primeras se analiza la trayectoria vehicular natural, el problema del traslapeo de trayectorias y métodos de diseño para evitar el problema anterior. En las rotondas rurales se analizan la visibilidad, las soleras, las islas separadoras y las curvas de acceso.

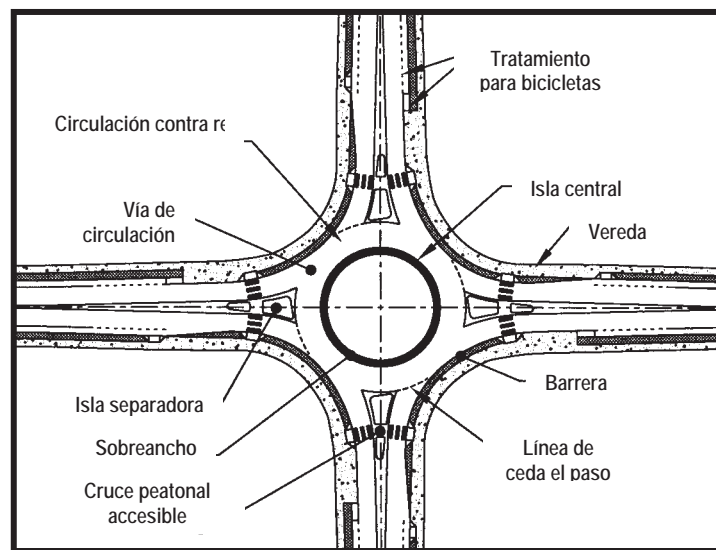


Figura 1: Características Clave de una Rotonda

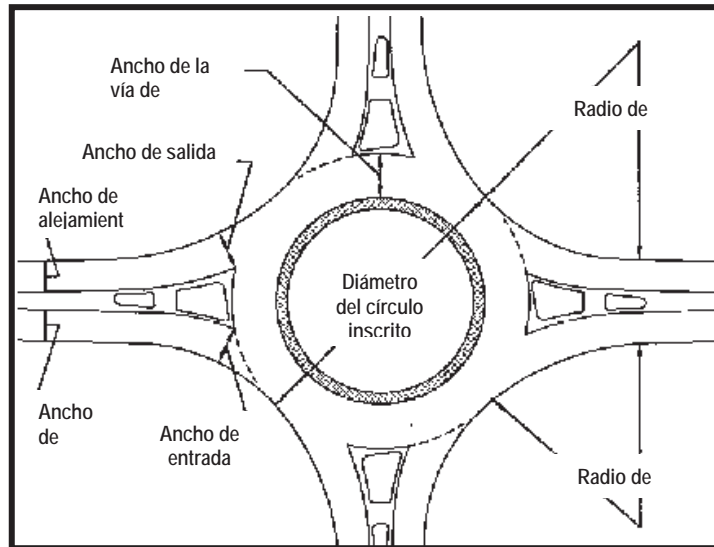


Figura 2: Dimensiones Clave de una Rotonda

3. ESTUDIO APLICACION DE LA GUIA PARA EL CASO CHILENO

Como primera parte de la metodología de estudio se realizó una evaluación del diseño y funcionamiento de rotondas en el área metropolitana, tomando como base las recomendaciones de la guía. La evaluación incluye un levantamiento del diseño, filmaciones y análisis de conflictos. De la evaluación y comparación con recomendaciones de la guía, se obtuvo un listado de los principales problemas que afectan la funcionalidad y seguridad de las rotondas estudiadas. Las rotondas estudiadas fueron: Irene Frei, Bilbao/Tomás Moro y Rodrigo de Araya todas estas ubicadas en la ciudad de Santiago.

La Tabla 1, presenta un resumen general de los principales problemas de diseño observados. La Tabla 2, presenta los principales problemas asociados a la problemática que enfrentan los usuarios, producto de no conocer el correcto funcionamiento de una rotonda y a su vez producto de que las autoridades administrativas también desconocen los alcances relacionados al correcto uso de una rotonda. En ambas tablas se indica la gravedad relativa de cada problema desde el punto de vista de la operación y de la seguridad. En donde los problemas operacionales considerados se relacionan con la capacidad y funcionalidad, y los problemas de seguridad se relacionan con la seguridad de todos los usuarios de la intersección (peatones, ciclistas, vehículos que circulan dentro de la rotonda y vehículos que entran y salen de ella). La categoría de gravedad relativa utilizada es la siguiente, tanto para el caso de la operación como de la seguridad: (A): Muy grave, (B): Grave, (C): Menos grave

Eventualmente se emplean categorías combinadas (A-B) o (B-C) en aquellos casos en que la gravedad del problema depende de la categoría de la rotonda u otros de los factores.

Como segunda parte de la metodología se realizó una comparación de la rotonda con su diseño actual versus el diseño recomendado de acuerdo a la guía. En este caso se realizó un

levantamiento del área y se proyectó (en Autocad) una nueva rotonda de acuerdo a las recomendaciones de la guía. Se comparó la capacidad y desempeño relativo entre ambos diseños utilizando el programa aaSIDRA-2 (Akcelik & Associates Pty Ltd., **aaSIDRA User Guide**)

El objetivo de la comparación es poder cuantificar en forma relativa algunos beneficios inmediatos que se obtendrían si se implementan las recomendaciones de diseño geométrico de la guía.

Para poder evaluar las situaciones actuales y las soluciones propuestas, se modelaron ambas situaciones para luego poder compararlas en cuanto a su funcionamiento y desempeño. La modelación se realizó con el uso del programa computacional aaSIDRA 2. Este programa es capaz de modelar intersecciones semaforizadas, rotondas, control con signo pare en dos sentidos, control con signo pare en todos los sentidos y control con señal de ceda el paso. Los resultados que se pueden obtener de él son estimaciones de varias características de capacidad y desempeño. Las características de capacidad y desempeño operacional que se comparan son las siguientes:

- Costo total (\$/año)
- Consumo de combustible (litros/año)
- Emisión de CO₂, HC (Hidrocarburos), CO, NO_x (k/año)
- Capacidad vehicular (veh/año)
- Demora de vehículos (veh-h/año)
- Demora de peatones (ped-h/año)
- Demora a personas hora (pers-h/año)
- Detenciones de vehículos (veh/año)
- Detenciones de peatones (ped/año)
- Detenciones de persona (pers/año)

El programa aaSidra-2, funciona basado en la aceptación de espacios para poder calcular y modelar los flujos en los accesos y que sortean la intersección. Para la modelación, el programa requiere de varios parámetros de entrada. A continuación se listan los más importantes.

- Parámetros Básicos: período de flujo total, período de flujo punta, factor de flujo punta, opción de vehículos pesados, penalización por vehículos detenidos.
- Intersección: número de carriles de acceso, porcentaje de vehículos pesados, ancho de pista, flujo de saturación básico, grado de saturación práctico, largo de acceso, velocidad.
- Rotonda: diámetro de la isla central, ancho de la vía de circulación, número de carriles de circulación.
- Accesos: número de pista de acceso, número de carriles de salida, ancho de carril, largo de acceso.
- Carriles: tipo de pista, tipo de movimiento.
- Volúmenes: volúmenes de cada movimiento en cada acceso
- Virajes Opuestos: espacio crítico, tiempo entre vehículos, mínimo número de ingresos/pista/minuto

Los datos de entrada al programa aaSidra-2 se obtuvieron de forma diferente para el diseño existente y el diseño mejorado. Para el diseño existente los datos se tomaron directamente de las rotondas en estudio. Para el diseño mejorado, se realizaron estimaciones basado en el

funcionamiento de rotondas Chilenas que no presentaban defectos importantes en sus diseños. En algunos casos algunas de las rotondas estudiadas tenían diseños parcialmente correctos en algunos de sus segmentos lo que permitió hacer una mejor estimación de los datos de entrada al programa. Todas las mediciones se realizaron utilizando videos y a su vez experimentando directamente desde un automóvil. Aunque los datos no fueron calibrados, estos se consideraron apropiados para un estudio comparativo.

Dado que para las rotondas existentes, el programa asume que el diseño geométrico es óptimo, entonces para poder comparar el diseño original con el diseño mejorado de una rotonda, se modifica el parámetro del espacio crítico, que es el espacio (medido en segundos) que necesita un vehículo, que espera en la línea de ceda el paso, para poder ingresar a la vía de circulación. Para esto se realizaron mediciones en terreno y se obtuvo una aproximación de este valor, que se fijó en 4 s. Por su parte, las rotondas propuestas se asumen con un valor del espacio crítico de 2,2 s.

Para los cálculos de los costos operacionales asociados a las rotondas, los datos más importantes que necesita el programa son el precio de la gasolina y el valor del tiempo de las personas. El valor de la gasolina se asume de \$400/l. El valor social de la hora utilizado es de \$746, según datos entregados por MIDEPLAN, al 13 de agosto de 2002.

Las Tablas 3, 4 y 5 muestran los resultados obtenidos del estudio de comparación. Los flujos utilizados para realizar las comparaciones se determinaron a partir de la capacidad máxima de la vía que accede la rotonda. De esta manera se simula el funcionamiento de la rotonda en hora punta considerando además la distribución de entrada y salida de vehículos para la hora punta analizada.

4. CONCLUSIONES

En Chile las rotondas son heterogéneas tanto en sus dimensiones, señalización y diseño geométrico. Las rotondas chilenas tienen los más diversos tamaños, generalmente más grandes de lo que debieran ser, porque fueron construidas cuando el derecho de vía lo tenían los vehículos que entraban a ellas. También hay rotondas más pequeñas construidas con el criterio actual, pero que fallan en el diseño de los accesos al no proveer buenos ángulos de entrada y salida ni islas separadoras ni cruces peatonales adecuados, etc.

La operación en las rotondas chilenas es deficiente a pesar que en estos últimos años en algunas de ellas se han introducido elementos de diseño que han tendido a mejorar aspectos puntuales de su operación. Se considera que la principal causa se relaciona con las directrices y normativas de diseño que se utilizan las cuales son incompletas y adolecen de fallas conceptuales de diseño. Como ejemplo de esto último, las maniobras que debe realizar un conductor para realizar un viraje a la derecha: para entrar a la rotonda debe virar a la derecha, inmediatamente debe girar las ruedas a la izquierda para seguir la geometría de la rotonda y por último volver a girar a la derecha para salir de la ella; 3 giros para un movimiento.

Del estudio se deduce que las rotondas chilenas no cumplen con varios de los criterios básicos de un diseño de rotondas. Si se diseñaran las rotondas siguiendo las recomendaciones del manual de la FHWA, o si se desarrollara una guía de diseño de rotondas para Chile basado en las directrices

de dicha guía, se obtendrían rotondas que tendrían las siguientes ventajas de acuerdo a las simulaciones realizadas en 3 rotondas del área metropolitana.

- Reducción de los costos de operación.
- Aumento de la capacidad.
- Disminución de las demoras.
- Mejora en el nivel de servicio.
- Reducción de las emisiones de contaminantes.
- Aumento de la seguridad, al reducir las velocidades de operación y entregar deflexiones adecuadas.

En Chile, la experiencia que se ha tenido en el uso rotondas no ha sido siempre una buena solución para los problemas de tráfico. Esto se debe a que no se utilizan estándares mínimos básicos de diseño que permitan homogeneizar y aplicar correctamente los diseños de este tipo de soluciones para intersecciones. Esto último, junto con dificultar aun más la vía de acción para la correcta aplicabilidad de las rotondas, ha producido un problema adicional relacionado a la educación implícita que se le ha dado a los usuarios en el uso de estas. Los usuarios no son capaces de enfrentarlas de forma confiada debido a la gran heterogeneidad de soluciones entre una y otra, lo cual junto con diseños erráticos son las principales causas de los problemas de funcionalidad, congestión y seguridad existentes. Un detalle más ampliado de la investigación realizada se resume en la tesis de grado de Magister del co-autor. (Villasante, R., **Estudio y Aplicación del Manual de Diseño – Rotondas: Una Guía Informativa**)

REFERENCIAS

Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation (2000) **Roundabouts: An Informational Guide**, FHWA-RD-00-067.

Akcelik & Associates Pty Ltd. (2002) **aaSIDRA User Guide**, Australia.

Villasante, R. (2002) **Estudio y Aplicación del Manual de Diseño – Rotondas: Una Guía Informativa**, Tesis de Magister, Escuela de Ingeniería.

Tabla 1
Resumen de los Principales Problemas de Diseño con Indicación de Gravedad Relativa
Tanto Operacional como de Seguridad y Comentarios.

Problema de Diseño	Gravedad del problema		Comentario
	Operación	Seguridad	
<i>Heterogeneidad de tamaños entre rotondas de categoría similar</i>	B-C	B-C	Los tamaños deben ser heterogéneos para cumplir con las expectativas de los conductores. Así, se reducen los tiempos de acción y reacción
<i>Heterogeneidad entre accesos a una misma rotonda</i>	B-C	B-C	Los accesos deben ser heterogéneos para cumplir con las expectativas de los conductores. Así, se reducen los tiempos de acción y reacción
<i>Diámetros del círculo inscrito muy grandes</i>	A	A-B	Diámetros grandes implican mayores velocidades dentro de la vía de circulación y por ende menor seguridad y mayor tiempo de espera en los accesos para poder ingresar a la rotonda, reduciendo la capacidad. Además los peatones deben caminar distancias más largas y se ven incentivados a cruzar a la isla central aumentando el riesgo de accidentes
<i>Islas separadoras muy grandes</i>	A-B	B-C	En algunas rotondas se observan islas separadoras grandes que implican diámetros del círculo inscrito grandes y todos los problemas mencionados arriba
<i>Falta de islas separadoras en todos los accesos</i>	A	A	Todos los accesos a una rotonda debieran estar provistos de islas separadoras. La isla separa el flujo entrante del saliente, entrega un refugio a los peatones que cruzan en dos etapas, entregan una deflexión adecuada para hacer más cómoda la entrada y salida de los vehículos
<i>Islas separadoras mal diseñadas</i>	A	A	Las islas separadoras deben entregar una correcta deflexión a los flujos entrante y saliente, deben tener un refugio peatonal suficientemente grande y a nivel de la calle para poder albergar coches, sillas de rueda y bicicletas
<i>Radios de entrada muy pequeños</i>	A	B	Radios de entrada muy pequeños dificultan la entrada de los vehículos. Los vehículos deben disminuir demasiado su velocidad para poder entrar a la vía de circulación, se produce un traslape de las trayectorias naturales de los vehículos (en rotondas de dos o más carriles), se aumentan los tiempos de aceptación de espacio en las entradas, disminuyendo la capacidad
<i>Radios de salida muy pequeños</i>	A	B	Radios de salida muy pequeños dificultan la salida de los vehículos. Se reducen las velocidades de salida con respecto a la de circulación lo que aumenta la probabilidad de accidentes de impacto de cola y disminuye la capacidad
<i>Falta de señalética vertical</i>	B	B	Todas las rotondas deben estar correctamente señalizadas para aumentar la seguridad y mejorar el funcionamiento de la rotonda. Deben proveerse señales de regulación, advertencia y direccionales
<i>Heterogeneidad en la señalética vertical entre distintas rotondas</i>	B-C	B-C	Todas las rotondas debieran tener el mismo tipo de señales verticales para que los conductores enfrenten de la misma manera este tipo de control
<i>Falta de señalética horizontal en los accesos</i>	B	B	Todas las rotondas deben poseer marcas adecuadas en el pavimento para mejorar la canalización y mejorar la operación de la misma
<i>Heterogeneidad en la señalética horizontal entre distintas rotondas</i>	B-C	B-C	Lo mismo que para la señalética vertical

Continuación Tabla 1
Resumen de los Principales Problemas de Diseño con Indicación de Gravedad Relativa
Tanto Operacional como de Seguridad y Comentarios.

Problema de Diseño	Gravedad del problema		Comentario
	Operación	Seguridad	
<i>Falta de cruces peatonales en los accesos</i>	B-C	A	Todos los accesos de una rotonda deben estar provistos de cruces peatonales
<i>Distancias incorrectas de los cruces peatonales existentes</i>	B	A	Los cruces peatonales deben ubicarse separados de la vía de circulación para que un vehículo que se aproxime, esté sólo pendiente de los peatones y luego de cruzar el paso peatonal esté sólo pendiente del flujo circulante, y a una distancia medida en largos de vehículo para evitar que alguno de ellos se detenga sobre el cruce peatonal.
<i>Falta de tratamientos para inválidos</i>	C	A	Deben proveerse tratamientos especiales para inválidos en todos los accesos, como rampas en los cruces peatonales y refugios a nivel de la calle en las islas separadoras
<i>Falta de tratamientos para ciclistas</i>	C	A	Ninguna rotonda observada tiene tratamientos para ciclistas, esto las hace peligrosas para este tipo de usuarios. Se deben construir rampas para que los ciclistas que deseen atravesar como peatones puedan subir a la vereda sin causar problemas a los vehículos. Las veredas deben ser más anchas para permitir el paso de peatones y ciclistas juntos o se debe construir un sendero exclusivo para los ciclistas
<i>Mal diseño de la curvatura de la rotonda entre accesos contiguos (convexa-cóncava-convexa)</i>	A	B	Entre dos accesos contiguos (por ejemplo para un viraje a la derecha) la curvatura exterior (derecha) debiera ser una sola (convexa mirando desde fuera de la rotonda). Esto disminuye la cantidad de maniobras de los conductores, aumentando la seguridad y el buen funcionamiento de la rotonda
<i>Mala ubicación de paraderos de buses en las entradas</i>	A	A	En rotondas de dos o más carriles los paraderos de buses deben estar lo suficientemente lejos del fin de la isla separadora de manera de evitar que un vehículo que sobrepase al bus se vea forzado a chocar contra la isla, y que luego de pasarlo, tenga suficiente distancia para ver el cruce peatonal. En rotondas de un carril el paradero puede estar justo antes del cruce peatonal
<i>Mala ubicación de paraderos de buses en las salidas</i>	A	A	Deben, idealmente, proveerse "pull-outs" para que no se hagan colas que lleguen dentro de la rotonda y deben ubicarse pasado el cruce peatonal para que los conductores puedan verlos cruzar
<i>En algunas rotondas no se verifica la distancia de visibilidad de acceso</i>	A	A	Debe proveerse de la distancia de visibilidad de parada en todos los accesos. Se recomienda el uso de paisajismo para mantener esta distancia al mínimo requerido. Una distancia mayor puede llevar a mayores velocidades, reduciendo la seguridad de todos los usuarios de la rotonda.
<i>En algunas rotondas no se verifica la distancia de visibilidad en la vía de circulación</i>	A	A	Debe proveerse de la distancia de visibilidad de parada en toda la vía de circulación. Se recomienda el uso de paisajismo para mantener esta distancia al mínimo requerido. Una distancia mayor puede llevar a mayores velocidades, reduciendo la seguridad de todos los usuarios de la rotonda.

Continuación Tabla 1
Resumen de los Principales Problemas de Diseño con Indicación de Gravedad Relativa
Tanto Operacional como de Seguridad y Comentarios.

Problema de Diseño	Gravedad del problema		Comentario
	Operación	Seguridad	
<i>En algunas rotondas no se verifica la distancia de visibilidad al cruce peatonal de la siguiente salida</i>	A	A	Debe proveerse de la distancia de visibilidad de parada en todas las entradas. Se recomienda el uso de paisajismo para mantener esta distancia al mínimo requerido. Una distancia mayor puede llevar a mayores velocidades, reduciendo la seguridad de todos los usuarios de la rotonda.
<i>En algunas rotondas no se verifica la distancia de visibilidad de intersección</i>	A	A	Debe proveerse de la distancia de visibilidad de intersección en todas las entradas. Se recomienda el uso de paisajismo para mantener esta distancia al mínimo requerido. Una distancia mayor puede llevar a mayores velocidades, reduciendo la seguridad de todos los usuarios de la rotonda.
<i>Falta de barreras vegetales en el borde de las veredas</i>	B-C	A-B	Las barreras vegetales separan el flujo vehicular del peatonal, incentivan a los peatones a cruzar por el cruce peatonal y sirven para limitar las distancias de visibilidad de parada.
<i>Iluminación</i>	B	A-B	Se recomienda que se ilumine de afuera hacia adentro de la rotonda para mejorar la visibilidad de la isla central y de los vehículos circulantes. Especial cuidado debe darse a la iluminación de los cruces peatonales y de las narices de las islas separadoras

Tabla 2
Resumen de los Principales Problemas Complementarios con Indicación de Gravedad Relativa
Tanto Operacional como de Seguridad y Comentarios.

Problema complementarios	Gravedad del problema		Comentario
	Operación	Seguridad	
<i>Ubicación de puestos de ventas tanto formales como informales</i>	A	A	No debe existir ningún tipo de puesto de venta, tanto en el exterior del círculo inscrito como en el interior de la isla central, que incentiven a detenerse a los vehículos que usen la rotonda.
<i>Uso de la isla central como área de recreación</i>	A-B	A	El ingreso a la isla central debe estar completamente prohibido. El ingreso de los peatones a esta área es muy peligroso.
<i>Elementos contundentes</i>	C	A-B	Debe evitarse colocar postes o árboles en las islas separadoras. Debe evitarse la colocación de rocas, árboles, postes o monumentos en la isla central que queden a una distancia insegura de la vía de circulación.
<i>Educación de los conductores</i>	A	A	Debe educarse a los conductores para que sepan utilizar este tipo de control de intersección. Cómo señalizar en la entrada, vía de circulación y salida. Quién tiene el derecho de vía en la entrada, vía de circulación y salida, etc.

Tabla 3
Comparación Rotonda Irene Frei, (A) Actual v/s (B) Mejorada

Opción	Descripción	Total por Año												
		Costo (\$/año)	Gasol. (L/año)	CO2 (kg/año)	HC (kg/año)	CO (kg/año)	NOX (kg/año)	Capacidad (veh/año)	Demoras veh. (veh-h/año)	Demoras peatones (pea-h/año)	Demoras personas (per-h/año)	Detencione s veh. (veh/año)	Detencione s peatones (pea/año)	Deteciones personas (per/año)
A	Opción 1	134.931.451	147.744	370.656	628	33.245	944	3.676.800	19.766	0	23.722	4.833.600	0	5.800.320
B	Opción 2	99.586.440	112.032	281.184	435	26.213	764	5.217.120	4.906	0	5.885	2.740.320	0	3.288.480
	Diferencia	-35.345.011	-35.712	-89.472	-192	-7.032	-180	-1.540.320	-14.861	0	-17.837	-2.093.280	0	-2.511.840
	Diferencia Porcentual	-26,2%	-24,2%	-24,1%	-30,7%	-21,2%	-19,0%	41,9%	-75,2%	0,0%	-75,2%	-43,3%	0,0%	-43,3%

Tabla 4
Comparación Rotonda Bilbao-Tomás Moro, (A) Actual v/s (B) Mejorada

		Total por Año												
Opción	Descripción	Costo	Gasol.	CO2	HC	CO	NOX	Capacidad	Demoras vehículos	Demoras peatones	Demoras personas	Detenciones vehículos	Detenciones peatones	Detenciones personas
		(\$/año)	(L/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(veh/año)	(veh-h/año)	(pea-h/año)	(pers-h/año)	(veh/año)	(pea/año)	(pers/año)
A	Opción 1	456.302.131	452.976	1.137.024	2.262	56.914	1.699	2.702.880	193.205	0	231.845	10.883.040	0	13.059.840
B	Opción 2	213.653.702	227.856	571.872	991	42.854	1.252	3.741.600	44.290	0	53.150	8.546.400	0	10.255.680
	Diferencia	-242.648.429	-225.120	-565.152	-1.271	-14.059	-446	1.038.720	-148.915	0	-178.694	-2.336.640	0	-2.804.160
	Diferencia Porcentual	-53,2%	-49,7%	-49,7%	-56,2%	-24,7%	-26,3%	38,4%	-77,1%	0,0%	-77,1%	-21,5%	0,0%	-21,5%

Tabla 5
Comparación Rotonda Rodrigo de Araya, (A) Actual v/s (B) Mejorada

		Total por Año												
Opción	Descripción	Costo	Gasol.	CO2	HC	CO	NOX	Capacidad	Demoras vehículos	Demoras peatones	Demoras personas	Detenciones vehículos	Detenciones peatones	Detenciones personas
		(\$/año)	(L/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(veh/año)	(veh-h/año)	(pea-h/año)	(pers-h/año)	(veh/año)	(pea/año)	(pers/año)
A	Opción 1	105.662.746	118.128	296.496	457	25.819	768	2.713.440	7.152	0	8.582	3.136.320	0	3.763.680
B	Opción 2	92.982.250	104.448	262.224	393	22.752	684	4.254.240	4.176	0	5.011	2.364.000	0	2.836.800
	Diferencia	-12.680.496	-13.680	-34.272	-64	-3.067	-84	1.540.800	-2.976	0	-3.571	-772.320	0	-926.880
	Diferencia Porcentual	-12,0%	-11,6%	-11,6%	-14,1%	-11,9%	-11,0%	56,8%	-41,6%	0,0%	-41,6%	-24,6%	0,0%	-24,6%