



Gobierno del Estado de Aguascalientes
Coordinación Estatal de Planeación y Proyectos

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso
a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y
Av. Salvador Quezada Limón, así como la
adecuación de laterales y carriles para movimientos
direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Aguascalientes, Ags. Febrero 2019



IAMSA

Ingeniería Aplicada Mexicana S.A. de C.V.

Ingeniería Aplicada Mexicana S.A. de C.V.

Tabachín # 351
Las Arboledas, CP 20020
Aguascalientes, Ags
(449) 9969196 movil 4491112469
www.iamproyectos.com

Índice

I.	Resumen ejecutivo.....	1
1.1	Objetivo del programa	1
1.2	Problemática identificada	1
1.3	Descripción del proyecto	2
1.4	Horizonte de evaluación.....	3
1.5	Descripción de los principales costos del proyecto	3
1.6	Descripción de los principales beneficios del proyecto	4
1.7	Riesgos asociados al proyecto	5
1.8	Indicadores de rentabilidad.....	5
1.9	Conclusiones.....	5
II.	Situación Actual del proyecto	6
2.1	Diagnóstico de la situación actual	6
2.2	Análisis de la oferta existente	7
2.3	Análisis de la demanda actual.....	10
2.4	Interacción de la oferta - demanda	14
III.	Situación sin el proyecto	16
3.1	Optimizaciones.....	16
3.2	Análisis de la oferta.....	17
3.3	Análisis de la demanda	18
3.4	Diagnóstico de la interacción Oferta – Demanda.....	19
3.5	Alternativas de solución	20
IV.	Situación con el proyecto	30
4.1	Descripción del proyecto	30
4.2	Alineación estratégica.....	34
4.3	Ubicación del proyecto	35
4.4	Calendario de actividades	37
4.5	Monto de inversión	39
4.6	Fuente de financiamiento	40



Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

4.7	Capacidad instalada.....	40
4.8	Metas anuales y totales de producción.....	43
4.9	Vida útil.....	44
4.10	Descripción de los aspectos más relevantes.....	44
4.11	Análisis de la oferta.....	45
4.12	Análisis de la demanda	46
4.13	Interacción Oferta – Demanda.....	47
V.	Evaluación del proyecto.....	49
5.1	Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto	49
5.2	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto	53
5.3	Cálculo de indicadores de rentabilidad.....	55
5.4	Análisis de sensibilidad	56
5.5	Análisis de riesgo	58
VI.	Conclusiones y recomendaciones	60
VII.	Anexos.....	61
VIII.	Bibliografía	62



Índice Tablas

Tabla 1. 1 Descripción de las principales características del proyecto	2
Tabla 1.2 Principales costos de ejecución del proyecto (pesos de 2019)	3
Tabla 1. 3 Indicadores de rentabilidad para el proyecto (pesos de 2019)	5
Tabla 2. 1 Datos de la sección en Av. Aguascalientes.....	7
Tabla 2.2 Datos de la sección en Av. Salvador Quezada Limón	8
Tabla 2.3 Datos de la oferta en situación actual.....	9
Tabla 2.4 Velocidad de operación por tipo de movimiento.....	9
Tabla 2.5 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en la zona de análisis	10
Tabla 2. 6 Tasa de crecimiento anual de vehículos	13
Tabla 2.7 Composición vehicular por movimiento	14
Tabla 2.8 Interacción de la oferta demanda en la situación actual	14
Tabla 2.9 Interacción de la oferta demanda en la situación actual	14
Tabla 2.10 Nivel de Servicio en la situación actual con congestión	15
Tabla 3. 1 Costo estimado de las optimizaciones (pesos 2019).....	16
Tabla 3. 2 Datos de la sección en Av. Aguascalientes Situación Sn Proyecto	17
Tabla 3. 3 Datos de la sección en Av. Salvador Quezada Limón	17
Tabla 3.4 Composición vehicular por movimiento en la situación optimizada	18
Tabla 3. 5 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto con congestión	18
Tabla 3. 6 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto	19
Tabla 3. 7 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto	20
Tabla 3.8 Costo de inversión de la alternativa 1 (pesos 2019)	20
Tabla 3. 9 Costos de mantenimiento de la Alternativa 1 (Sin IVA Pesos 2019).....	22
Tabla 3.10 Costo de inversión de la alternativa 2 (pesos 2017)	24
Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de la Alternativa 2 (Sin IVA Pesos 2018).....	26
Tabla 3.12 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 1 (pesos 2019)	27
Tabla 3.13 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 2 (pesos 2019)	28
Tabla 4. 1 Tipo de programas y proyectos de inversión	30
Tabla 4. 2 Sección de proyecto	30
Tabla 4. 3 Descripción de los componentes del proyecto	31
Tabla 4. 4 Inversión del proyecto (pesos 2019).....	32
Tabla 4.5 Ubicación geográfica del proyecto.....	37
Tabla 4.6 Propuesta de calendario de ejecución del proyecto (pesos 2019).....	37



Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 4.7 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2019)	39
Tabla 4. 8 Fuente de financiamiento del proyecto (pesos 2017)	40
Tabla 4.9 Nivel de servicio con el proyecto.....	40
Tabla 4. 10 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto con congestión	41
Tabla 4.11 Metas físicas anuales (pesos 2019).....	44
Tabla 4. 12 Datos de la oferta con proyecto	46
Tabla 4. 13 Composición vehicular por movimiento.....	46
Tabla 4.14 Interacción de la oferta – demanda en la situación sin proyecto	47
Tabla 5.1 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2019)	49
Tabla 5. 2 Costos de conservación y mantenimiento (pesos 2019).....	52
Tabla 5. 3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2019).....	53
Tabla 5. 5 Variables para el cálculo del Costo de Operación Vehicular (pesos 2019)	54
Tabla 5.7 Indicadores de rentabilidad calculados para el presente proyecto (pesos 2019)	56
Tabla 5.8 Variación en la rentabilidad ante incrementos en la inversión inicial (pesos 2019)	57
Tabla 5.9 Variación en la rentabilidad ante cambios en el flujo vehicular (pesos 2017) .	57
Tabla 5.10 Puntos de inflexión en la rentabilidad del proyecto	58
Tabla 5.11 Análisis de riesgo	58



Índice Figuras

Figura 1. Cruce de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Salvador Quezada Limón del día (Coordenadas 21°53'10.0"N 102°19'02.2"W)	6
Figura 2. Cruce de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Salvador Quezada Limón (Coordenadas 21°53'10.0"N 102°19'02.2"W)	7
Figura 3. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Aguascalientes Poniente en el cruce con Av. Salvador Quezada Limón	11
Figura 4. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Salvador Quezada Limón	12
Figura 5. Puntos de conflicto en una intersección de 4 ramas.....	12
Figura 6 Detalle de apoyos centrales Alternativa 1	22
Figura 7. Perfil de la Alternativa 1	23
Figura 8. Sección tipo de la alternativa 2 Paso a desnivel.....	25
Figura 9 Planta Geométrica de la Alternativa 2 Paso a Desnivel Inferior.....	26
Figura 10 Escala de valores del IRI y las Características de los pavimentos.....	32
Figura 11. Ubicación regional	35
Figura 12. Ubicación del municipio.....	36
Figura 13. Localización del proyecto.....	37



I. Resumen ejecutivo

1.1 Objetivo del programa

El presente proyecto tiene por objetivo mejorar la velocidad, seguridad y condiciones de operación a los usuarios de la Av. Aguascalientes Pte (Segundo Anillo) en su cruce con la Av. Salvador Quezada Limón, así como dar mayor capacidad a la intersección mediante la construcción de un paso a desnivel, para disminuir demoras y costos de operación al tránsito que converge en dicho punto.

Con la construcción de este paso a desnivel se contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Infraestructura de “dar atención especial a la construcción de libramientos y accesos para facilitar la continuidad del flujo vehicular”. Además de contribuir a la modernización de las Av. Aguascalientes y Av. Salvador Quezada Limón, en la ciudad de Aguascalientes, siendo primordial para mejorar la movilidad de los flujos vehiculares de la región.

Adicionalmente, este proyecto contribuye al cumplimiento del objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 de “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

1.2 Problemática identificada

La problemática que se presenta actualmente es el conflicto vehicular generado en el cruce de la Av. Aguascalientes Poniente en su cruce con Av. Salvador Quezada Limón, en donde se presenta un cruce con flujo a nivel en ambas direcciones, el cual, aun cuando está operado por semáforos y cuenta con adecuaciones geométricas a fin de facilitar los movimientos direccionales, el volumen vehicular que atiende hace problemática su operación, provocando demoras que se reflejan en la formación de colas teniendo que esperar en ocasiones hasta 3 ciclos del semáforo para poder cruzar dicho punto, lo que conlleva a la reducción de la velocidad de viaje.

A lo anterior hay que sumar la dificultad que se presenta al realizar las maniobras que deben de hacer los vehículos para incorporarse o desincorporarse de la Av. Aguascalientes

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Es importante mencionar que esta la Av. Aguascalientes, representa una de las principales vialidades no solo para la ciudad de Aguascalientes, sino para su Zona Metropolitana, pues es un anillo periférico que rodea a la totalidad de la ciudad.

Por otro lado, la Av. Salvador Quezada Limón es una vialidad que conecta una zona de reciente crecimiento ubicada al poniente de la ciudad, lo cual la convierte en la principal vía de circulación para las personas que se tienen que desplazar a los centros de estudio, trabajo o comercio.

1.3 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un Paso a Desevel de 680 m de longitud que albergarán 2 calzadas inferiores de 7.0 m de ancho con 2 carriles de 3.5 m de circulación dando transito continuo a la Av. Aguascalientes en dirección norte - sur, separadas por un camellón central de 1.20 m. También se contarán con dos calzadas laterales a nivel con 2 carriles de 3.5 m, para movimientos de retorno y vuelta derecha continuos con precaución, y vuelta izquierda, así como de frente con semaforización.

Para el desalojo del agua pluvial que se captará en la parte inferior del puente, se construirá un colector pluvial de 540 m con diámetro de 90 cm, que conducirá el agua hasta el Río San Pedro, toda vez que el nivel al que se ubicará está por debajo del sistema de drenaje en la zona.

Serán colocadas 25 luminarias con su correspondiente poste en las rampas de acceso, así como 95 luminarias en la parte techada fijadas en la loza de techo, finalmente un sistema de semaforización constituido por 12 piezas.

Tabla 1. 1 Descripción de las principales características del proyecto

Concepto	Cantidad
Longitud del puente (m)	680
Número de carriles Centrales (dos por sentido)	4
Ancho de carriles en el paso inferior (m)	3.5
Ancho de camellón central (m)	1.2
Número de carriles Laterales (dos por sentido)	4
Ancho de carriles en las laterales (m)	3.5
Altura del puente (m)	5.70
Superficie de rodamiento	Concreto Hidráulico
Velocidad de proyecto (km/hr)*	60
Área de pavimento hidráulico (m ²)	20,400
Tipo de terreno	Plano
Alineamiento horizontal (m)	8,160

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Señalamiento vertical (pza.)	62
Semáforos	12
Colector Pluvial (m)	540
Luminarias con poste	25
Luminarias sostenidas en techo	95
Estado físico	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI m/km)	3

Fuente: Proyecto Ejecutivo

1.4 Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es para su construcción.

1.5 Descripción de los principales costos del proyecto

Tabla 1.2 Principales costos de ejecución del proyecto (pesos de 2019)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	Preliminares	m2	20,400	134.42	2,742,168.00	3,180,914.88
Subestructura	Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior	m2	855	1,308.12	1,118,442.60	1,297,393.42
Subestructura	Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1100	51,085.26	56,193,791.12	65,184,797.70
Subestructura	Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente. a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	40	87,976.84	3,519,073.42	4,082,125.16
Superestructura	Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m2	1,519	9,458.52	14,367,491.88	16,666,290.58
Superestructura	Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural f'c=300 kg/cm2	m2	1,519	973.12	1,478,169.28	1,714,676.36
Pavimento	Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m2	20,400	465.7	9,500,280.00	11,020,324.80
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	20,400	854.12	17,424,048.00	20,211,895.68

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Drenaje pluvial	Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	750	1,848.00	1,386,000.00	1,607,760.00
Coladeras pluviales	Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	28	1,250.00	35,000.00	40,600.00
Pozos de visita	Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	20	7,325.98	146,519.60	169,962.74
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	8,280	12.48	103,334.40	119,867.90
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	62	914.25	56,683.50	65,752.86
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.66	1,305,799.92	1,514,727.91
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m2	520	431.6	224,432.00	260,341.12
Alumbrado	Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	25	8,386.92	209,673.00	243,220.68
Alumbrado	Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	95	3,405.54	323,526.30	375,290.51
Parapeto	Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	950	2,036.35	1,934,532.50	2,244,057.70
Subtotal					112,068,965.52	130,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

1.6 Descripción de los principales beneficios del proyecto

Con la construcción de este paso a desnivel se mejorarán las condiciones de circulación del tránsito local así como del tránsito de largo itinerario. Con esta solución se obtienen una serie de ventajas para los usuarios, las cuales consisten en:

- Aumentar las velocidades de operación
- Reducir los tiempos de recorrido
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios
- Disminuir la posibilidad de accidentes al reducirse los cruces a nivel

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

- Mejorar los niveles de servicio
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido

1.7 Riesgos asociados al proyecto

El principal riesgo que presenta este proyecto es el de la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto.

Otros riesgos asociados al proyecto son los siguientes:

- La demanda social de obras adicionales al momento de la construcción
- Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución

1.8 Indicadores de rentabilidad

Tabla 1. 3 Indicadores de rentabilidad para el proyecto (pesos de 2019)

Indicador	Monto
Inversión privada con IVA	130,000,000.00
Inversión social	112,068,965.52
Valor Actual Neto (VAN)	296,935,118.38
Tasa Interna de Retorno (TIR)	27.87%
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	28.30 %

Fuente: Elaboración propia

1.9 Conclusiones

Con la construcción del Paso a Densivel, se contribuye a mejorar las condiciones viales en las Avenidas implicadas, así como en sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico, y además:

- Se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios.

Este proyecto cumple su propósito de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad lo que permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo que se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero de la región.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

II. Situación Actual del proyecto

2.1 Diagnóstico de la situación actual

La Ciudad de Aguascalientes cuenta con una red vial importante, con carreteras que son vías de comunicación nacional y estatal, asimismo, cuenta con tres anillos periféricos, el primero de estos alguna vez fuera el periférico de la ciudad, llamada en memoria de la Convención Revolucionaria, "Avenida Convención de 1914" ahora es una avenida relativamente céntrica.

El segundo anillo llamado en honor de la ciudad "Avenida Aguascalientes", hizo las veces de periférico también y el crecimiento de la ciudad hizo que quedara en medio de muchas colonias y fraccionamientos. Y por último el tercer anillo, llamado en alusión al cambio de centuria "Avenida Siglo XXI", que recientemente fue concluida.



Figura 1. Cruce de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Salvador Quezada Limón del día (Coordenadas 21°53'10.0"N 102°19'02.2"W)

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes



Figura 2. Cruce de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Salvador Quezada Limón (Coordenadas 21°53'10.0"N 102°19'02.2"W)

Actualmente opera como un entronque a nivel con dispositivos de control, lo que genera problemas de embotellamientos afectando significativamente los costos de transporte. En este contexto, una mejora en dicho cruce fortalece la intensa actividad económica, turística y comercial de la región.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Municipio de Aguascalientes, durante el año 2013, hubo 3,005 accidentes de tránsito en zonas urbanas y suburbanas, de los cuales 20 resultaron fatales.

2.2 Análisis de la oferta existente

El cruce que forman la Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón es a nivel y operado con semáforos. Las vialidades operan en doble sentido de circulación.

Analizando la sección sobre Av. Aguascalientes en el punto del cruce con Av. Salvador Quezada Limón, presenta las siguientes dimensiones.

Tabla 2. 1 Datos de la sección en Av. Aguascalientes

Vialidad	Av. Aguascalientes
Ancho total de sección (m)	41.15

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Vialidad	Av. Aguascalientes
Ancho de banqueta poniente (m)	3.93
Ancho calzada poniente (m)	11.21
Número Carriles Calzada poniente	3
Ancho promedio carriles calzada poniente (m)	3.74
Ancho de camellón central (m)	5.93
Ancho calzada oriente (m)	14.18
Número carriles calzada oriente	3
Ancho promedio carriles calzada oriente (m)	4.73
Ancho banqueta calzada oriente (m)	5.9

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tabla 2.2 Datos de la sección en Av. Salvador Quezada Limón

Vialidad	Av. Salvador Quezada Limón
Ancho total de sección (m)	19.15
Ancho banqueta norte (m)	1.32
Ancho de calzada única (m)	15.08
Total de carriles en la calzada	4
Ancho promedio carriles calzada poniente	3.77
Cancho de camellón	NA
Sentidos sobre calzada	2
Ancho de banqueta sur (m)	2.75

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tal como se ha mencionado con anterioridad, éste cruce es a nivel y ya cuenta con adecuaciones geométricas a fin de facilitar los movimientos direccionales. Asimismo, la intersección está controlada por semáforos que se encuentran operando mediante un esquema de sincronización que comprende toda la avenida.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 2.3 Datos de la oferta en situación actual

Concepto	Av. Aguascalientes Poniente	Av. Salvador Quezada Limón
Tipo de pavimento	Asfalto	Concreto Hidráulico
Velocidad de operación (periodo con congestión) km/h*	37	33
Velocidad de operación (periodo sin congestión) km/h*	48	44
Tipo de terreno	p	p
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice internacional de rugosidad (IRI)	5.2	5.2

Nota: Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil y representan la velocidad promedio de todos los movimientos.

Para determinar la velocidad de operación actual se realizó un estudio mediante el método del vehículo flotante, para lo cual se efectuaron seis (6) recorridos en los que se realizaron cada uno de los movimientos direccionales. Tres de los recorridos en periodos de alta demanda (con congestión) y los tres restantes en condiciones de baja demanda (sin congestión), las distancias de recorrido se midieron mediante odómetro de alta precisión y se determinaron los tiempos de recorrido para cada uno de movimientos direccionales que se realizan en el cruce.

Es importante señalar que, aunque lo que se miden son tiempos de recorrido, la variable analizada es en realidad la velocidad media de recorrido.

A fin de facilitar la evaluación económica del proyecto, el tipo de análisis seleccionado es mediante la agrupación de movimientos de frente y movimientos direccionales, por lo que para contar con la información adecuada para realizarlo se procedió a agrupar las velocidades en dicho criterio, obteniendo los promedios correspondientes.

Tabla 2.4 Velocidad de operación por tipo de movimiento

Tramo	Recorridos con congestión				Recorridos sin congestión			
	1	2	3	Promedio	4	5	6	Promedio
Av. Aguascalientes	37	38	36	37	50	46	48	48
Av. Salvador Quezada Limón	32	34	33	33	45	44	43	44

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Movimientos direccionales	28	32	31	30	37	36	33	35.3
---------------------------	----	----	----	----	----	----	----	------

Fuente Elaboración propia

2.3 Análisis de la demanda actual

Para determinar el volumen y características del tránsito que circula por la Av. Aguascalientes Poniente en la intersección con Av. Salvador Quezada Limón, se llevaron a cabo aforos vehiculares, a partir de los cuales se pudo determinar el aforo vehicular. De igual manera se analizaron los movimientos direccionales en el crucero, considerando los aforos vehiculares en intervalos de 15 minutos, por espacio de seis (6) horas.

Con el objeto de facilitar la evaluación del proyecto se procedió a clasificar los distintos movimientos que se efectúan en el crucero en dos tipos: movimientos de frente y movimientos direccionales (vueltas izquierdas y derechas).

Tabla 2.5 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en la zona de análisis

Vialidad	Composición Vehicular			
	TDPA	A	B	C
Av. Aguascalientes Poniente	34,917	85.3 %	1.6 %	13.0 %
Av. Salvador Quezada Limón	7,952	96.3 %	2.6%	1.1%
Movimientos direccionales	13,333	95.0%	2.7 %	2.3 %

Fuente Elaboración propia

Tomando en cuenta que se trata de un crucero de características urbanas, se puede decir que las condiciones de la operación varían considerablemente a lo largo del día, dado que la demanda se concentra en intervalos pico y en las horas valle se tiene una operación más fluida. Por lo anterior, a fin de tener un mejor análisis se dividió la demanda en dos periodos: "con congestión" y "sin congestión".

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

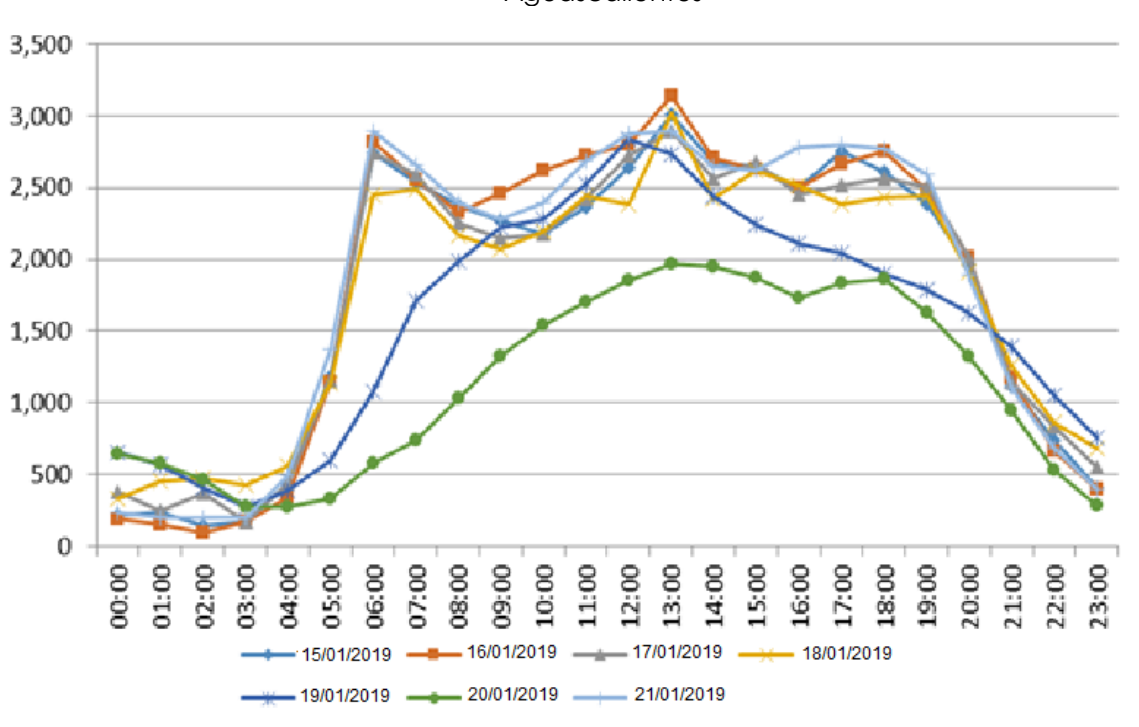
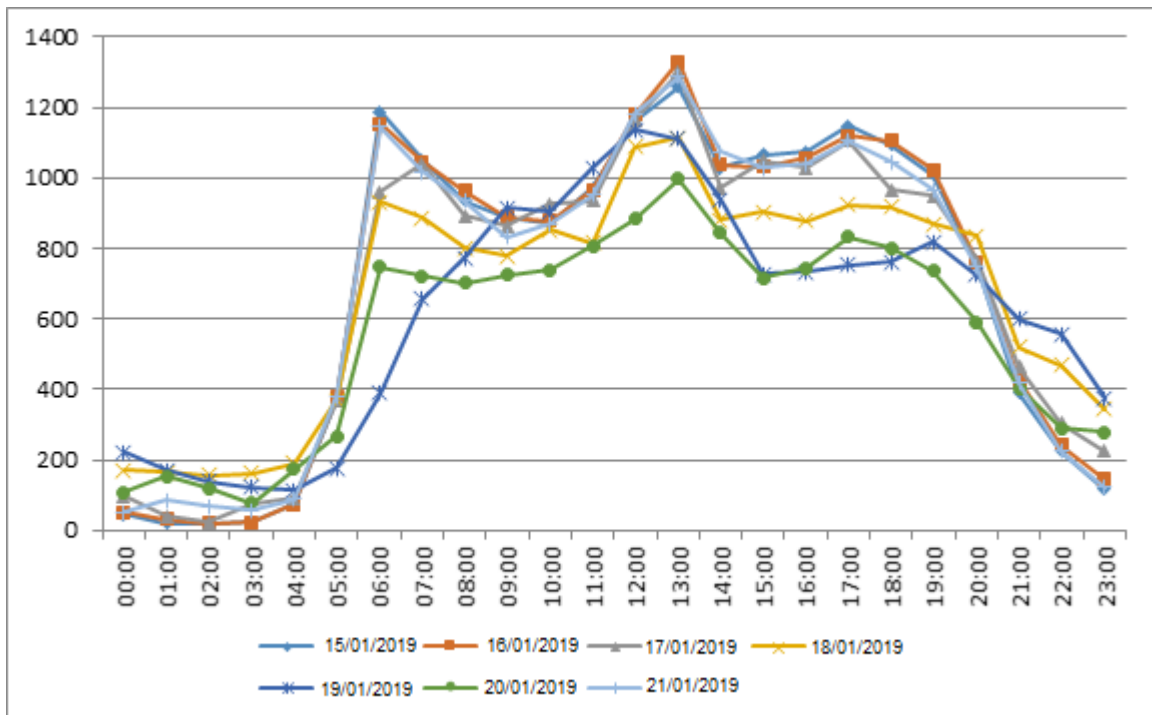


Figura 3. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Aguascalientes Poniente en el cruce con Av. Salvador Quezada Limón



Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Figura 4. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Salvador Quezada Limón

La determinación de los aforos vehiculares se realizó mediante conteo directo la semana que va del 15 al 21 de enero del presente año.

Al tratarse de un cruce operando a nivel todos los movimientos direccionales implican un riesgo de accidentalidad, básicamente en los puntos en que la trayectoria de cada movimiento direccional se intersecta con la de otro, estos puntos de intersección entre trayectorias en Ingeniería de Tránsito se les llama "puntos de conflictos en intersecciones", el nivel de riesgo se incrementa de forma directa con el volumen de tránsito que utiliza el entronque.

Para el caso del entronque en análisis al ser de cuatro (4) ramas de doble circulación se tienen 32 puntos de conflictos, de los cuales 16 son de cruce, 8 de convergencia y 8 de divergencia.

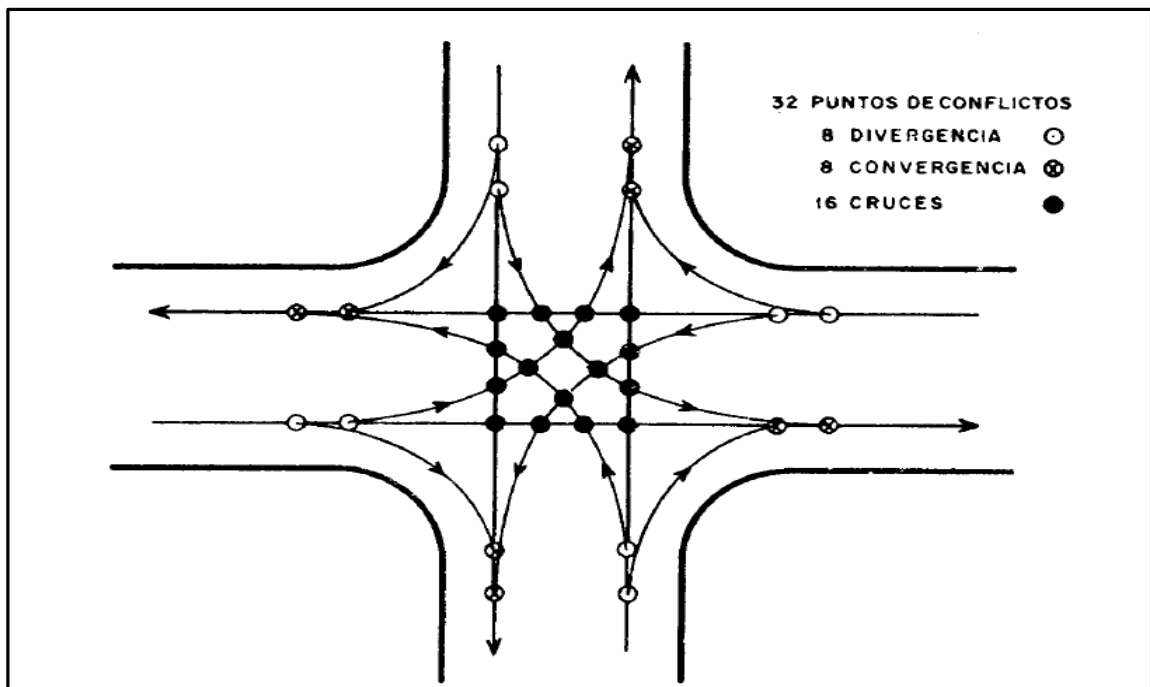


Figura 5. Puntos de conflicto en una intersección de 4 ramas (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT 1991)

En ese sentido y aun cuando todos los movimientos presentan riesgo potencial de accidente, se puede decir que las vueltas derechas presentan menor riesgo al tener sólo tres puntos de conflicto con otros movimientos, que son uno de divergencia y dos de convergencia. Mientras que los movimientos de frente y

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

vueltas izquierdas son más riesgosos al presentar ocho puntos de conflicto, que son cuatro de intersección de trayectoria, dos de convergencia y dos de divergencia.

Para conocer la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA), se analizó el reporte de Vehículos de motor registrados en circulación emitido por el INEGI para el estado de Aguascalientes, considerando del año 2007 al 2016, que es el último año reportado. Se tomó la información proporcionada por el INEGI, toda vez que esta información es generada por Gobierno del Estado quien lleva el registro vehicular y quien lo reporta al INEGI. Por otra parte en la ciudad de Aguascalientes circula del orden del 80 % de la totalidad de los vehículos en el Estado, pues es donde se concentra cerca del 80 % de la población total.

Aunado a lo anterior, la Av. Aguascalientes es uno de los tres anillos periféricos con los que cuenta la ciudad y una de las vialidades con mayor aforo vehicular, por lo que los incrementos en el parque vehicular se ven reflejados de manera directa en esta vialidad.

Se consideró de mayor relevancia este supuesto, toda vez que los puntos de verificación con los que cuenta la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quienes si presentan datos históricos no se encuentran cerca de este punto y su información pudiera ser menos relevante.

Tabla 2. 6 Tasa de crecimiento anual de vehículos

Año	Nacional	Aguascalientes
2007	7.4 %	8.2 %
2008	9.5 %	5.8 %
2009	5.5 %	3.7 %
2010	2.4 %	4.6 %
2011	5.2 %	3.1 %
2012	4.8 %	2.2 %
2013	5.4 %	3.7 %
2014	3.5 %	3.7 %
2015	5.8 %	5.7 %
2016	6.7 %	5.3 %

Fuente INEGI Vehículos de motor registrados en circulación

Los datos históricos registrados para los años 2007 al 2016, dan como resultado una tasa del 4.6 % anual para el estado de Aguascalientes, mientras que a nivel nacional la tasa promedio fue del 5.6 %; sin embargo, para realizar un análisis conservador se decidió adoptar la tasa de 3.5 % anual como TCMA del proyecto.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 2.7 Composición vehicular por movimiento

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes	30,925	3,992	85.3 %	1.6 %	13.0 %
Av. Salvador Quezada Limón	7,157	795	96.3 %	2.6%	1.1%
Movimientos direccionales	12,348	985	95.0 %	2.7 %	2.3 %

Fuente Elaboración propia

2.4 Interacción de la oferta - demanda

Para la determinación del comportamiento vehicular en el cruce de Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, se procedió a determinar los costos y tiempos que los usuarios les toma realizar el cruce, dadas las condiciones descritas anteriormente.

Tabla 2.8 Interacción de la oferta demanda en la situación actual

Concepto	Velocidad (km/hr)		Tiempo (min)	
	Con	Sin	Con	Sin
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Av Aguascalientes	37	55	1.8	1.2
Av Salvador Quezada Limón	33	48	1.8	1.2
Movimientos Direccionales	30	37	1.8	1.2

Fuente Elaboración propia

Tabla 2.9 Interacción de la oferta demanda en la situación actual

Concepto	Costo Operación Vehicular (\$/km)	
	Con Congestión	Sin Congestión
Av Aguascalientes	5.04	4.20
Av Salvador Quezada Limón	5.29	4.20
Movimientos Direccionales	5.37	4.42

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido en el Manual de Capacidad Vial, en la Av. Aguascalientes y Av. Salvador Quezada Limón, se presentan un nivel que opera

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

en prácticamente un nivel D, provocando que los usuarios experimentan demoras superiores a los 85 segundos por vehículo.

Tabla 2.10 Nivel de Servicio en la situación actual con congestión

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	30,925	D	7,157	D
1	32,007	D	7,407	D
2	33,128	D	7,667	D
3	34,287	D	7,935	D
4	35,487	D	8,213	D
5	36,729	D	8,500	D
6	38,015	D	8,798	D
7	39,345	D	9,106	D
8	40,722	D	9,424	D
9	42,148	D	9,754	D
10	43,623	E	10,096	D
11	45,150	E	10,449	D
12	46,730	E	10,815	D
13	48,365	E	11,193	D
14	50,058	E	11,585	D
15	51,810	E	11,990	D
16	53,624	E	12,410	D
17	55,500	E	12,844	D
18	57,443	E	13,294	D
19	59,453	E	13,759	D
20	61,534	F	14,241	E
21	63,688	F	14,739	E
22	65,917	F	15,255	E
23	68,224	F	15,789	E
24	70,612	F	16,342	E
25	73,083	F	16,914	E
26	75,641	F	17,506	E
27	78,289	F	18,118	E
28	81,029	F	18,753	E
29	83,865	F	19,409	E
30	86,800	F	20,088	E

Fuente: Elaboración propia

III. Situación sin el proyecto

3.1 Optimizaciones

Las medidas de optimización, son medidas de bajo costo o administrativas que buscan mejorar las condiciones de la situación actual de tal manera que no se atribuyan beneficios que pudieran obtenerse a menor costo.

En caso de que el proyecto no se realice, se harían trabajos de mejora al señalamiento horizontal y vertical del tramo, con el fin de dar mayor seguridad a los usuarios. Además a efecto de mejorar el estado superficial del tramo se aplicarían una serie de trabajos al pavimento, iniciando con un bacheo superficial con concreto asfáltico en sub tramos aislados, y en casos donde se presenta mayores deformaciones se tendrán que reponer las losas de concreto.

Por último se realizará el pintado del alineamiento horizontal y la complementación del señalamiento vertical para agilizar el tránsito vehicular en la zona.

Tabla 3. 1 Costo estimado de las optimizaciones (pesos 2019)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Pintado de raya	m	2000	12.56	25,120.00
Violetas e indicadores de alineamiento	pza.	1000	185.46	185,460.00
Señalamiento vertical	pza.	25	2458.38	61,459.50
Bacheo	m ²	325	235.65	76,586.25
Rehabilitación parcial de losas de concreto	m ²	435	545	237,075.00
Carpeta de un riego con emulsión modificada con polímeros	m ²	2630	345.75	909,322.50
			Subtotal	1,495,023.25
			IVA	239,203.72
			Total	1,734,226.97

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a precios índice

Por el tipo de trabajos planteados, se deberán realizar las labores de mantenimiento a la superficie de rodamiento al menos cada 3 años, para que se mantengan los beneficios alcanzados por las medidas de optimización.

Al continuar el crecimiento normal del tránsito aumentará el número de usuarios en el tramo y con el mejoramiento del señalamiento se logrará evitar accidentes;

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

sin embargo, se continuarán generando demoras en los principales cruces, reduciendo el nivel del servicio.

Por lo tanto, con estas acciones no se elevarán de manera significativa las velocidades de operación, debido a que continuará existiendo un proceso acelerado de saturación del tramo, además que el tránsito que circule por él seguirá teniendo conflictos por problemas de congestión.

Por la importancia de estas vialidades para la conectividad de las personas, las condiciones de continuidad, comodidad y seguridad a los usuarios de este cruce, no se consideran óptimas con la situación actual optimizada.

3.2 Análisis de la oferta

Las características geométricas no se modifican con las optimizaciones. La mayor parte de los factores que determinan la capacidad de la vía permanecen constantes, ésta igualmente se encuentra inalterada en la situación sin proyecto.

Tabla 3. 2 Datos de la sección en Av. Aguascalientes Situación Sn Proyecto

Vialidad	Av. Aguascalientes
Ancho total de sección (m)	41.15
Ancho de banqueta poniente (m)	3.93
Ancho calzada poniente (m)	11.21
Número Carriles Calzada poniente	3
Ancho promedio carriles calzada poniente (m)	3.74
Ancho de camellón central (m)	5.93
Ancho calzada oriente (m)	14.18
Número carriles calzada oriente	3
Ancho promedio carriles calzada oriente (m)	4.73
Ancho banqueta calzada oriente (m)	5.9
Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	3.5

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tabla 3. 3 Datos de la sección en Av. Salvador Quezada Limón

Vialidad	Av. Salvador Quezada Limón
Ancho total de sección (m)	19.15
Ancho banqueta norte (m)	1.32
Ancho de calzada única (m)	15.08
Total de carriles en la calzada	4
Ancho promedio carriles calzada poniente	3.77
Cancho de camellón	NA
Sentidos sobre calzada	2

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Ancho de banquetta sur (m)	2.75
Índice de Rugosidad Internacional	3.5

Fuente Proyecto Ejecutivo

La velocidad se refiere a la de los vehículos ligeros y es el promedio ponderado de la de los diferentes movimientos direccionales.

3.3 Análisis de la demanda

Dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, por lo que la demanda permanece prácticamente constante. En ese sentido, se considera la misma que fue detallada en capítulos anteriores.

Tabla 3.4 Composición vehicular por movimiento en la situación optimizada

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes Pte	30,925	3,992	85.3 %	1.6 %	13.0 %
Av. Salvador Quezada Limón	7,157	795	96.3 %	2.6%	1.1%
Movimientos direccionales	12,348	985	95.0 %	2.7 %	2.3 %

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en la Av. Aguascalientes y la Av. Salvador Quezada Limón se presentan niveles de servicio D, sin embargo durante las horas pico, se presenta congestión, derivado de los ciclos del semáforo.

Tabla 3. 5 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto con congestión

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	30,925	D	7,157	D
1	32,007	D	7,407	D
2	33,128	D	7,667	D
3	34,287	D	7,935	D
4	35,487	D	8,213	D
5	36,729	D	8,500	D
6	38,015	D	8,798	D
7	39,345	D	9,106	D
8	40,722	D	9,424	D
9	42,148	D	9,754	D
10	43,623	E	10,096	D

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
11	45,150	E	10,449	D
12	46,730	E	10,815	D
13	48,365	E	11,193	D
14	50,058	E	11,585	D
15	51,810	E	11,990	D
16	53,624	E	12,410	D
17	55,500	E	12,844	D
18	57,443	E	13,294	D
19	59,453	E	13,759	D
20	61,534	F	14,241	E
21	63,688	F	14,739	E
22	65,917	F	15,255	E
23	68,224	F	15,789	E
24	70,612	F	16,342	E
25	73,083	F	16,914	E
26	75,641	F	17,506	E
27	78,289	F	18,118	E
28	81,029	F	18,753	E
29	83,865	F	19,409	E
30	86,800	F	20,088	E

Fuente: Elaboración propia

3.4 Diagnóstico de la interacción Oferta – Demanda

De acuerdo con la TCMA seleccionada (3.5 %), misma que se detalla en el diagnóstico de la situación actual, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Tabla 3. 6 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto

Concepto	Velocidad (km/hr)		Tiempo (min)	
	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión
Av Aguascalientes	42	55	1.2	1.2
Av Salvador Quezada Limón	37	48	1.8	1.2
Movimientos Direccionales	33	37	1.8	1.2

Nota: Las velocidades corresponde a automóviles en condiciones normales de tránsito

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 3.7 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto

Concepto	Costo Operación Vehicular (\$/km)	
	Con Congestión	Sin Congestión
Av Aguascalientes	4.80	4.00
Av Salvador Quezada Limón	4.92	4.00
Movimientos Direccionales	5.10	4.42

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a las proyecciones del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), los niveles de servicio que se presentarían en condiciones similares a lo que se presenta en la situación actual.

3.5 Alternativas de solución

Con la finalidad de identificar la mejor propuesta para mejorar las condiciones de tránsito en este punto de la ciudad, se analizaron las condiciones técnicas, operativas y económicas de dos alternativas.

Alternativa 1 Paso superior en Av. Aguascalientes Pte y a nivel en Av. Salvador Quezada Limón.

El proyecto contempla la construcción de un Puente de 720 m de longitud, con dos calzadas superiores para albergar a 4 carriles, 2 por sentido, con una sección total de 19.5 m de ancho, así como vialidades laterales que permitan los movimientos direccionales a nivel.

Los apoyos entre claros consisten en un muro de concreto trapezoidal con un marco al centro con un pórtico y que estructuralmente está formado por dos columnas laterales inclinadas y dos columnas centrales verticales que le dan forma al pórtico, un cabezal superior sobre el que se encuentran los bancos de apoyo que reciben los neoprenos donde se sustentan las traveses y tres topes sísmicos intermedios.

Tabla 3.8 Costo de inversión de la alternativa 1 (pesos 2019)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo
Preliminares	Preliminares	m2	12,240	134.42	1,645,300.81
Subestructura	Construcción de soportes de forma trapezoidal con un arco al centro formando un portico de concreto hidráulico con estructura de acero de refuerzo	pza	10	681,457.00	7,009,272.02

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo
Muros estructurales	Construcción de estribos de tierra armada y muros estructurales de concreto hidráulico en módulos hexagonales	m2	6,339	1308.12	8,291,612.08
Superestructura	Superestructura a base de 28 trabes de concreto preesforzado de 0.70 m de altura, y losa planta sobre estructura concreto hidráulico de f'c 300 kg	m2	5,863	17,355.70	101,753,990.05
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con módulo de ruptura mínimo de 45 reforzado con acero armado, autonivelante con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	12,240	813.55	9,957,852.03
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras en el puente	m	11,898	12.48	148,487.04
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical mediante colocación de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	70	914.25	63,997.50
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales consistente en estructuras para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.86	1,305,802.32
Parapeto	Construcción de parapeto metálico	m	1,440	2,036.35	2,932,344.01
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m	669	431.6	288,555.43
Alumbrado	Suministro e instalación de alumbrado público en los accesos e interior del paso a desnivel incluye, postes, bases y luminarias necesarios para su correcto funcionamiento	pza	161	8,386.92	1,347,897.86
				Subtotal	134,745,111.16
				IVA	21,559,217.79
				Total	156,304,328.95

Fuente: Proyecto Ejecutivo

Los costos de mantenimiento se consideran con una distancia de 1000 m toda vez que las maniobras de aceleración, desaceleración y preparación para el cruce

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Nivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

de la vialidad, tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto, se consideran desde 500 m antes del cruce y 500 m después del cruce.

Tabla 3. 9 Costos de mantenimiento de la Alternativa 1 (Sin IVA Pesos 2019)

Actividad	Unidad	Cantidad	Monto	Periodicidad
Mantenimiento rutinario	\$/km/carril	45,300	860,700	Anual
Mantenimiento Periódico (cada 5 años)	\$/km/carril	425,000	8,075,000	Año 5, 10, 20, 25
Reparación mayor de losas de concreto (cada 15 años)	\$/km/carril	1,250,000	23,750,000	Año 15

Fuente. Elaboración Propia

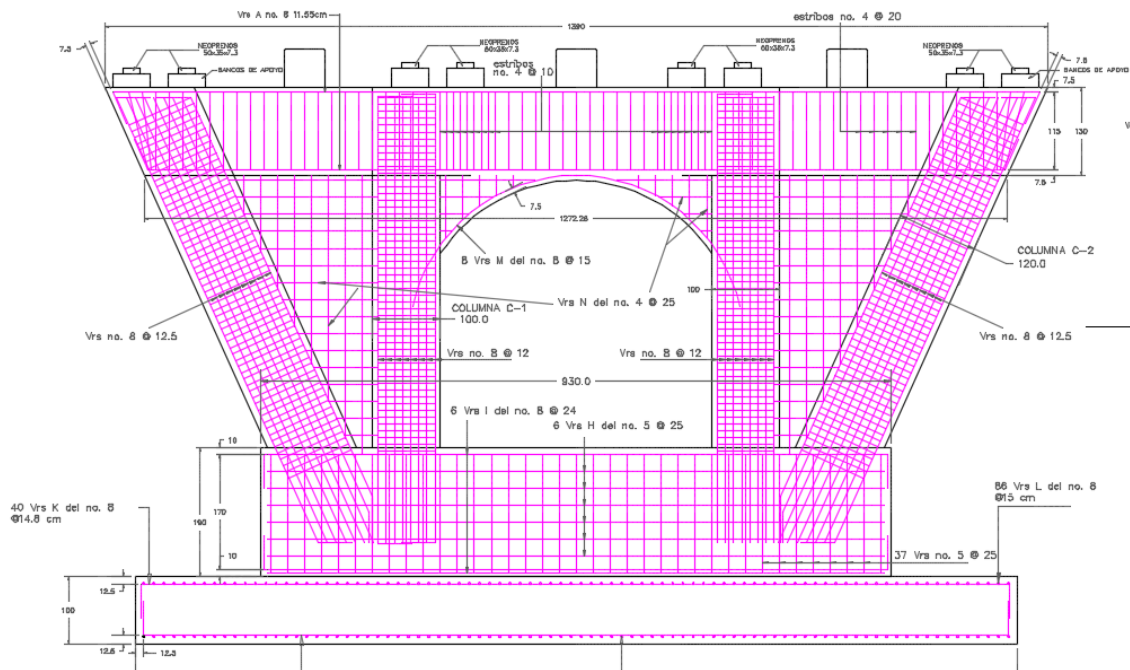


Figura 6 Detalle de apoyos centrales Alternativa 1

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 3.10 Costo de inversión de la alternativa 2 (pesos 2017)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	Preliminares	m2	20,400	134.42	2,742,168.00	3,180,914.88
Subestructura	Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior	m2	855	1,308.12	1,118,442.60	1,297,393.42
Subestructura	Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1100	51,085.26	56,193,791.12	65,184,797.70
Subestructura	Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente, a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	40	87,976.84	3,519,073.42	4,082,125.16
Superestructura	Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m2	1,519	9,458.52	14,367,491.88	16,666,290.58
Superestructura	Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural f'c=300 kg/cm2	m2	1,519	973.12	1,478,169.28	1,714,676.36
Pavimento	Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m2	20,400	465.7	9,500,280.00	11,020,324.80
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	20,400	854.12	17,424,048.00	20,211,895.68
Drenaje pluvial	Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	750	1,848.00	1,386,000.00	1,607,760.00
Coladeras pluviales	Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	28	1,250.00	35,000.00	40,600.00
Pozos de visita	Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	20	7,325.98	146,519.60	169,962.74
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	8,280	12.48	103,334.40	119,867.90
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	62	914.25	56,683.50	65,752.86
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.66	1,305,799.92	1,514,727.91
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m2	520	431.6	224,432.00	260,341.12
Alumbrado	Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	25	8,386.92	209,673.00	243,220.68

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Alumbrado	Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	95	3,405.54	323,526.30	375,290.51
Parapeto	Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	950	2,036.35	1,934,532.50	2,244,057.70
Subtotal					112,068,965.52	130,000,000.00

Fuente: Elaboración propia a base de precios índice

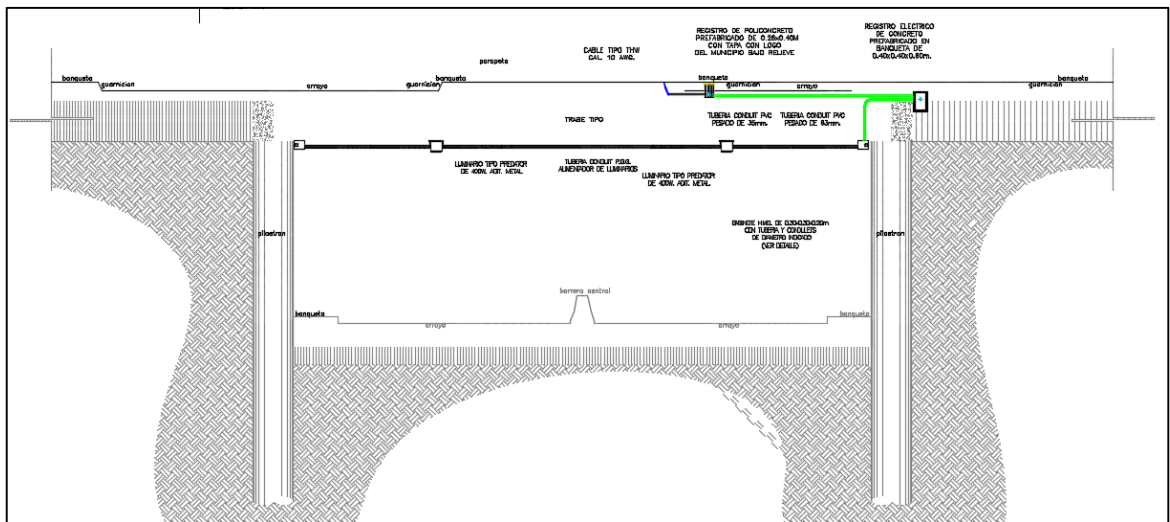


Figura 8. Sección tipo de la alternativa 2 Paso a desnivel

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

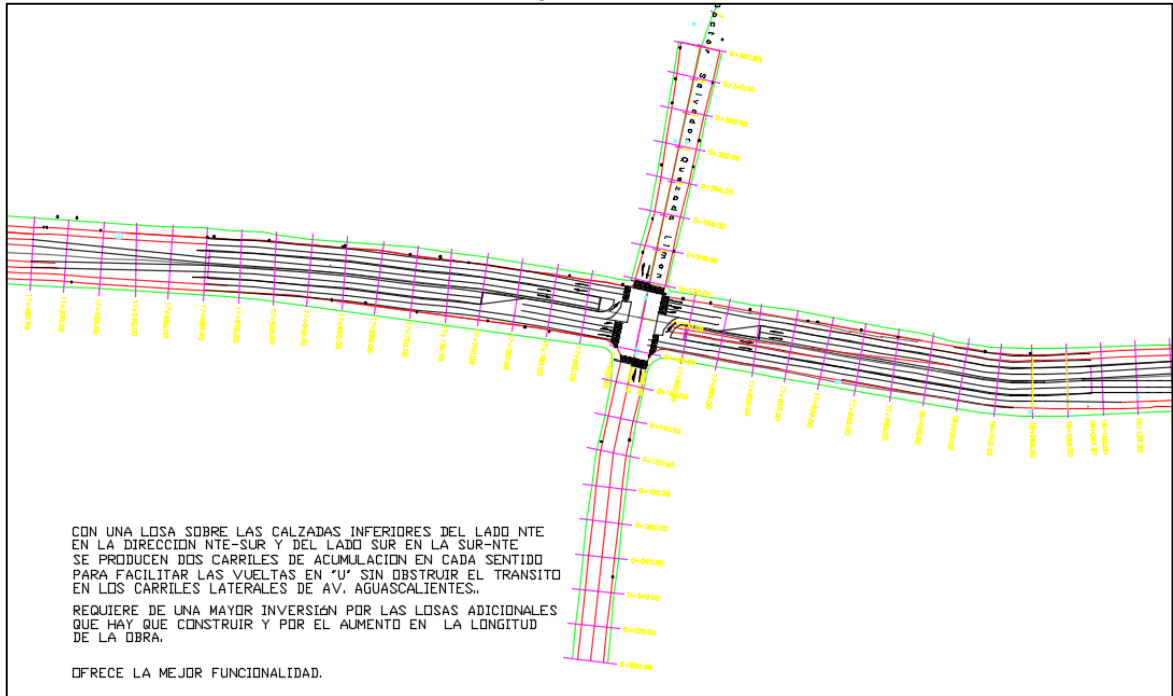


Figura 9 Planta Geométrica de la Alternativa 2 Paso a Dnivel Inferior

Los costos de mantenimiento se consideran con una distancia de 1000 m toda vez que las maniobras de aceleración, desaceleración y preparación para el cruce de la vialidad, tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto, se consideran desde 500 m antes del cruce y 500 m después del cruce.

Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de la Alternativa 2 (Sin IVA Pesos 2018)

Actividad	Unidad	Cantidad	Monto	Periodicidad
Mantenimiento rutinario	\$/km/carril	45,300	860,700	Anual
Mantenimiento Periódico (cada 5 años)	\$/km/carril	425,000	8,075,000	Año 5, 10, 20, 25
Reparación mayor de losas de concreto (cada 15 años)	\$/km/carril	1,250,000	23,750,000	Año 15

Fuente. Elaboración Propia

Ventajas

- La ampliación a cuatro carriles laterales en el entronque a nivel permitirá utilizar dos de ellos para el retorno continuo con precaución y la vuelta izquierda semaforizada, y los otros dos para la vuelta derecha continua con precaución y continuar de frente en el cruce semaforizado, evitando que

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

los movimientos continuos de retorno y vuelta derecha sean obstaculizados.

- Se permite el flujo vehicular continuo de av. Aguascalientes poniente.
- Esta alternativa permitirá la vuelta izquierda con mayor fluidez del flujo vehicular de Av. Aguascalientes en ambos sentidos para entrar a la Av. Salvador Quezada Limón en sus direcciones oriente y poniente, según sea el caso.
- Esta alternativa permite retorno continuo de ambos sentidos, sin afectar el flujo vehicular sobre los carriles laterales a nivel.

Desventajas

- Se requiere hacer obras de desalojo de agua pluvial lo cual incrementa el costo

Para mantener la óptima operación de la infraestructura planteada en ambas alternativas se requiere de establecer un plan de mantenimiento, que se ha determinado de acuerdo a precios paramétricos establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y divide en mantenimiento periódico que se realiza quinquenalmente, conservación mayor a realizarse cada quince años, reparaciones específicas y reconstrucción.

Estas se han calculado sobre precios paramétricos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A fin de llegar a esta conclusión de manera objetiva y cuantitativa para determinar cuál es la mejor opción, se consideró al Costo Anual Equivalente como indicador de referencia, toda vez que en su cálculo incluye los costos en los que se incurre tanto de inversión como de operación a lo largo de todo el horizonte de evaluación.

Tabla 3.12 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 1 (pesos 2019)

Año	Inversión	Costos por molestias	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
0	134,745,111	19,683,019		0	0	154,428,130
1			860,700	0	0	860,700
2			860,700	0	0	860,700
3			860,700	0	0	860,700
4			860,700	0	0	860,700
5			860,700	0	0	860,700
6			860,700	8,075,000	0	8,935,700

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Año	Inversión	Costos por molestias	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
7			860,700	0	0	860,700
8			860,700	0	0	860,700
9			860,700	0	0	860,700
10			860,700	0	0	860,700
11			860,700	0	0	860,700
12			860,700	8,075,000	0	8,935,700
13			860,700	0	0	860,700
14			860,700	0	0	860,700
15			860,700	0	0	860,700
16			860,700	0	0	860,700
17			860,700	0	23,750,000	24,610,700
18			860,700	0	0	860,700
19			860,700	0	0	860,700
20			860,700	0	0	860,700
21			860,700	0	0	860,700
22			860,700	8,075,000	0	8,935,700
23			860,700	0	0	860,700
24			860,700	0	0	860,700
25			860,700	0	0	860,700
26			860,700	0	0	860,700
27			860,700	0	0	860,700
28			860,700	8,075,000	0	8,935,700
29			860,700	0	0	860,700
30			860,700	0	0	860,700
CAE			\$16,965,320.34			
CA N			175,923,686.15			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 2 (pesos 2019)

Año	Inversión	Costos por molestias	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
0	112,068,966	19,683,019		0	0	131,751,985
1			860,700	0	0	860,700
2			860,700	0	0	860,700
3			860,700	0	0	860,700
4			860,700	0	0	860,700
5			860,700	0	0	860,700
6			860,700	8,075,000	0	8,935,700
7			860,700	0	0	860,700
8			860,700	0	0	860,700
9			860,700	0	0	860,700

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Año	Inversión	Costos por molestias	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
10			860,700	0	0	860,700
11			860,700	0	0	860,700
12			860,700	8,075,000	0	8,935,700
13			860,700	0	0	860,700
14			860,700	0	0	860,700
15			860,700	0	0	860,700
16			860,700	0	0	860,700
17			860,700	0	23,750,000	24,610,700
18			860,700	0	0	860,700
19			860,700	0	0	860,700
20			860,700	0	0	860,700
21			860,700	0	0	860,700
22			860,700	8,075,000	0	8,935,700
23			860,700	0	0	860,700
24			860,700	0	0	860,700
25			860,700	0	0	860,700
26			860,700	0	0	860,700
27			860,700	0	0	860,700
28			860,700	8,075,000	0	8,935,700
29			860,700	0	0	860,700
30			860,700	0	0	860,700
CAE			\$14,778,530.81			
CAN			153,247,540.50			

Fuente: Elaboración propia

La alternativa 2 representa una solución de largo plazo permitiendo el incremento de las velocidades de operación vehicular, tiene una vida útil proyectada de 30 años con el mantenimiento adecuado, además, generará ahorros para los usuarios en tiempos de recorrido y en operación vehicular, lo cual redundará en un incremento en la calidad de vida de los habitantes de la zona de influencia de esta obra.

La alternativa 2 es la que presenta un Costo Anual Equivalente menor, toda vez que representa costos de inversión y operación menores a la Alternativa 1.

Por lo anterior, se considera la Alternativa 2 como la mejor opción a desarrollar y es el proyecto a evaluarse en los siguientes capítulos.

IV. Situación con el proyecto

4.1 Descripción del proyecto

De acuerdo a lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de diciembre de 2013, el proyecto de construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, se considera un proyectos de infraestructura económica.

Tabla 4. 1 Tipo de programas y proyectos de inversión

Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	

Fuente: Elaboración propia

El proyecto consiste en la construcción de un Paso a Desnivel de 680 m de longitud que albergarán 2 calzadas inferiores de 7.0 m de ancho con 2 carriles de 3.5 m de circulación dando transito continuo a la Av. Aguascalientes en dirección norte - sur, separadas por un camellón central de 1.20 m. También se contarán con dos calzadas laterales a nivel con 2 carriles de 3.5 m, para movimientos de retorno y vuelta derecha continuos con precaución, y vuelta izquierda, así como de frente con semaforización.

Para el desalojo del agua pluvial que se captará en la parte inferior del puente, se construirá un colector pluvial de 750 m con diámetro de 90 cm, que conducirá el agua hasta el Río San Pedro, toda vez que el nivel al que se ubicará está por debajo del sistema de drenaje en la zona.

Serán colocadas 25 luminarias con su correspondiente poste en las rampas de acceso, así como 95 luminarias en la parte techada fijadas en la loza de techo, finalmente un sistema de semaforización constituido por 12 piezas.

Tabla 4. 2 Sección de proyecto

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Concepto	Ancho	Número de carriles	Ancho promedio
Banqueta poniente	3.1		
Ciclo vía	1.5		
Lateral poniente	7	2	3.5
Muro de contención	0.9		
Calzada poniente	7.6	2	3.8
Franja central	0.9		
Calzada oriente	7.6	2	3.8
Muro de contención	0.9		
Lateral oriente	7	2	3.5
Ciclo vía	1.5		
Banqueta oriente	3.15		
Sección total con proyecto	41.15		
Sección total sin proyecto	41.15		

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tabla 4. 3 Descripción de los componentes del proyecto

Concepto	Cantidad
Longitud del puente (m)	680
Altura del puente (m)	5.70
Superficie de rodamiento	Concreto Hidráulico
Área de pavimento hidráulico (m ²)	20,400
Alineamiento horizontal (m)	8,280
Señalamiento vertical (pza.)	62
Semáforos	12
Colector Pluvial (m)	750
Tipo de terreno	Plano
Velocidad de proyecto (km/hr)*	60
Luminarias con poste	25
Luminarias sostenidas en techo	95
Parapeto	950
Estado físico	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI m/km)	2.5

Nota: Se considera un IRI para pavimentos de buena calidad de acuerdo con el IMT

Se considera un pavimento hidráulico con índice de rugosidad internacional (IRI) de 2.5 m/km, adecuado para pavimentos nuevos, según lo propuesto por el Banco Mundial y el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

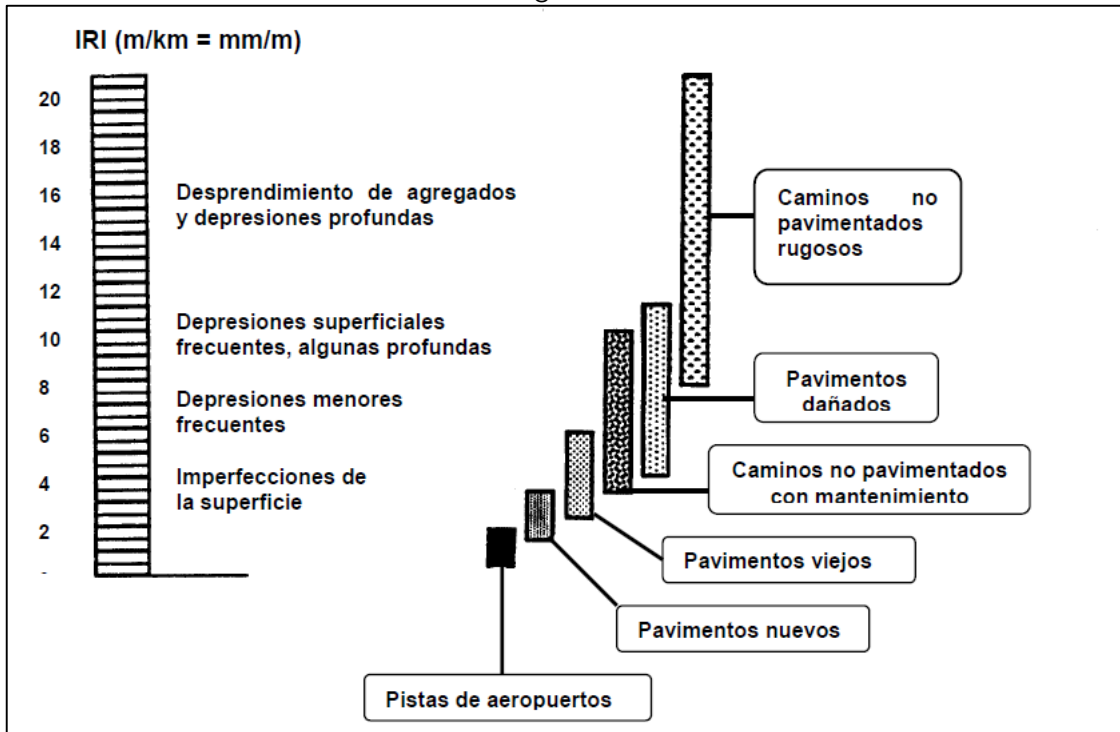


Figura 10 Escala de valores del IRI y las Características de los pavimentos

Debido a que es una intersección semaforizada, cuenta con las fases necesarias para el paso peatonal además del señalamiento horizontal como línea de parada para los vehículos en pintura color blanco y líneas tipo cebra para delimitar paso peatonal.

Tabla 4. 4 Inversión del proyecto (pesos 2019)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	Preliminares	m2	20,400	134.42	2,742,168.00	3,180,914.88
Subestructura	Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior	m2	855	1,308.12	1,118,442.60	1,297,393.42
Subestructura	Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1100	51,085.26	56,193,791.12	65,184,797.70
Subestructura	Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente. a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	40	87,976.84	3,519,073.42	4,082,125.16

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Superestructura	Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m2	1,519	9,458.52	14,367,491.88	16,666,290.58
Superestructura	Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural f'c=300 kg/cm2	m2	1,519	973.12	1,478,169.28	1,714,676.36
Pavimento	Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m2	20,400	465.7	9,500,280.00	11,020,324.80
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	20,400	854.12	17,424,048.00	20,211,895.68
Drenaje pluvial	Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	750	1,848.00	1,386,000.00	1,607,760.00
Coladeras pluviales	Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	28	1,250.00	35,000.00	40,600.00
Pozos de visita	Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	20	7,325.98	146,519.60	169,962.74
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	8,280	12.48	103,334.40	119,867.90
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	62	914.25	56,683.50	65,752.86
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.66	1,305,799.92	1,514,727.91
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m2	520	431.6	224,432.00	260,341.12
Alumbrado	Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	25	8,386.92	209,673.00	243,220.68
Alumbrado	Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	95	3,405.54	323,526.30	375,290.51

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Parapeto	Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	950	2,036.35	1,934,532.50	2,244,057.70
Subtotal					112,068,965.52	130,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

4.2 Alineación estratégica

El proyecto contribuye a la consecución del Objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 que dice "Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica".

Para lo anterior este proyecto se alinea al Estrategia 4.9.1 del PND "Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia".

Línea de acción "Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos".

Con relación al Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 el proyecto está alineado con el Objetivo 1: "Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social".

Alineándose con la Estrategia 1.1: "Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social".

Línea de acción:

1.1.4 Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

Respecto al el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018, el proyecto está alineado con el Objetivo 1: "Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social".

Para lo que se alinea a la Estrategia 1.1 "Modernizar, construir y conservar la red carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos, de eficiencia, seguridad y equidad regional".

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Líneas de acción:

- Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario
- Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios

4.3 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en el municipio de Aguascalientes, en el Estado de Aguascalientes,



Figura 11. Ubicación regional

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

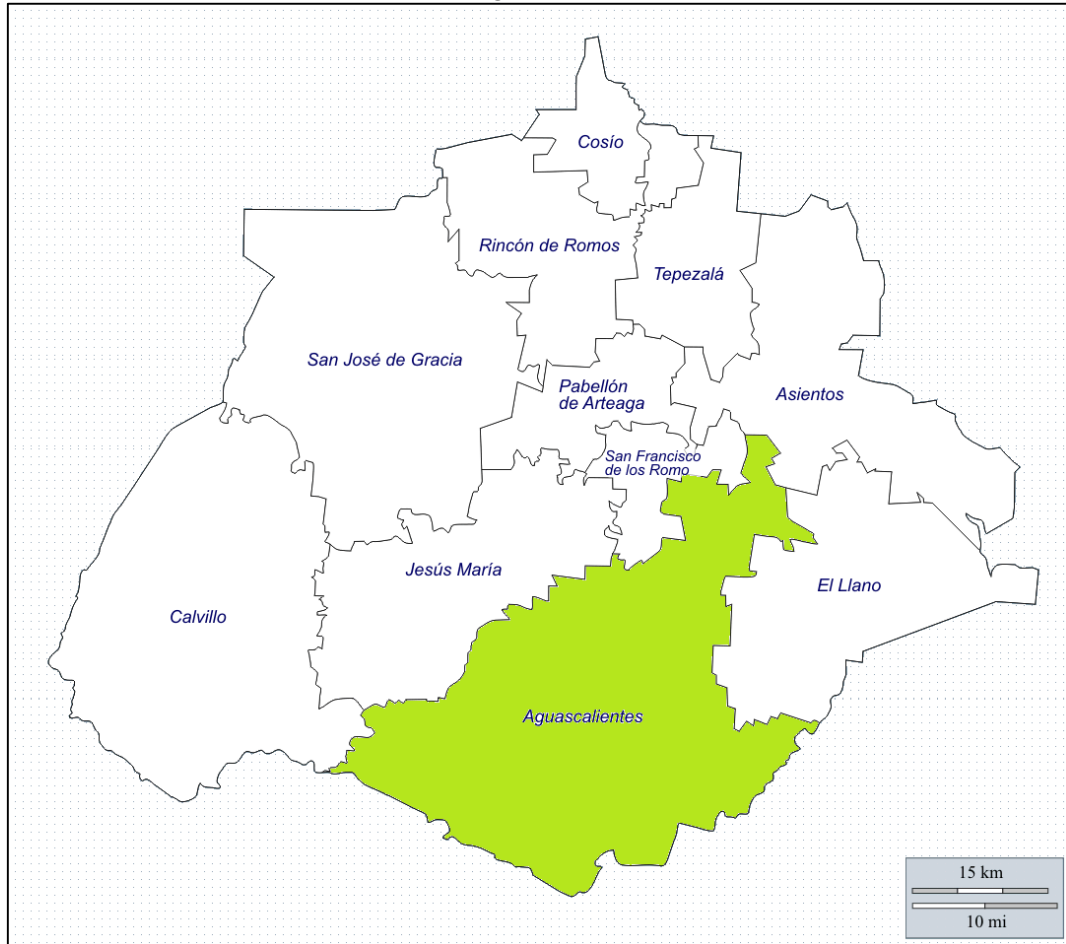


Figura 12. Ubicación del municipio

Se han instalado varias compañías extranjeras importantes, como son: Nissan y Motor Diésel Mexicana, Texas Instruments, son empresas del sector automotriz y de auto partes, la primera de origen japonés en tanto que MDM fue una conversión mexicana-americana.

La Av. Aguascalientes es conocida también como el segundo anillo y representa una de las vialidades más importantes de la ciudad, pues recorre prácticamente la zona urbana.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Nivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

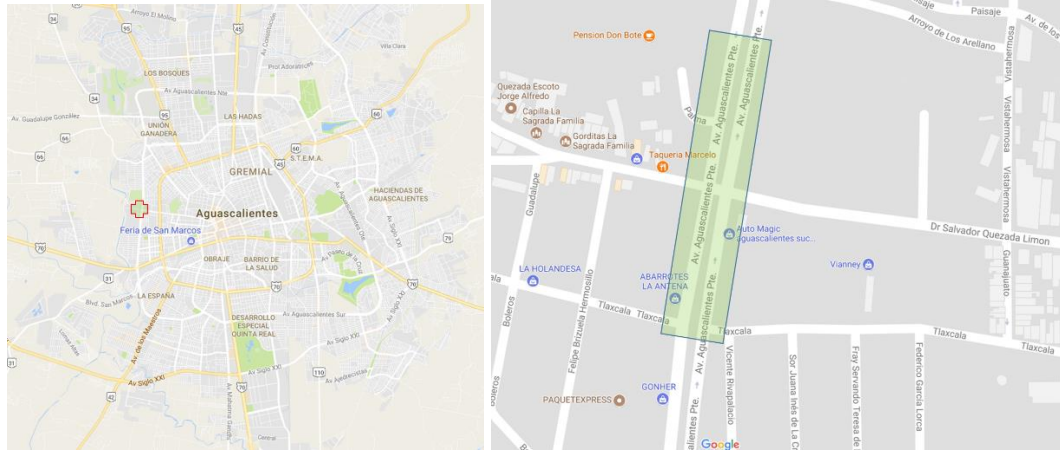


Figura 13. Localización del proyecto
(Imagen Google Maps)

Tabla 4.5 Ubicación geográfica del proyecto

Pocisión	Coordenadas
Inicio	21°53'09.0"N 102°19'02.5W
Término	21°53'11.5"N 102°19'02.0"W

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Calendario de actividades

Tabla 4.6 Propuesta de calendario de ejecución del proyecto (pesos 2019)

Calendario de ejecución						
Avance	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Físico (%)	2.50%	2.50%	5%	15%	20%	15%
Financiero (\$)	\$3,250,000.00	\$3,250,000.00	\$6,500,000.00	\$19,500,000.00	\$26,000,000.00	\$19,500,000.00
Avance	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Físico (%)	10%	7.50%	7.50%	5%	5%	5%
Financiero (\$)	\$13,000,000.00	\$9,750,000.00	\$9,750,000.00	\$6,500,000.00	\$6,500,000.00	\$6,500,000.00
Avance	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18
Físico (%)	-	-	-	-	-	-
Financiero (\$)	-	-	-	-	-	-
Total avance Físico:						100%

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Total Financiero solicitado:	\$130,000,000.00
------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

4.5 Monto de inversión

Tabla 4.7 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2019)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	Preliminares	m2	20,400	134.42	2,742,168.00	3,180,914.88
Subestructura	Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior	m2	855	1,308.12	1,118,442.60	1,297,393.42
Subestructura	Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1100	51,085.26	56,193,791.12	65,184,797.70
Subestructura	Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente. a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	40	87,976.84	3,519,073.42	4,082,125.16
Superestructura	Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m2	1,519	9,458.52	14,367,491.88	16,666,290.58
Superestructura	Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural f'c=300 kg/cm2	m2	1,519	973.12	1,478,169.28	1,714,676.36
Pavimento	Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m2	20,400	465.7	9,500,280.00	11,020,324.80
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	20,400	854.12	17,424,048.00	20,211,895.68
Drenaje pluvial	Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	750	1,848.00	1,386,000.00	1,607,760.00
Coladeras pluviales	Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	28	1,250.00	35,000.00	40,600.00
Pozos de visita	Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	20	7,325.98	146,519.60	169,962.74
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	8,280	12.48	103,334.40	119,867.90
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	62	914.25	56,683.50	65,752.86
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.66	1,305,799.92	1,514,727.91
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m2	520	431.6	224,432.00	260,341.12

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Alumbrado	Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	25	8,386.92	209,673.00	243,220.68
Alumbrado	Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	95	3,405.54	323,526.30	375,290.51
Parapeto	Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	950	2,036.35	1,934,532.50	2,244,057.70
				Subtotal	112,068,965.52	130,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

4.6 Fuente de financiamiento

Tabla 4. 8 Fuente de financiamiento del proyecto (pesos 2017)

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales		130,000,000.00	100%
2. Estatales			
3. Municipales			
4. Otros			
Total		130,000,000.00	100%

Fuente: Secretaría de Infraestructura y Comunicaciones del Estado de Aguascalientes

4.7 Capacidad instalada

El proyecto consiste en la construcción de un Paso a Desnivel de 680 m de longitud que albergarán 2 calzadas inferiores de 7.0 m de ancho con 2 carriles de 3.5 m de circulación dando transito continuo a la Av. Aguascalientes en dirección norte - sur, separadas por un camellón central de 1.20 m. También se contarán con dos calzadas laterales a nivel con 2 carriles de 3.5 m, para movimientos de retorno y vuelta derecha continuos con precaución, y vuelta izquierda, así como de frente con semaforización.

Tabla 4.9 Nivel de servicio con el proyecto

Vialidad	Velocidad (km/hr)	Nivel de servicio
Av. Aguascalientes Poniente	60	A
Av. Salvador Quezada Limón	60	A

Fuente: Velocidad para automóviles, promedio ponderado

Tal como se observa en la tabla anterior, al efectuar el análisis de capacidad se encontró que la Av. Aguascalientes Poniente operaría a un nivel de servicio A, que indica una circulación con flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos en la circulación. La libertad de selección de velocidad no se afecta,

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es bueno.

Al comparar estos niveles de servicio con la situación actual, se observa un aumento en la capacidad vial del tramo, y por consiguiente una gran mejoría en los niveles de servicio.

Tabla 4. 10 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto con congestión

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	30,925	A	7,157	D
1	32,007	A	7,407	A
2	33,128	A	7,667	A
3	34,287	A	7,935	A
4	35,487	A	8,213	A
5	36,729	A	8,500	A
6	38,015	A	8,798	A
7	39,345	A	9,106	A
8	40,722	A	9,424	A
9	42,148	A	9,754	A
10	43,623	A	10,096	A
11	45,150	A	10,449	A
12	46,730	A	10,815	A
13	48,365	A	11,193	A
14	50,058	B	11,585	A
15	51,810	B	11,990	A
16	53,624	B	12,410	A
17	55,500	B	12,844	A
18	57,443	B	13,294	A
19	59,453	B	13,759	A
20	61,534	B	14,241	B
21	63,688	B	14,739	B
22	65,917	B	15,255	B
23	68,224	B	15,789	B
24	70,612	B	16,342	B
25	73,083	B	16,914	B
26	75,641	B	17,506	B
27	78,289	B	18,118	B
28	81,029	C	18,753	B
29	83,865	C	19,409	B
30	86,800	C	20,088	B

Fuente: Elaboración propia

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Mediante los análisis de capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de Nivel de Servicio.

Las condiciones de operación de los Niveles de Servicio, que se ilustran a continuación, son:

Nivel de Servicio A

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

Nivel de Servicio B

Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El Nivel de comodidad y conveniencia comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de Servicio C

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El Nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

Nivel de Servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

Nivel de Servicio E

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su Capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a "ceder el paso". Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

Nivel de Servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los "cuellos de botella".

Tal como se observa en la tabla anterior, al efectuar el análisis de capacidad se encontró que la Av. Aguascalientes Poniente operaría a un nivel de servicio A, que indica una circulación con flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos en la circulación. La libertad de selección de velocidad no se afecta, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es bueno.

Al comparar estos niveles de servicio con la situación actual, se observa un aumento en la capacidad vial del tramo y una gran mejoría en los niveles de servicio.

4.8 Metas anuales y totales de producción

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla 4.11 Metas físicas anuales (pesos 2019)

Año	Obras por realizar	Inversión	Avance físico
2019	Paso a desnivel en Av. Aguascalientes Poniente con longitud de 680 m y ocho carriles de circulación	130,000,000.00	100 %

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo y la SICOM

4.9 Vida útil

El horizonte de evaluación considerado para el presente análisis es de 31 años, de los cuales el primero es para la ejecución del proyecto y los restantes 30 de operación.

Se considera que la vida útil de proyecto es superior a este periodo.

4.10 Descripción de los aspectos más relevantes

- Estudios técnicos

Técnicamente el proyecto ejecutivo se realizó de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT, así como de la Secretaria de Infraestructura y Comunicaciones del Estado de Aguascalientes.

- Estudios legales

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

Actualmente se cuenta con el derecho de vía necesario debido a que las estructuras se construirán sobre el derecho de vía existente.

- Estudios ambientales

Por el tipo de obra en cuestión, la SICOM se encuentra realizando las justificaciones correspondientes ante las diversas instancias para solicitar la exención de la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.

- Estudios de mercado

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Densivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Debido a que la obra es en una vía existente, el mercado del proyecto está dado por su tránsito y las vialidades existentes, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en las secciones anteriores se equipara al estudio de mercado.

El cual fue determinado a partir de aforos vehiculares cuantificados en el punto donde se va a desarrollar la infraestructura

- Estudios específicos

Estudio Costo – Beneficio del “Paso a Densivel en la Av. Aguascalientes, Poniente y Av Salvador Quezada Limón” que concluye es una obra de infraestructura económicamente rentable.

La puesta en operación de esta obra mejorará la movilidad de los viajeros que circulan por la Av. Aguascalientes Poniente, teniendo una mejor conectividad entre las vialidades que conforman la zona metropolitana de la ciudad de Aguascalientes.

En este contexto, esta obra apoyará al desarrollo del Estado de Aguascalientes, además de potenciar la rentabilidad de las inversiones.

4.11 Análisis de la oferta

Para la Situación con proyecto considerando la entrada en operación del proyecto, mejorará de forma notable la velocidad y condiciones de operación, por lo que las demoras disminuirían drásticamente.

Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de infraestructura presentado (oferta) se pretende disminuir accidentes, impulsar el desarrollo económico y social, y mejorar el nivel de servicio de la vialidad para el volumen de tránsito que utiliza por diversas razones esta zona (demanda).

De manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta, y los costos que se presentan respecto a tiempos de recorrido y COV se reducen de forma sensible, siendo ahora esta reducción beneficios a la comunidad.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 4. 12 Datos de la oferta con proyecto

Concepto	Av. Aguascalientes Poniente	Av. Salvador Quezada Limón
Carriles	8	4
Ancho de carril, (m)	3.5	3.5
Ancho de sección, (m)	41.15	19.00
Tipo de pavimento	Concreto Hidráulico	Concreto Hidráulico
Velocidad de operación (periodo con congestión) km/h*	60	50
Tipo de terreno	P	p
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice internacional de rugosidad (IRI)	2.5	2.5

Nota: Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil y representan la velocidad promedio de todos los movimientos.

4.12 Análisis de la demanda

La demanda en la situación con proyecto se conforma exclusivamente por el tránsito asignado (TA, obtenido de los aforos vehiculares), y su valor en el tiempo, por el crecimiento normal de tránsito (CNT, véase determinación de la TCMA en el inciso b del capítulo 3 de este Documento); es decir, no se considera en la asignación de tránsito los que por producto del tránsito generado (TG) o desarrollado (TD) se creen. Así entonces, la demanda en la situación con proyecto asume el mismo comportamiento que el de las situaciones previas.

En la tabla siguiente se muestra la demanda considerada para la situación con proyecto, la cual como se puede observar será la misma que tiene la situación actual.

Tabla 4. 13 Composición vehicular por movimiento

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes Pte	30,925	3,992	85.3 %	1.6 %	13.0 %
Av. Salvador Quezada Limón	7,157	795	96.3 %	2.6%	1.1%
Movimientos direccionales	12,348	985	95.0 %	2.7 %	2.3 %

Fuente Elaboración propia

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Los movimientos direccionales serían similares en volúmenes a la situación sin proyecto, la diferencia sería que los movimientos de frente de la Av. Aguascalientes serían en el paso a desnivel inferior y el resto a nivel.

Además generará un mejoramiento a los centros de población colindante, ya que al considerar éstas adecuaciones se tendrá un acceso más fluido en la zona dado el incremento en la movilidad vehicular en las vialidades colindantes.

4.13 Interacción Oferta – Demanda

De acuerdo con los datos de tránsito pronosticados, se llevó a cabo un análisis de capacidad del proyecto, para conocer su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se observa que el proyecto atenderá la demanda durante el horizonte de planeación con un nivel de servicio aceptable.

Tabla 4. 14 Interacción de la oferta – demanda en la situación sin proyecto

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	30,925	A	7,157	D
1	32,007	A	7,407	A
2	33,128	A	7,667	A
3	34,287	A	7,935	A
4	35,487	A	8,213	A
5	36,729	A	8,500	A
6	38,015	A	8,798	A
7	39,345	A	9,106	A
8	40,722	A	9,424	A
9	42,148	A	9,754	A
10	43,623	A	10,096	A
11	45,150	A	10,449	A
12	46,730	A	10,815	A
13	48,365	A	11,193	A
14	50,058	B	11,585	A
15	51,810	B	11,990	A
16	53,624	B	12,410	A
17	55,500	B	12,844	A
18	57,443	B	13,294	A
19	59,453	B	13,759	A
20	61,534	B	14,241	B
21	63,688	B	14,739	B
22	65,917	B	15,255	B
23	68,224	B	15,789	B
24	70,612	B	16,342	B

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Año	Av. Aguascalientes		Av. Salvador Quezada Limón	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
25	73,083	B	16,914	B
26	75,641	B	17,506	B
27	78,289	B	18,118	B
28	81,029	C	18,753	B
29	83,865	C	19,409	B
30	86,800	C	20,088	B

Fuente: Elaboración propia

V. Evaluación del proyecto

Para la realización de este estudio, se apegó en todo momento a lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público el 30 de diciembre de 2013.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto

La metodología para calcular los costos de construcción y conservación depende del nivel al que se encuentra el proyecto; es decir, si se tiene a nivel perfil, se utilizan los costos índice por tipo de obra y/o por tipo de terreno, los cuales se multiplican por la longitud aproximada; si se cuenta con el proyecto ejecutivo, los costos se calculan mediante la multiplicación de los costos unitarios de cada componente por el volumen de obra a realizar.

- Costos de inversión

Para efectos de la evaluación económica, se consideró el monto total de inversión sin IVA. La ejecución de proyecto se hará en dos ejercicios presupuestales, al final del cual se estará en condiciones de operar el tramo para satisfacer la demanda de flujo vehicular al nivel de servicio requerido.

Tabla 5.1 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2019)

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	Preliminares	m2	20,400	134.42	2,742,168.00	3,180,914.88
Subestructura	Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior	m2	855	1,308.12	1,118,442.60	1,297,393.42
Subestructura	Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1100	51,085.26	56,193,791.12	65,184,797.70
Subestructura	Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente. a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	40	87,976.84	3,519,073.42	4,082,125.16
Superestructura	Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m2	1,519	9,458.52	14,367,491.88	16,666,290.58
Superestructura	Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural $f_c=300$ kg/cm2	m2	1,519	973.12	1,478,169.28	1,714,676.36

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Partidas	Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Pavimento	Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m2	20,400	465.7	9,500,280.00	11,020,324.80
Pavimento hidráulico	Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m2	20,400	854.12	17,424,048.00	20,211,895.68
Drenaje pluvial	Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	750	1,848.00	1,386,000.00	1,607,760.00
Coladeras pluviales	Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	28	1,250.00	35,000.00	40,600.00
Pozos de visita	Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	20	7,325.98	146,519.60	169,962.74
Señalamiento Horizontal	Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	8,280	12.48	103,334.40	119,867.90
Señalamiento vertical	Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	62	914.25	56,683.50	65,752.86
Semaforización	Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	12	108,816.66	1,305,799.92	1,514,727.91
Alumbrado	Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m2	520	431.6	224,432.00	260,341.12
Alumbrado	Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	25	8,386.92	209,673.00	243,220.68
Alumbrado	Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	95	3,405.54	323,526.30	375,290.51
Parapeto	Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	950	2,036.35	1,934,532.50	2,244,057.70
Subtotal					112,068,965.52	130,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

- Costos de mantenimiento

Para mantener en condiciones adecuadas de operación la carretera objeto de estudio, se consideran los siguientes costos de conservación y mantenimiento: (i) mantenimiento rutinario, que incluye la limpieza y la reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento, este se hace de forma anual (ii) mantenimiento periódico que requiere de atención al sellado de juntas entre las losas de concreto y reparaciones intermedias para prevenir afectaciones mayores los

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

cuales se realizan en los años 5, 10, 20 y 25 (ii) reparación mayor de losas de concreto, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento al año 15. En la siguiente tabla se muestran los costos de conservación y mantenimiento para las situaciones sin y con proyecto en las frecuencias indicadas.

Como se manifiesta en la descripción de las alternativas, el costo de los mantenimientos se ha considerado a una longitud de 1,000 m toda vez que se considera que las maniobras de desaceleración, cambio de carriles y aceleración se comienzan a realizar desde 500 m antes del cruce y 500 m posteriores al cruce del puente.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Tabla 5. 2 Costos de conservación y mantenimiento (pesos 2019)

Año	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
0				
1	860,700	0	0	860,700
2	860,700	0	0	860,700
3	860,700	0	0	860,700
4	860,700	0	0	860,700
5	860,700	0	0	860,700
6	860,700	8,075,000	0	8,935,700
7	860,700	0	0	860,700
8	860,700	0	0	860,700
9	860,700	0	0	860,700
10	860,700	0	0	860,700
11	860,700	0	0	860,700
12	860,700	8,075,000	0	8,935,700
13	860,700	0	0	860,700
14	860,700	0	0	860,700
15	860,700	0	0	860,700
16	860,700	0	0	860,700
17	860,700	0	23,750,000	24,610,700
18	860,700	0	0	860,700
19	860,700	0	0	860,700
20	860,700	0	0	860,700
21	860,700	0	0	860,700
22	860,700	8,075,000	0	8,935,700
23	860,700	0	0	860,700
24	860,700	0	0	860,700
25	860,700	0	0	860,700
26	860,700	0	0	860,700
27	860,700	0	0	860,700
28	860,700	8,075,000	0	8,935,700
29	860,700	0	0	860,700
30	860,700	0	0	860,700

Fuente: Elaboración propia

- Costos de molestias durante la construcción

Se ha estimado un costo de molestias generadas durante la construcción debido al incremento en el tiempo que les lleva a los automovilistas cruzar la zona de construcción, por la reducción de velocidad de 48 a 23 km/hr. En este sentido el monto estimado es de \$ 19,683,019.19 mismo que se ha aplicado flujo de evaluación.

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y ahorros en costo de operación vehicular.

- Ahorro en tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. En ambos casos, con y sin proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 170 de Enero - Febrero 2018, Artículo 1 del IMT "Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2018"

De acuerdo con esta publicación, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$ 50.25 y por motivo de placer de \$ 30.15 pesos por hora.

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen- destino, elaborada por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, se considera que en promedio un 65.02 % de los pasajeros viaja con motivo de trabajo tanto para automóvil como para autobús.

Tabla 5. 3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2019)

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	50.25	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	30.15	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	65.02	%
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	2.50	ton/veh

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Transporte

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

- Ahorro en costo de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 407 "Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas", sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC.

Tabla 5. 4 Variables para el cálculo del Costo de Operación Vehicular (pesos 2019)

Parámetro	Unidad	Automóvil	Autobus	Camión
Utilización del vehículo				
1 No. kilómetros conducidos por año	Km	20,000.00	240,000.00	180,000.00
2 No. horas conducidas por año	Horas	1,716.00	2,860.00	2,860.00
3 Índice de utilización horaria	Fracción	0.60	0.80	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	Años	6.00	8.00	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 Edad del vehículo en kilómetros	Km	70,000.00	750,000.00	600,000.00
7 Número de pasajeros por vehículo	#	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 Precio del vehículo Nuevo	\$	220,233.00	2,116,800.00	1,102,080.00
2 Costo del combustible	\$/litro	10.58	10.97	10.97
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	26.38	25.87	25.87
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	924.00	2,714.04	2,531.76
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	23.11	66.19	53.06
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	21.84	56.77	37.66
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9 Tasa de interés anual real	%	2.56	2.56	2.56
10 Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.35	1.06	1.17

Fuente: "Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas"

Para la situación actual optimizada sin proyecto se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

5.3 Cálculo de indicadores de rentabilidad

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel prefactibilidad utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, eliminación de reductores de velocidad, buen estado físico del señalamiento horizontal y vertical, y una tasa de crecimiento del tránsito del 3.5 % anual durante el periodo de análisis.
- Se consideran costos por molestias, por las características de tránsito urbano.

Valor Actual Neto (VAN):

El VAN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VAN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VAN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VAN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

mayores a sus beneficios. Como se menciona anteriormente la tasa social de descuento considerada para el presente proyecto es del 10 %, según lo establecido por la SHCP.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

Se define como la tasa de descuento que hace que le VAN del proyecto sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio del proyecto, es decir, el valor presente de los beneficios netos del proyecto es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

En este sentido si la TIR calculada para el proyecto es superior a la Tasa Social de Descuento utilizada para el proyecto, nos indica que el proyecto tiene rentabilidad positiva.

Tasa de Rentabilidad Inmediata:

Momento Óptimo de Inversión nos permite identificar en qué momento es más conveniente realizar la inversión, lo que nos permitirá alcanzar una mayor rentabilidad en el proyecto, toda vez que en ocasiones se pueden presentar proyectos que aun cuando presenten un VAN positivo, de postergar la inversión, se incrementaría la rentabilidad del mismo.

Para determinar el Momento Óptimo de Inversión, se realizó el cálculo de la Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) la cual nos indica que el MOI se presenta cuando la TRI calculada para el primer año de operación es igual o mayor que la tasa social de descuento utilizada para la evaluación del proyecto.

Tabla 5.5 Indicadores de rentabilidad calculados para el presente proyecto (pesos 2019)

Indicador	Monto
Inversión privada con IVA	112,068,965.52
Inversión social	130,000,000.00
Valor Actual Neto (VAN)	296,935,118.38
Tasa Interna de Retorno (TIR)	27.9%
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	28.3 %

Fuente: Elaboración propia

5.4 Análisis de sensibilidad

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes a proyecto costos de inversión y beneficios sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable (VAN = 0).

De analizó el comportamiento del proyecto ante incrementos en el costo de inversión y decrementos en el volumen vehicular considerado para el proyecto, pues se consideró que estos factores son los que inciden de mayor manera en la rentabilidad del proyecto.

- Incremento en el costo de inversión

Tabla 5.6 Variación en la rentabilidad ante incrementos en la inversión inicial (pesos 2019)

Variación	Inv	TIR	VPN	TRI
1.4	156.90	21.7%	252,108	20.2%
1.3	145.69	22.9%	263,314	21.8%
1.2	134.48	24.3%	274,521	23.6%
1.1	123.28	26.0%	285,728	25.7%
1.0	112.07	27.9%	296,935	28.3%
0.9	100.86	30.1%	308,142	31.4%
0.8	89.66	32.8%	319,349	35.4%
0.7	78.45	36.1%	330,556	40.4%
0.6	341.76	47.2%	161,370	38.7%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el proyecto es muy poco sensible a incrementos en los costos de la inversión inicial, soportando un incremento hasta del 264.9 % lo que representa una inversión de 409 millones, sin que deje de ser rentable.

- Cambios en el flujo vehicular

Al igual que en el concepto anterior, la rentabilidad del proyecto se comporta muy poco sensible a cambios en el Tránsito Diario Promedio Anual considerado en el presente estudio.

Tabla 5.7 Variación en la rentabilidad ante cambios en el flujo vehicular (pesos 2017)

Variación	TIR (%)	VAN (miles pesos)	TRI (%)
1.4	35.7%	462,834	39.8%
1.3	33.9%	421,359	36.9%

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Desnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

1.2	31.9%	379,885	34.0%
1.1	29.9%	338,410	31.2%
1.0	27.9%	296,935	28.3%
0.9	25.7%	255,460	25.4%
0.8	23.5%	213,986	22.6%
0.7	21.2%	172,511	19.7%
0.6	18.8%	131,036	16.8%

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de tener mayor información sobre la fortaleza del proyecto ante cambios en sus variables de inversión y operación, se procedió a determinar los puntos de inflexión en con lo cual el proyecto dejaría de ser rentable.

Tabla 5.8 Puntos de inflexión en la rentabilidad del proyecto

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el indicador de rentabilidad
Inversión	Incremento en 264.9 %	VPN = 0
Demanda (TDPA)	Decremento de 71.59%	VPN = 0

Fuente: Elaboración propia

5.5 Análisis de riesgo

Con la finalidad de identificar los factores de riesgo que pudieran incidir en la realización u operación del proyecto, se procedió a realizar un análisis de riesgo

Tabla 5.9 Análisis de riesgo

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de Mitigación
Riesgo de que el proyecto no sea rentable si la demanda es menor a la esperada.	El proyecto deja de ser rentable si el TPDA es un 71.59 % menor al esperado.	Baja	Efectuar las proyecciones del tránsito de forma conservadora, analizar el comportamiento que ha tenido el TPDA en el tramo a través del tiempo.
Un incremento sensible en el monto de inversión.	Un incremento del 264 % en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable.	Baja	Se debe realizar un adecuado proceso de supervisión de la obra y seguimiento de avances físicos y financieros. Esto permitira identificar desviaciones respecto a lo programado y con ello tomar las medidas correspondientes

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

Descripción	Impacto	Probailidad	Medidas de Mitigación
Posibilidad de demandas sociales, oposición vecinal y de los comercios de la zona respecto al proyecto, ante la posibilidad de molestias por las obras o pérdidas económicas en el periodo de obras	Retrasos en el inicio y/o ejecución de las obras, desfaces respecto a programa con sus respectivos sobrecostos. Posibilidad de pagos por indemnización a afectados.	Baja	a fin de evitar sobrecostos Realizar campañas de información a la sociedad, principalmente a los pobladores de la zona de obras; a fin de concientizarlos de los beneficios del proyecto. Es importante una adecuada selección de los encargados de estas tareas a fin de que tengan el perfil idóneo y la experiencia necesaria.

Fuente: Elaboración propia

VI. Conclusiones y recomendaciones

Con la construcción del Paso a Desnivel, se contribuye a mejorar las condiciones viales en las Avenidas implicadas, así como en sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico, y además:

- Se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios.

Este proyecto cumple su propósito de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad lo que permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo que se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero de la región.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

VII. Anexos

a) Hoja de cálculo para la determinación de los indicadores de rentabilidad

VIII. Bibliografía

1. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Raúl Coss Bu, Editorial Limusa, 2006.
2. Boletín Notas Número 153, marzo-abril de 2015, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García, Instituto Mexicano del Transporte.
3. Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 407.
4. Criterios de Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag Chain, Mc Graw Hill, 1993.
5. Datos Viales de 1999 a 2014, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
6. Estimating Vehicle Operating Costs, Rodrigo S. Archondo Callao y Asif Faiz, World Bank Technical Paper Number 234, Washington, D. C. 1994.
7. Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
8. Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac Tampier; Universidad Católica de Chile, 1998.
10. La Conservación de Carreteras en México, la experiencia reciente, Cedric Iván Escalante Sauri, Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres A. C., 2002.
11. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF del 30 de diciembre de 2013.
12. Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C. 2006.
13. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991.
14. Metodología General para la Evaluación de Proyectos, CEPEP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F. 2008.
15. Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. IMT Publicación Técnica 291. 2006.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Paso a Dsnivel Inferior en Av. Aguascalientes Poniente y Av. Salvador Quezada Limón, así como la adecuación de laterales y carriles para movimientos direccionales en la ciudad de Aguascalientes

16. The Little Book of Profiling, Michael W. Sayers and Steven M. Karamihas, University Of Michigan, 1998.